SERGIO D'OLIVEIRA CASA NOVA

CONTRIBUIÇÃO À METODOLOGIA DE PROJETO E CONCEPÇÃO AUTOMOTIVA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção de título de Mestre em Engenharia Automotiva (Mestrado Profissionalizante).

CONSULTA
FMP-6

São Paulo
2002

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
TERMO DE JULGAMENTO
DE
TRABALHO FINAL DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 25 dias do mês de outubro de 2002, às 14:30 horas, no Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, presente a Comissão Julgadora, integrada pelos Senhores Professores Doutores Marcelo Massarani, Orientador(a)do(a)candidato(a), . Cyntia Santos Malaguti de Souza e Jonas de Carvalho, iniciou-se o Trabalho Final de Conclusão de Curso do(a)Sr(a).

SERGIO D'OLIVEIRA CASA NOVA

Título do Trabalho Final de Conclusão de Curso:

"CONTRIBUIÇÃO À METODOLOGIA DE PROJETO E CONCEPÇÃO AUTOMOTIVA "

Concluída a argüição, procedeu-se ao julgamento na forma regulamentar, tendo a Comissão Julgadora considerado o(a) candidato(a):

Prof.Dr. Marcelo Massarani.....(aprovado)
Profa.Dra.Cyntia Santos Malaguti de Souza..(aprovado)
Prof.Dr. Jonas de Carvalho.....(aprovado.)

Para constar, é lavrado o presente termo, que vai assinado pela Comissão Julgadora e pela Coordenação do Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva.

Or./PME
55551
397334

São Paulo, 25 de outubro de 2002.
A COMISSÃO JULGADORA

Marcelo Massarani

Cyntia Malaguti

Coordenador:
Prof. Dr. Ronaldo de B. Salvagni

Homologado pela C.P.G. em reunião realizada 18/11/02.

SERGIO D'OLIVEIRA CASA NOVA

CONTRIBUIÇÃO À METODOLOGIA DE PROJETO E CONCEPÇÃO AUTOMOTIVA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção de título de Mestre em Engenharia Automotiva (Mestrado Profissionalizante).

Área de concentração:
Engenharia Automotiva (Mestrado Profissionalizante)

Orientador:
Prof. Dr. Marcelo Massarani.

São Paulo
2002

Casa Nova, Sergio D'Oliveira
Contribuição à metodologia de projeto e concepção automotiva / Sergio D'Oliveira Casa Nova. – São Paulo, 2002.
123p.

Trabalho de curso (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

1.Projeto automotivo (Metodologia) I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. II.t.

AGRADECIMENTOS

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Marcelo Massarani pela direção segura e pelo incentivo.

À minha esposa Marlene, por uma vida inteira de dedicação e incentivo, sempre paciente por meus erros e ausências, foi capaz de oferecer-me as maiores riquezas que tenho: meus dois filhos, Sergio e Ângela, e meu lar.

Aos meus filhos por existirem, pelas alegrias que me dão e por representarem para mim a esperança de um mundo melhor.

Aos meus pais pelo exemplo de honestidade, dedicação, luta e sacrifício que jamais esquecerei.

À Diana, matriarca inflexível, sempre presente nos momentos difíceis, manteve unida três gerações de uma família inteira.

E a Deus sobre todas a coisas.

A utilidade é uma das principais fontes de beleza... a capacidade de qualquer sistema ou máquina de atingir o fim para que foi concebida confere uma certa propriedade e beleza ao todo e transmite o pensamento e contemplação da sua aceitação estética.

(Adam Smith 1759).

A nossa capacidade de ir para além das máquinas se apóia em nosso poder de assimilar a máquina. Até termos absorvidos as lições de objetividade, impessoalidade, neutralidade, a lição do reino da máquina, não podemos ir ao nosso desenvolvimento na direção do mais ricamente orgânico, do mais profundamente humano.

(Lewis Mumford, Technics and Civilization, 1934).

SUMÁRIO v
RESUMO. vii
ABSTRACT viii
LISTA DE FIGURAS ix
LISTA DE TABELAS xi
LISTA DE ABREVIATURAS xii
1. INTRODUÇÃO. 1
1.1. Problema e importância. 2
1.2. Hipótese proposta. 5
1.3. Método do trabalho. 7
1.4. Conteúdo do trabalho. 8
2. TEMAS PERTINENTES. 10
2.1. Introdução. 10
2.2. Estética e história do produto industrial. 12
2.3. Fatores humanos e ergonomia. 20
2.4. Criatividade. 33
2.5. Gerenciamento de projetos. 39
3. MÉTODO PROPOSTO. 44
3.1. Fase 1 - Pesquisa Inicial. 46
3.1.1. Ferramentas: Projeto de pesquisa e matriz de questionamento. 46
3.1.2. Pesquisa de requisitos legais e normas obrigatórias. 50
3.1.3. Pesquisa sobre a produção. 50
3.1.3.1. Análise de cenários de processos. 50
3.1.3.2. Análise de cenários de matérias-primas. 51
3.1.3.3. Análise de cenários da cadeia de suprimento. 53
3.1.4. Pesquisa sobre o mercado. 54
3.1.4.1. Análise de cenários de clientes e usuários. 55
3.1.4.2. Análise de cenários da concorrência. 56
3.1.5. Análise de cenários de meio-ambiente e meio-social. 56
3.2. Fase 2 – Proposição de alternativas. 58
3.2.1. Pesquisa de forma. 58

3.2.2. Primeira clínica. 63
3.3. Fase 3 - Definição de forma. 64
3.3.1. Estudos de organização de volumes e massas e dinâmica veicular. 65
3.3.2. Análise de fatores humanos e ergonomia. 67
3.3.3. Segunda clínica. 71
3.4. Quarta fase – Desenvolvimento executivo. 71
3.4.1. Documentação executiva. 72
3.4.2. Testes. 75
3.4.3. Homologações e aprovações. 75
4. ESTUDO DE CASO. 77
4.1. Introdução. 77
4.2. Desenvolvimento do trabalho. 81
4.2.1. Fase 1 - Pesquisa inicial. 81
4.2.1.1. Matriz de questionamento. 81
4.2.1.2. Pesquisa de requisitos legais e normas obrigatórias. 85
4.2.1.3. Análise de cenários de produção. 87
4.2.1.4. Análise de cenários de mercado. 94
4.2.2. Fase 2 - Proposição de alternativas. 106
4.2.3. Fase 3 – Definição de forma. 112
4.3. Comentários sobre o método no estudo de caso. 113
5. CONCLUSÕES. 116
5.1. Contribuições satisfatórias. 116
5.2. Sugestões de melhorias e continuidade. 117
5.3. Considerações finais. 118
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS. 121
APÊNDICES. 123

RESUMO.

Objetivo deste trabalho é fazer uma contribuição ao Método de Desenvolvimento Automotivo, especificamente sobre a concepção de novos produtos automotivos, por meio de uma análise crítica a partir uma hipótese proposta de método, de um estudo de caso.

O estudo de temas pertinentes procurou incluir temas multidisciplinares ligados à Estética do Produto Industrial e à sua História, ao Gerenciamento de Projetos, a Metodologia de Estimulo à Criatividade, a Ergonomia e Fatores Humanos.

O Método Proposto por hipótese, baseado na experiência do autor, incluiu de forma sintética quatro fases de desenvolvimento: a pesquisa, a proposição de alternativas, a definição da melhor alternativa e a execução.

O estudo de caso está baseado em uma oportunidade de conceber um semi-reboque autoportante para produtos perigosos, o que permitiu que parte do método pudesse ser testada em sua eficiência.

As conclusões do trabalho revelaram pontos em que a aplicação do método hipotético mostrou-se satisfatória e outros apresentou oportunidades de melhoria bem como de continuidade da pesquisa.

ABSTRACT

The contents on this work it is a contribution to Development Automotive Method, specific to new products concepts, through a critical investigation.

The theme study case was covered multi-disciplines topics such as: Product Esthetics and History, Project Management, Methods & Creativity stimulus and Human Factors.

By the hypotheses the method proposal contemplated synthetic four phase development, Research, Alternative Solutions, Definition of the Solution and the Execution Solution.

The base study is supported by the opportunity to design a new product: *No chassis truck trailer,* to transport danger liquid materials, also to try this method for efficiency.

The conclusions showed several points for hypothetical method applications with a satisfactory results, it is encouraging to continue this research.

SERGIO D'OLIVEIRA CASA NOVA

CONTRIBUIÇÃO À METODOLOGIA DE PROJETO E CONCEPÇÃO AUTOMOTIVA

ERRATA.

PÁGINA	LINHA	ONDE SE LÊ	LEIA-SE
12	24	Enquanto todas as disciplinas estão... preocupação da tarefa de Desenho de Concepção Industrial é harmonizá-las de forma satisfatória, incluindo nisto a preocupação estética cultural. (Fiell [7])	Enquanto todas as disciplinas estão preocupadas com a busca de boas soluções para problemas específicos a primeira preocupação da tarefa de Desenho de Concepção Industrial é harmonizá-las de forma satisfatória, incluindo nisto a preocupação estética cultural. (Fiell [7])
17	19	A concretização de um indivíduo técnico desenvolvendo sua função dentro deste processo industrial.	"O design industrial é uma atividade projetual que consiste em determinar as características formais de produtos fabricados com métodos industriais. Características formais não são só os atributos externos, mas sim e sobretudo as relações funcionais e estruturais que dão coerência a um objeto tanto do ponto de vista do produtor quanto do usuário."
33	1	Duailibi e Simonsen [18]	Duailibi e Simonsen [6]
41	Figura 2	Apêndice A	Apêndice B

70	Figuras 9 e 10.	Ergonométricos	Ergonômicos
122	11	Não foi citada.	CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN - RESOLUÇÃO Nº -12/98. Brasília, 06 de fevereiro de 1998.
110	Figura 38 e 39	33,00 m^3	30,66 m^3

LISTA DE FIGURAS.

FIGURA 1 Fluxo geral do método proposto..... 45
FIGURA 2 Matriz de questionamento..... 47
FIGURA 3 "Sketches" rápidos..... 59
FIGURA 4 "Sketches" rápidos..... 60
FIGURA 5 Roda de alternativas..... 63
FIGURA 6 Exemplo de estudo de organização de volumes e massas 65
FIGURA 7 Posto de comando de veículo de luxo aparentemente confortável..... 69
FIGURA 8 Exemplo de modelo para estudo ergonométrico ("Seating buck") para posto de comando de veiculo monoposto..... 69
FIGURA 9 Exemplo de modelo para estudo ergonométrico ("Seating buck") para posto de comando..... 70
FIGURA 10 Exemplo de modelo para estudo ergonométrico ("Seating buck") para posto de comando..... 70
FIGURA 11 Matriz de questionamento aplicada ao Estudo de Caso..... 82
FIGURA 12 Itens eliminados considerados não pertinentes..... 83
FIGURA 13 Em azul itens considerados pertinentes e em vermelho itens considerados não pertinentes..... 83
FIGURA 14 Modelo básico de semi-reboque reservatório..... 87
FIGURA 15 Fotos de acessórios e componentes disponíveis no mercado..... 91
FIGURA 16 Fotos de acessórios e componentes disponíveis no mercado..... 91
FIGURA 17 Fotos de acessórios e componentes disponíveis no mercado..... 92
FIGURA 18 Fotos de acessórios e componentes disponíveis no mercado..... 92
FIGURA 19 Fotos de acessórios e componentes disponíveis no mercado..... 93
FIGURA 20 Fotos de acessórios e componentes disponíveis no mercado..... 93
FIGURA 21 Semi-reboque de 29 toneladas utilizado pelo transportador 96
FIGURA 22 Caminhão trucado de 13 toneladas utilizado pelo transportador..... 96
FIGURA 23 Vista frente lateral do semi-reboque para ácido sulfúrico..... 98

FIGURA 24 Vista posterior/lateral do semi-reboque para ácido sulfúrico..... 98

FIGURA 25 Vista frente/lateral do semi-reboque para produtos químicos concorrente A..... 98

FIGURA 26 Vista posterior/lateral do semi-reboque para produtos químicos concorrente B..... 99

FIGURA 27 Vista posterior do semi-reboque para produtos químicos concorrente B..... 99

FIGURA 28 Vista posterior/lateral do semi-reboque para produtos químicos concorrente 99

FIGURA 29 Gráfico de resistência total ao avanço x força trativa para semi-reboque com cavalo mecânico pesado 1723 S..... 103

FIGURA 30 Gráfico de resistência total ao avanço x força trativa para semi-reboque com cavalo mecânico super pesado LS 2638..... 103

FIGURA 31 Croquis do tanque projetado e considerado no estudo estrutural... 105

FIGURA 32 Semi-reboque diâmetro 1,80 m x 14,36 m x 35,269 m^3..... 106

FIGURA 33 Semi-reboque diâmetro 1,80 m x 14,36 m x 35,269 m^3..... 107

FIGURA 34 Semi-reboque diâmetro 1,60 m x 12,17 m x 30,800 m^3..... 108

FIGURA 35 Semi-reboque diâmetro 1,60 m x 12,17 m x 30,800 m^3..... 108

FIGURA 36 Semi-reboque com diâmetro 1,96 m x 12,00 m x 35,80 m^3..... 109

FIGURA 37 Semi-reboque com diâmetro 1,96 m x 12,00 m x 35,80 m^3..... 109

FIGURA 38 Semi-reboque com diâmetro 1,80 m x 12,00 m x 33,00 m^3..... 110

FIGURA 39 Semi-reboque com diâmetro 1,80 m x 12,00 m x 33,00 m^3..... 110

FIGURA 40 Semi-reboque sem similar com diâmetro 2,00 m x 12,00 m x 35,00 m^3..... 111

FIGURA 41 Semi-reboque sem similar com diâmetro 2,00 m x 12,00 m x 35,00 m^3..... 111

LISTA DE ABREVIATURAS.

ASMI .....*Análise de Sistema de Modelo de Integração.*

CAD .....*Computer Aided Design.*

CAE .....*Computer Aided Engineering.*

CAM .....*Computer Aided Manufacturing.*

CADIN .....*Computer Aided Industrial Design.*

CNC .....*Computer Numerical Control.*

FMEA .....*Failure Modes and Effects Analysis.*

ICSID .....*International Council of Societies of Industrial Design.*

OEM .....*Original Equipment Manufacture.*

1. INTRODUÇÃO.

O automóvel assumiu neste século, uma importância social e vital, chamado de *A Máquina que Mudou o Mundo,* por Womack, Jones, Roos [21], não existiu nenhum outro objeto que tenha caracterizado tão fortemente a sociedade do século XX.

O automóvel modificou a sociedade, estabeleceu nova cultura, modificou o comportamento dos povos, alterou a geografia política, e o meio ambiente. Porque na estrutura social, o sistema de transporte tem papel relevante na estabilidade da sociedade, se comparando a sociedade ao um organismo vivo, o sistema de transporte atua similarmente ao sistema sangüíneo, levando e trazendo energia e riqueza:

- Os meios de produção e o trabalho foram fortemente modificados pelo sistema produtivo automobilístico.

- O sistema viário foi construído em função de veículos sobre rodas.

- A urbanização das grandes, médias e pequenas comunidades desenvolveram-se considerando que o transporte individual estava disponível mesmo nos locais mais afastados.

- O sistema de saúde foi concebido, levando em conta a mobilidade dos pacientes, nos tempos de hoje a internação de enfermos pode ser feita em casos mais graves, porque é possível levar até o ambiente familiar os recursos da medicina.

- A educação também deixou de ser privilégio das regiões desenvolvidas, as informações chegam também até as comunidades mais afastadas.

Por estas razões o automóvel influenciou determinantemente a economia, a cultura e o meio ambiente e estes impactos sobre a sociedade humana também não podem deixar de ser considerados quando de sua concepção.

Desta forma, é entendido, que o método para a concepção do produto automotivo deve incluir disciplinas de vários campos do conhecimento, e de que todas estas considerações específicas ou generalistas devem estar presentes obrigatoriamente, sempre que o produto automotivo esteja em concepção.

1.1.Problema e importância.

A necessidade de uma revolução nos conceitos do produto automotivo, colocando claramente para uma drástica redução de custos e preços, produtividade e eficácia, serão as novas demandas que surgirão aos projetistas e engenheiros automotivos, para a solução de problemas, exatamente igual àquela ocorrida com a popularização da microinformática.

A inadequação dos custos e preços dos produtos de transporte (individual, coletivo e de carga), considerando que os preços, a amortização, os seguros e manutenção dos veículos, bem como a existência, quase exclusiva, de sistemas viários automotivos e individuais, que obrigam o usuário a consumir de 20 a 60% de sua renda em transporte pessoal.

As demandas da sociedade, para introdução de novas tecnologias mais limpas para a proteção de meio ambiente, da natureza e do meio cultural serão cada vez mais fortemente exigidas pela sociedade, ou seja, processos limpos de conversão de energia, a utilização de recursos energéticos limpos e renováveis, como: energia eólica, energia solar, energia hidroelétrica e as células de combustível, os novos

recursos de informática embarcada controlando melhor emissão de poluentes e reduzindo o consumo de combustível, reciclagem de matérias-primas, entre outros...

A sociedade, em futuro breve, irá exigir respostas dos projetistas de concepção de produto e engenheiros automotivos.

A observação das atividades nos Estúdios de concepção automotiva, muitas vezes chamados de Estúdios de estilo, evidencia a ausência de aplicação de métodos que garantam a produtividade e a obtenção das soluções de conceito almejadas.

Deve-se considerar que os atuais Estúdios de concepção de produtos são, em sua maioria, evoluções organizacionais dos Estúdios de estilo, cuja função era de cuidar apenas das soluções estéticas do produto, ou seja, das questões que se referem ao supérfluo da forma, nestas ocasiões, a ausência de métodos, transformava o trabalho em um interminável debate interno em torno de defesas de posições sobre o gosto pessoal de cada um.

Deve-se considerar, outrossim, que o conceito de produto automotivo, evoluiu muito pouco ao longo do Século XX. Pode-se verificar que conceitualmente os automóveis que produzimos hoje já tinham a mesma concepção nos anos 20, ou seja, as alternativas que surgiram foram arranjos nas distribuições de volumes e massas dos mesmos componentes e sistemas, desta forma os automóveis evoluíram, alternando a posição de motores (sempre combustão interna), transmissões, trações dianteiras ou traseiras e distribuição da ocupação interna, sem muitas variações.

Em sua maioria, os veículos que são produzidos hoje, têm os mesmos conceitos das primeiras décadas do século, aperfeiçoando apenas os sistemas de componentes (injeção direta eletrônica, freios ABS, transmissão automática eletrônica, suspensões inteligentes, informática embarcada, etc.), constituindo-se nisto, sem dúvida, em uma grande melhoria no desempenho, porém não se constituindo em novos conceitos para as tarefas de transportar pessoas e carga.

Recentemente, a competitividade no mercado automotivo, tem forçado as empresas a apresentarem novos usos para os veículos, como por exemplo, os *monocabs (vans e*

minivans), pick-up de luxo para uso esportivo, e muitas versões de uso sobre as mesmas plataformas. Isto também não constitui resposta conceitual para as demandas da sociedade no transporte pessoal.

Portanto, é muito provável que em futuro próximo projetistas e engenheiros sejam convocados a propor novos conceitos para atender às questões de transporte, considerando fortemente as demandas pela proteção do meio ambiente, da natureza, da qualidade de vida da população e custos compatíveis com a popularização do transporte individual.

Não é necessário acrescentar que esta ausência de métodos provoca, inexoravelmente, custos elevados, e atrasos nos cronogramas, estabelecendo um forte desestímulo para a criatividade, gerando omissão, inépcia e conformismo, incapacidade e incompetência.

O contra-ponto que se estabeleceu com o recente advento de novas ferramentas digitais de Engenharia e Desenho de Concepção, propõe uma reação a estes estados de inércia; não resta dúvida que a popularização da micro-informática e a disseminação de uso das ferramentas de *CAD – Computer Aided Design, CAE-Computer Aided Engineering, CAM – Computer Aided Manufacturing e CADIN-Computer Aided Industrial Design,* estão permitindo a utilização de técnicas que anteriormente eram consideradas muito dispendiosas nas empresas, como exemplo a análise estrutural por elementos finitos, as simulações aerodinâmicas, as artes finalizações fotográficas e tridimensionais, as animações funcionais, entre outros, estimulando a produtividade do processo de criação e o planejamento do produto.

No entanto, é preciso enfatizar que esta produtividade exige um nível de capacitação maior para os profissionais, enganam-se aqueles que pensam que estas ferramentas executam o trabalho por si, aqueles que acreditam não ser mais necessário o conhecimento teórico e acadêmico, ao afirmarem que tudo está mudado e que as bases do conhecimento em disciplinas como Matemática, Física, Química, Geometria Analítica, Geometria Descritiva e Resistência de Materiais não são mais necessárias e que os novos "softwares" fazem tudo sozinhos.

Ao contrário disto, as possibilidades de aplicação de técnicas mais sofisticadas de projeto e planejamento permitem maior precisão nas previsões de desempenho, e conseqüentemente na produtividade do processo de projeto, exigem conseqüentemente maior capacitação profissional no tratamento das informações, no equacionamento dos problemas e na análise dos resultados obtidos.

1.2.Hipótese Proposta.

Os métodos, a capacitação técnica teórica, associada aos recursos das novas ferramentas digitais, serão, em conjunto, as ferramentas que permitirão aos profissionais reagir em dar respostas a estas demandas.

Este estudo se propõe a analisar e sugerir métodos de desenvolvimento dos novos produtos automotivos, comparando a produtividade na aplicação de métodos de criação, gerenciamento de projetos.

A hipótese básica deste método proposto apóia-se na visão generalista e multidisciplinar da atividade de projetar, ou seja, de conceber soluções para problemas reais de forma pragmática; parte da necessidade de determinar:

Quais os problemas que se pretende resolver?

Isto pode parecer óbvio, mas muitas vezes observa-se que soluções são trabalhadas sobre suposições pessoais de problemas, e que afinal resultam em inexistentes ou insignificantes, porém defendidos entusiasticamente pelos criadores, enfim, muitas vezes desenvolve-se uma solução e em seguida procura-se um problema que se adapte a ela.

A hipótese proposta divide-se basicamente em quatro fases, cujos desdobramentos e complexidades dependerão, caso a caso, da amplitude e especificidade de cada projeto, que embora nesta parte do texto, por razões didáticas, estejam sendo

descritas de forma linear, ou seja, seqüencial, podem ser desenvolvidas simultaneamente ou matricialmente por equipes multidisciplinares.

A primeira fase é chamada de: Pesquisa Inicial.

É afirmado que: *o enunciado preciso de um problema é quase a solução do mesmo*, Duailibi e Simonsen [6], de fato, ao se constatar a existência de um problema, quase que imediatamente surge ao menos uma proposta de solução. Esta primeira fase tem o objetivo de definir especificamente o que se pretende resolver em todas os seus aspectos. Neste início de trabalho os limitadores do projeto devem ser definidos.

A segunda fase denominou-se: Proposição de Alternativas.

Esta fase parte do conceito de que a forma é conseqüência da função, e que forma é a solução do que se espera, é sabido que ao menos uma solução surge ao constatar-se o problema, agora se trata de produzir e analisar outras propostas de solução para o mesmo problema enunciado, encontrar não apenas uma solução, mas procurar entre a produção de várias alternativas a melhor.

A terceira fase denominada: Definição de Forma.

É feita uma análise crítica que seleciona entre as quantidades anteriores de soluções (idéias): excluindo as inadequadas, anexando novas, somando as boas idéias, enfim consolidando uma ou algumas das melhores idéias para a execução.

Nesta ocasião, planeja-se o funcional utilitário da proposta, e não ainda o planejamento construtivo ou como vai ser produzido o objeto. O resultado desta terceira etapa seria um anteprojeto do produto.

Quarta fase é denominada: Planejamento Executivo.

Finalmente, mas não por último, porque, como foi dito estas etapas podem ser executadas simultânea ou matricialmente por equipes multidisciplinares, chega-se a fase do planejamento de execução: desenhos e especificações detalhadas, planos de

produção, testes com protótipos, etc. são executados, sob normas específicas estabelecidas.

É efetivamente o planejamento da construção do produto.

Aplicação sistemática de métodos para controle destes desenvolvimentos permitem evitar que desperdícios ocorram, portanto, acredita-se, fortemente, que estas razões justificam este trabalho.

1.3.Método do trabalho.

Por meio de relação de Temas Pertinentes, procura-se estudar a metodologia de gerenciamento para a concepção e o projeto, e também identificar e abordar os cenários dos limitadores técnicos aplicados ao produto automotivo.

Está relação, aborda temas como, a História e a Filosofia Estética, aplicada ao produto industrial e ao automotivo, estudando as relações culturais da forma e da função dos objetos, um pouco de história da concepção do objeto industrial e automotivo, sua importância na sociedade contemporânea.

Na seqüência, identificando as tarefas essenciais para o desenvolvimento de produtos automotivos, procura-se sintetizar no menor número de tarefas básicas o processo de desenvolvimento, para posteriormente desdobra-los em suas sub-tarefas, até descreve-los satisfatoriamente num processo eficaz.

A partir das hipóteses, identificam-se as relações de desempenho e produtividade das diversas ferramentas de trabalho: desenho, modelação, prototipagem, etc.

Finalmente, por meio de um estudo de caso, simula-se a aplicação do método proposto.

É objetivo do trabalho estabelecer um cenário descritivo e quantitativo, que permita administrar, planejar, implementar e controlar o processo de desenvolvimento do produto automotivo, com eficácia, produtividade e qualidade.

1.4.Conteúdo do trabalho.

Primeiro capítulo. Como está sendo posto, introduz a necessidade do estudo para contribuir ao método de desenvolvimento, enfatizando a importância social, econômica, cultural e ambiental para o produto automotivo, bem como dos seus limitadores técnicos no desempenho funcional e na produção.

Segundo capítulo. Contém uma relação de temas pertinentes, baseada na consideração enunciada, em ser necessária uma abordagem multidisciplinar, que atenda aos diversos parâmetros envolvidos em um produto automotivo.

Foram comentados aspectos relativos a temas como:

- Estética e História do Produto Industrial.
- Fatores Humanos e Ergonomia.
- Criatividade.
- Gerenciamento de Projetos.

Terceiro Capítulo. É apresentado o método proposto por hipótese, baseado na experiência do autor, constituído basicamente por quatro tarefas: Pesquisa inicial, Proposição de alternativas, Definição de forma e Desenvolvimento executivo, que foram denominadas por fases.

Quarto Capítulo. É apresentado um estudo de caso, onde se buscou uma oportunidade para validar o método e todas estas considerações, e que aconteceu com o trabalho de Viabilidade e Concepção de um Semi Reboque Reservatório para

Produtos Perigosos, cuja análise crítica de caso é descrita ao final e incorporou-se ao trabalho.

Quinto capítulo. Apresenta as conclusões, por meio de uma análise crítica e considerações finais avaliam, em que pontos a proposta apresenta contribuições satisfatórias e as sugestões onde a continuidade do trabalho, pode trazer novos subsídios ao método.

2. TEMAS PERTINENTES.

2.1.Introdução.

Talvez a principal razão para que esta seleção de temas pertinentes tenha se tornado multidisciplinar e generalista, seja a visão pragmática dos impactos da inserção do produto automotivo no meio social e ambiental.

A atividade de transporte é basicamente a movimentação de volumes e massas, conseqüentemente conceber e projetar produtos automotivos são também basicamente organizar, volumes e massas no espaço, no entanto esta visão simplista não reflete pragmaticamente importância social que o automóvel assumiu neste século XX passado, transformando-se em agente da transformação sócio-cultural e ambiental.

Muitas vezes vilão, outras vezes herói, apontado como o culpado da deterioração da atmosfera, emissor de gases nocivos, perda de qualidade de vida, barulho e estresse urbano, nas grandes cidades, mas também cobiçado como conforto e símbolo de *status social.*

Muitas nações empenharam-se em produzi-los como meio de ascensão no cenário mundial, produzir automóveis foi o "passaporte" para ingresso no grupo dos países desenvolvidos, o Brasil da década de cinqüenta e sessenta também entendeu como

uma conquista a instalação desta indústria no país, de fato, a indústria automotiva logo se transformou em vetor do desenvolvimento nacional, foi sem dúvida um dos principais agentes em outros setores, como a construção civil com a construção do sistema viário, avenidas, estradas, pavimentação de ruas e construção de viadutos, ou a agricultura adequando-se a mecanização da lavoura e ocupando vastidões do centro e norte do país, produzindo e liderando a produção de grãos mundialmente, o desenvolvimento tecnológico das indústrias de base como a siderurgia e a mineração, para que este intento fosse efetivo concorreram todos os setores econômicos do país.

Desta forma, a responsabilidade da tarefa de conceber e projetar produtos automotivos transformou-se em uma atribuição com enfoque pragmático, em que concorrem muitas disciplinas aparentemente não associáveis: Engenharia, Sociologia, Economia, Psicologia, Administração, Mercadologia, Ergonomia e Fatores humanos são algumas das disciplinas que se envolvem no desenvolvimento do produto.

Em face de esta complexidade na abordagem, o sistema produtivo automotivo desenvolveu um verdadeiro processo de *fossilização* do produto, especialmente aplicado no automóvel de passeio, que durante décadas permanece com a mesma concepção.

O automóvel de passeio, na opinião do autor, é uma máquina muito pouco eficiente, pois para transportar poucas centenas de quilogramas, necessita de uma massa de ordem de 2 toneladas, consumindo uma grande quantidade de energia.

Os usuários mesmo que não verbalizando formalmente esta requisição, já se manifestam quando adquirem produtos ambientalmente mais limpos, leves, baratos e eficientes.

Em outros setores do transporte rodoviário, percebeu-se uma evolução maior neste sentido, os implementos rodoviários e agrícolas, sempre estiveram atentos para as suas requisições de uso e a resolução de sua forma sempre teve por foco o seu desempenho utilitário, de maneira que muitas das implementações tecnológicas mais

recentes foram inicialmente aplicadas neste tipo de produtos, como por exemplo, os sistemas de controles modernos.

2.2.Estética e História do Produto Industrial.

Em seu texto Fiell [7], apresenta uma resumida história da estética e produção industrial, referindo-se há mais de 200 anos de evolução da forma do objeto industrial, moldando nossa cultura material e influenciando as economias do mundo, a qualidade do meio ambiente e social e de nossa vida diária.

A natureza dos produtos industriais quer seja pela abrangência de efeitos que provoca nos meios sociais e ambientais, ou pela forma como vão ser concebidos e produzidos, é determinada por um processo de Desenho de Concepção Industrial [1] ainda muito mais complexo que está sujeito a muitas influências e fatores diferentes concorrendo fatores impostos pelos contextos sociais, políticos, culturais, organizacionais, e mercadológicos, dentro dos quais os novos produtos são desenvolvidos; com o caráter, pensamentos e características dos Projetistas de Concepção Industrial que estão integrados em equipes de especialistas multidisciplinares.

O Desenho de Concepção Industrial é um processo criativo e inventivo preocupado com a síntese de fatores instrumentais tais como: Engenharia, Tecnologias e Filosofia estética, para a solução, a reprodução múltipla e para produção mecanizada que equilibrem todas as necessidades e desejos dos usuários e consumidores dentro das restrições técnicas e sociais.

A Engenharia têm papel fundamental com a aplicação de princípios científicos ao Desenho de Concepção Industrial, para definição de estruturas, máquinas aparelhos, dispositivos e processos de manufatura. Enquanto todas as disciplinas estão

Nota [1] Em todo este trabalho a expressão **"Design"** foi substituída por **Desenho de Concepção Industrial**, para maior precisão no significado bem como para evitar o anglicanismo e a carga semântica da expressão, embora em português exista também a expressão Desenho Industrial.

preocupação da tarefa de Desenho de Concepção Industrial é harmonizá-las de forma satisfatória, incluindo nisto a preocupação estética cultural. (Fiell [7])

A Revolução Industrial que teve início na Inglaterra em meados do século XVIII, e que anunciou a era da mecanização, marca a origem do Desenho de Concepção Industrial; os objetos que anteriormente eram produzidos à mão, artesanalmente, em que a concepção e a manufatura eram encargo de um só indivíduo, tiveram com o desenvolvimento dos novos processos a intervenção da máquina e da divisão do trabalho que impõe a necessidade de planejamento anterior à execução, nesta época, ainda não havia nenhum fundamento intelectual teórico ou filosófico, os produtos eram reproduções de formas adotadas pela maestria do trabalho artesanais, adaptados grosseiramente à transformação por meio da máquina.

No entanto, no final do século XIX, os produtores começaram a perceber que poderiam obter vantagens competitivas cruciais, melhorando a integridade e a aparência de seus produtos, buscando profissionais de outras esferas para contribuírem na concepção destes.

O Desenho de Concepção Industrial tornou-se uma disciplina completa nos início do século XX (Fiell [7]), onde os fundamentos teóricos da Concepção de Produto Industrial foram formalizados e integrados aos métodos industriais de produção.

Neste trabalho os autores (Fiell [7]) listam desde equipamento pesado aos produtos de lazer esportivo, desde aparelhos médicos até veículos aeroespaciais, entre os produtos desenvolvidos neste período, as suas soluções inovadoras enfatizam o equilíbrio e a harmonia dos fatores restritivos para concepção da forma, como estabilidade das estruturas, fatores aerodinâmicos, harmonizados com censo estético e cultural.

Em outras abordagens citam o modismo denominado *Aerodinamismo* que aplicados a produtos estáticos, geladeira eletro domésticos, nos anos 30, tentavam apropriar-se dos simbolismos de modernidade que naquela época era atribuído a esta ciência,

noutro modismo extremo o Desenho de Concepção Industrial exclusivamente utilitário, e como todos os modismos causando forte impacto, mas efêmeros.

Neste século XX, a história estética e filosófica passou por várias escolas de abordagens, como, por exemplo, estilo *Bórax,* muito caracterizado pela pratica da indústria americana das décadas de trinta e quarenta, que se fundamentava no supérfluo da forma agregando pormenores exteriores rebuscados e brilhantes como tentativa de aumentar a atratividade dos produtos aos consumidores, os *Cadilllac rabo de peixe* da década de cinqüenta e as *Juke Box* Americanas são os exemplos mais expressivos desta tendência. Este nome deriva da famosa empresa de sabão *Bórax* e da sua estratégia promocional de agregar brindes, muitas vezes sem utilidade, aos seus produtos.

O estilo *Bórax* têm muito a haver com o *Stylling art,* o *Art Decô* e o *Aerodinamismo* que predominaram na indústria automotiva (Fiell [7]), e que ainda exercem muita influência na estética do produto automotivo. Desta época são os enfeites cromados e reluzentes dos automóveis de passeio dos anos cinqüenta e sessenta, as traseiras que lembravam lemes e estabilizadores de aeronaves, ou mesmo turbinas de avião a jato.

Naturalmente a história do Desenho de Concepção Industrial não registra apenas estas escolas aplicadas ao supérfluo da forma (existem muitas tendências política e ambientalmente corretas de alcance social como, por exemplo:

- O *Design for Children* (Desenho Industrial para crianças) tendência focalizada em criar produtos seguros, duráveis, resistentes e confortáveis para atender aos requisitos extremos de uso das crianças, tendência que se solidificou indiscutivelmente até por força de legislação nos produtos de brinquedos, utilidades e puericultura.

- O *Design for Disability* (Desenho Industrial para deficientes) Evidentemente focado em ampliar as capacidades físicas das pessoas deficientes. A história desta tendência têm início nas cadeirinhas do século XVIII e nas cadeiras de rodas do século XIX, mas a ganha notoriedade nos anos cinqüenta quando Desenhistas

Industriais importantes aplicam-se a desenvolver produtos para este setor. Um dos exemplos mais antigos e importantes foram a as pinças ou ganchos para amputados desenvolvidos por André Dreyfuss em 1950, em colaboração a *Army Prosthetics Research Laboratory* e a *Sierra Engineering Company*(Fiell [7]) que permitem pela leve ação de músculos do antebraço acionar garras para manipulação de objetos para amputados da mão, o rigor ergonométrico necessário a este tipo de desenvolvimento, permitiu também desenvolver produtos que ampliavam também as habilidades das pessoas fisicamente normais, o *Design for Sport* é uma conseqüência do rigor deste enfoque para a melhora da performance de atletas, sendo que aplicação destes desenvolvimentos em produtos do cotidiano, como calçados também amplia o conforto e o desempenho dos usuários comuns em suas atividades do dia a dia.

- O *Design for Safety* (Desenho Industrial para segurança) é relativamente recente este enfoque na indústria automotiva, e foi desencadeado quando o advogado americano Ralf Nader (n. 1934), redigiu uma crítica condenatória para indústria automotiva americana denominado: *Unsafe at any speed: the Designed-in dangers of the American Automotive*, evidenciando a responsabilidade social da General Motors sobre os defeitos de concepção dos Chevrolet Corvair, cuja distribuição de massas com seu motor traseiro, e seu *oversteering* nas a curvas era apontado como *Assassino em Potencial*, nesta ocasião calculou-se que General Motors havia investido cerca de US$ 700,00 em *stylling* por carro e apenas 23 centavos de dólar em segurança(Fiell [7]). Este importante triunfo legal desencadeou não só uma crescente onda de investimentos no desenvolvimento de segurança no produto automotivo, mas também desencadeou uma nova escola de Desenho de Concepção de Produtos Industriais, dedicada intransigentemente à concepção de produtos politicamente corretos.

- *Design for the Third World* (Desenho Industrial para o terceiro mundo) O conceito que está inserido neste contexto é o entendimento de que países em desenvolvimento devem prover soluções próprias aos seus próprios problemas como meio de garantir a sua soberania no contexto das nações, desta forma o enfoque é produzir utilidades que melhorem as condições de vida nestes lugares, adequadas às

necessidades cotidianas de usos e costumes destas sociedades, mas que possam ser produzidas com recursos técnicos disponíveis localmente(Fiell [7]).

Estes enfoques apresentam uma visão utilitária muito distinta da expressão *Design* daquela popularmente divulgada (Fiell [7]), onde é aplicada para discriminar objetos diferenciados apenas pelo charme do supérfluo.

Em contraponto comenta Munari [19], famoso crítico italiano enfatiza o papel do Desenho de Concepção Industrial como meio de mensagem cultural, afirmando que hoje em dia é necessário demolir o mito do artista como estrela (*star artist*) que somente produz obras primas para um pequeno grupo de pessoas inteligentes e privilegiadas, e que se deve entender que o artista deve estar envolvido no contexto do cotidiano das pessoas comuns, como sempre estiveram os artistas na história da humanidade. A cultura hoje em dia é um trabalho de massa e o artista deve descer de seu pedestal e estar preparado para criar símbolos para todos, o artista deve cortar fora seus sentidos românticos e tornar-se ativo participante da sociedade contemporânea.

Esta tarefa está colocada sob a responsabilidade do Projetista de Concepção Industrial, independentemente de sua formação acadêmica, (Engenheiro, Desenhista Industrial, Arquiteto, Físico, Tecnólogo, etc.). Assim como os artistas da Renascença, que estavam produzindo arte, estruturando sua produção e dominantes dos recursos técnicos da época em que viveram, igualmente como o artista contemporâneo que produz obras com os recursos digitais disponíveis nos dias correntes (vídeos, cinema, internet, etc.) e exerce o domínio da técnica para a efetivação de seus objetivos, da mesma forma, o Desenhista de Concepção Industrial, têm no sistema de produção industrial o seu meio de expressão artística, portanto sujeito às restrições e potencialidades destes meios e devendo para agir pró-ativamente agindo sobre estes recursos.

Naturalmente a complexidade das tecnologias disponíveis nos dias de hoje implicam na integração de equipes de especialistas multidisciplinares, portanto torna o objeto produzido industrialmente uma obra anônima (Munari [19]), enquanto agente

cultural fruto de criação coletiva, concluindo com o anonimato e a desmistificação do artista industrial.

Munari [19] também brinca comentando sobre a criação das máquinas sem utilidade, ou seja, móbiles que produzem apenas movimento como expressão plástica, como exemplo de uma atividade exclusivamente cultural, mas alienada do contexto utilitário de inserção social, que subsiste apenas sob ação da comunicação de massa.

Em seu estudo Maldonado **[17]** informa, *Diseño Industrial* é a tradução da expressão *Industrial Design,* utilizado nos países de língua anglo saxônica, e algumas vezes diretamente em castelhano (e português), em alemão *Produktguestaltung*, ou *Industrielle Formengenbung*: ou em Francês *Esthetique Industrielle;* ou ainda do italiano, *Disegno Industriale* e no russo *Technieeskaja estetika* ,enfatizando uma diferença de enfoque na atuação do Projetista de Concepção Industrial e a atuação do Projetista Mecânico em suas tarefas de concepção de mecanismos e dispositivos.

Segundo Maldonado [17] Em geral se entende o Desenho de Concepção Industrial, como o projeto de objetos fabricados industrialmente e em série, no entanto ele mesmo afirma não ser satisfatória esta definição, preferindo a adotada pelo ICSID (*International Council of Societies of Industrial Design),* que propõe o Desenho de Concepção Industrial como: A concretização de um indivíduo técnico desenvolvendo sua função dentro deste processo industrial. De acordo com este princípio, projetar a forma significa coordenar, integrar e articular, todos os fatores que de uma maneira ou de outra participam do processo constitutivo da forma do produto, com isto ele se refere precisamente a fatores relativos às funções de uso, fruição e consumo do produto (fatores funcionais, simbólicos e culturais) bem como a fatores que se referem a sua produção (fatores técnicos econômicos, técnicos construtivos, técnicos sistemáticos, técnicos produtivos, e técnicos distributivos).

Quanto à história, a rigor não se trata de uma única história e sim de várias histórias, mas se visto com atenção, este estudo nos permite descobrir um elemento comum em todas elas: O esforço de demonstrar que neste último século o debate entre as

relações entre a arte e a técnica (ou entre arte e indústria) têm estimulado a evolução construtiva dos objetos modernos (Maldonado **[17]**).

No século XVIII, começavam a se proliferar literaturas, que apresentam as máquinas como instrumentos capazes de assegurar aos homens a felicidade sobre a terra. Descrevem sociedades e cidades perfeitas, atribuem à máquina este encargo de otimização das relações entre os homens e às vezes também entre o homem e a natureza, apresentando um mundo idílico de artefatos, numa utopia mecânica saturada de imagens tecnicistas, que evidentemente não são factíveis, mas cujo ideário ainda permanece aceito na visão dos racionalistas, e na ficção cientifica, e continuam influenciando a concepção dos produtos industriais.

A concepção de carrocerias, coberturas e carcaças derivam de uma visão formalista, e muito difundida popularmente, que atribui ao Desenho de Concepção Industrial, a tarefa de definir somente o contorno externo dos produtos (Maldonado **[17]**), levando em conta apenas a aparência do objeto afastado de todo o processo elaborativo, esta necessidade de cobrir os mecanismos foi conseqüência das legislações aplicadas à segurança de operação das máquinas, e nasceu na Áustria em 1883 e 1885, depois na Inglaterra em 1891, e na França em 1891, para evitar acidentes de trabalho. Desta forma a configuração técnica do objeto deveria ficar oculta por uma cobertura cuja forma não necessariamente tivesse relação com a função, constituindo-se como uma dicotomia que permanece viva ainda nos dias de hoje, na necessidade de vestir os eletrodomésticos, os automóveis e as máquinas operatrizes.

O funcionalismo: A idéia de que a beleza dos objetos depende de sua utilidade eficiência foi difundida pelos *protofuncionalistas* (Maldonado **[17]**), entre eles G. Berkeley (1685-1753) na Inglaterra, C. Donoli (1690-1761) na Itália, C.N. Ledoux (1736-1806), I. Kant (1724-1832) na Alemanha; afirmam que a beleza está na concordância total entre a forma e a função (Maldonado **[17]**).

Adam Smith (1723-1790) afirma que o descobrimento das máquinas suscitou uma nova maneira de ver e entender o universo técnico dos objetos, se descobre que os produtos mecânicos manufaturados não são como às vezes se crê, uma intervenção

histórica arbitrária, senão o resultado de um tecido fino e complexo de interações sócio-econômicas.

Durante o século XIX, proliferaram-se as exposições mundiais de produtos industriais, em 1851 o príncipe Alberto da Inglaterra, realiza a *The Great Exhibition* em Londres na qual participaram 14.000 expositores e afluíram seis milhões de visitantes, exposições de mesmo porte aconteceram em Paris, Berlim, Viena, Filadélfia, Sidney, Melbourne, Chicago, entre outras. Sempre com grande afluência de visitantes curiosos e motivados pelo tecnicismo e pela produtividade industrial, mas nunca pela pelo bom desenho dos objetos que estavam expostos, referiu-se a isto um jornal da época: *por seu atroz mau gosto*, em outras palavras a *The Great Exhibition* foi notável por revelar a degradação estética dos objetos no momento de transição do artesanato para produção industrial(Maldonado **[17]**).

Críticos, escritores e artistas do século dezenove eram enfáticos ao assumir posição crítica frente à máquina(Maldonado **[17]**): *A natureza tão celebrada pelos românticos parece agora ameaçada pelo engenho, a locomotiva que em principio se define como maléfica, mais veloz e aperfeiçoada, e o homem vitoriano que por sua vez primeira constata com estupor a substituição, que considera ultrajante, do orgânico pelo mecânico* (texto da época de autor desconhecido).

Nos anos que precederam a primeira guerra mundial, precisamente entre 1907 e 1914, a Alemanha enfoca a problemática da produtividade industrial em termos de racionalização e tipificação dos objetos destinados a produção em série, nestes mesmos anos nos Estados Unidos o enfoque era bastante distinto com o *Fordismo* e a Produção em massa de Taylor fundamentando-se na organização científica do trabalho na fabrica, Henry Ford, por exemplo, estuda a linha de montagem.

Provavelmente, foi a Bauhaus , Escola de Artes e Arquitetura Alemã, de W. Gropius que mais influenciou o pensamento filosófico sobre a estética industrial (Maldonado **[17]**), surgida em Weimar em 1919 teve três períodos distintos, que correspondem aos três diretores Weimar (1919-1924), Dessau (1925-1930) e Berlin Steglits (1930 – 1935), período de W. Gropius e considerado dividido em duas etapas a fase de Itten

de 1919 até 1923, de tendência marcadamente expressionista, a fase pós Itten liderada por L. Moholi de 1923 até 1928 de tendência marcadamente construtivista, W. Gropios foi substituído por H Méier (de 1928 até 1930) e por L. Mies Van der Rohe de (1930 até 1933), quando foi fechada pelos nazistas sob a acusação de degeneração cultural, no entanto esta visão construtivista difundiu mundialmente a idéia de que a estética da forma segue a função do objeto, incluindo nestas funções todas os fatores limitantes técnicos, produtivos, funcionais e socioeconômicos e sócio-culturais(Maldonado **[17]**).

2.3.Fatores Humanos e Ergonomia.

O objetivo de Mc Cormick e Sanders [6] é discutir a metodologia de projeto, entendendo que o objeto do projeto seja um instrumento para ampliar as capacidades humanas.

Sob o ponto de vista da ergonomia, não importa a complexidade ou a grandiosidade do objeto, seja ele desde um simples lápis que amplia a capacidade de comunicação do homem, um archote que amplia a capacidade do homem enxergar na escuridão, ou um jato supersônico, um super computador ou um porta-aviões, todos são objetos, ferramentas, dispositivos e equipamentos que dão ao homem capacidades acima das quais seu corpo poderia realizar.

O produto automotivo é considerado sob a visão ergonômica, como um sistema destinado a produzir trabalho sob a forma de movimentação de volumes e massas.

Nesta abordagem, o produto automotivo é uma ferramenta, um instrumento, que é a interface entre o ser humano e o seu desempenho na sua mobilidade, o homem está colocado no produto automotivo como agente do controle do movimento do veículo, dirigindo, acelerando, freando, engatando marchas, acionando vidros, etc. e também como paciente na condição de ocupante (passageiro), mas que também realiza um

trabalho, em relação á apoiar-se nas acelerações e desacelerações, e operando controles auxiliares.

Outra abordagem, necessária sob o ponto de vista da ergonomia é sobre o trabalho de manutenção dos veículos, atualmente nas fábricas modernas os produtos são movimentados por dispositivos de maneira a colocar-se em posição que facilite a montagem da peças pelos operadores, no entanto nas oficinas estas mesmas peças estão em posições quase inacessíveis, obrigando os mecânicos a arrastarem-se pelo piso para atingir estas posições e trabalhando em posições que seriam extremamente desconfortáveis.

Mc Cormick e Sanders [18] apresentam uma visão sistêmica relacionada ao planejamento da força de trabalho, que é chamado de subsistema de pessoal, em alusão aos demais subsistemas implementados no sistema de produção e trabalho.

Mc Cormick e Sanders [18] abordam também as mudanças de enfoques filosóficos no decorrer da história desta ciência, ou seja, a breve história do estudo dos fatores humanos no desenvolvimento de sistemas foi caracterizado pelas quatro fases de mudança de enfoque:

- Fase 1- O indivíduo sendo adaptado por seleção e treinamento, ou seja, com ênfase primária na máquina, a partir de uma filosofia de concepção orientada para as restrições da máquina (essencialmente uma pré-filosofia).

- Fase 2 - Concepção orientada pelo ponto de vista do homem, com uma posição voltada para a adaptação da máquina para o homem.

- Fase 3 - Uma terceira filosofia (que provavelmente é muito atual) com ênfase em projetar um sistema no qual exista uma otimização da integração do homem, com o foco para a realização mais efetiva dos objetivos do sistema, é mais para o sistema orientado para o homem. Este conceito poderia ser descrito como se cada um dos componentes e os seres humanos sendo utilizados eficazmente, mas com o controle primário do sistema sendo essencialmente responsabilidade dos seres humanos.

• Fase 4 - Mais recentemente surgiu um novo e forte conceito filosófico que está enfocado mais nos valores humanos básicos e na responsabilidade dos indivíduos na criação dos sistemas, instalações, e ambientes.

É muito mais fácil atacar os aspectos específicos da relação homem-máquina de uma lavadora de roupa, um automóvel, um computador, uma britadeira, ou um plano de sistema de reservas para linhas aéreas, do que atacar o amplo espectro definido por problemas humanos, que surgem no envolvimento do cotidiano das pessoas.

Estes são problemas de relação homem-máquina no sentido mais amplo, envolvendo as responsabilidades civis em relação ao meio sócio-cultural e ambiental (Mc Cormick e Sanders [18]).

O processo de concepção de sistemas geralmente requer sucessões de decisões, cada uma delas tem efeito subseqüente em outras decisões, constituindo-se no processo de Iterações do Sistema.

Um procedimento que foi proposto, por Mc Cormick e Sanders [18], para este propósito é a Análise de Sistema de Modelo de Integração – ASMI. Enquanto os procedimentos de análise totais são muito extensos para serem apresentados aqui, sua razão central é baseada em um modelo no qual são identificados os efeitos de vários elementos de sistemas, a esta formulação, são caracterizados três tipos diferentes de elementos:

• Determinantes de sistema - elementos que determinam a natureza, forma e limites de um sistema, como sua missão, exigências de desempenho, entradas, e limitações.

• Componentes do sistema - mecanismos, homens, instalações, etc. que são internos à forma do sistema.

• Integradores de sistema - sucessões operacionais, comunicações, organização, estrutura de decisão.

De fato, o método analítico usado no ASMI inclui o uso de uma matriz de todas as combinações de todos os elementos com provisão para interagir e identificar elementos.

De acordo com Mc Cormick e Sanders [18], trata-se de uma seriação de decisões, sobre a concepção de um console de controle, nas qual a decisão anterior afeta a decisão subseqüente:

- **Decisão 1**: É decidido que para um operador receber informação necessita de um console. Elemento afetado: Display (todos os tipos estão neste momento disponíveis, visual, auditivo, tátil, proprioceptivo).

- **Decisão 2**: É decidido que a informação será apresentada visualmente. Elemento afetado: exibição visual (possíveis tipos são etiqueta, indicador, iluminação, alcance).

- **Decisão 3:** A próxima decisão é que a exibição visual será luminosa. Elemento afetado: exibição luminosa visual.

- **Decisão 4**: Display de Luz é especificado completamente. Elemento afetado: display visual luminoso especificado em termos de cor, brilho, contraste, configuração, características temporais, etc.

Este exemplo aplicado no produto automotivo resultaria em uma análise dos postos de comandos do condutor, e envolveria uma análise cognitiva dos mostradores dos instrumentos e dos glifos nos controles.

Em veículos cuja operação apresenta um grau maior de complexidade, como exemplo a operação de implementos rodoviários do tipo: *treminhões*, *rodo-trem*, *bi-trem*, semi-reboques, *Dollyies*, ou mesmo guindastes, implementos para mineração, carros de combate, entre outros. têm extensas ramificações para as funções humanas e nas tarefas que serão requeridas na operação e manutenção do sistema final e necessitam de uma Análise de Funções de Tarefas criteriosa. Em tais casos algum procedimento sistemático deve ser adotado.

Entre os propósitos de tal análise está o seguinte (Mc Cormick e Sanders [18]):

- Identificação das funções ou tarefas que individualmente ou em combinações são incompatíveis com as habilidades humanas.

- O desenvolvimento de programas de treinamento para pessoal que será envolvido com o sistema, inclusive o desenvolvimento de materiais de treinamento e material de ajuda ao treinamento, e seleção de pessoal e planejamento da força de trabalho necessária.

Há uma variação considerável de técnicas e formas usadas para função e análise de tarefas, e resultam tipicamente em uma apresentação organizada das tarefas que serão levadas a cabo no uso ou manutenção do sistema.

O Planejamento de trabalho é caracterizado pelo estudo, de como as atividades de trabalho são (ou serão) executadas, dentro de limites razoáveis para as aptidões humanas, e de que forma podem ser combinadas atividades que serão executadas de modos diferentes.

O planejamento do trabalho requer o uso de estimativas de vários tipos, como o tempo que seria exigido para executar tarefas e a freqüência com que certas funções terão que ser executadas, e pode ser usado para desenvolver os requisitos qualitativos da força de trabalho(Mc Cormick e Sanders [18]).

Embora a maioria dos produtos automotivos, não exija a presença de mais do que um operador, ou de um único posto de trabalho, alguns sistemas mais complexos como, por exemplo, a operação de guindastes, colheitadeiras, máquinas de terraplanagem, carros de combate, podem exigir vários tipos de trabalho simultaneamente, ou mesmo a presença de vários operadores, conseqüentemente podem necessitar de uma organização mais elaborada das atividades de trabalho, desta forma certos tipos procedimentos específicos podem facilitar o processo de análise e planejamento.

Estes princípios são apresentados abaixo:

• Princípio da Estrutura de Supervisão. Tarefas que requerem responsabilidade ou autoridade para nomear pessoal, para distribuir trabalho, e para avaliar o trabalho, e por tomar decisões em emergências devem ser designadas a uma supervisão.

• Princípio da Utilização de Tempo. Tarefas identificadas a um determinado trabalho deveriam manter o homem ocupado para um período de trabalho típico sem repetições excessivas.

• Princípio de Relação de Conhecimento. As tarefas identificadas a um trabalho deveriam requerer conhecimento de fundo semelhante e relacionado de informação.

• Princípio de Progressão de Trabalho. Cada trabalho deveria ser relacionado a um grupo de outros trabalhos, onde a diferença primária é o nível de avanço, de forma que uma progressão de trabalho é possível em trabalhos relativamente rotineiros para trabalhos com responsabilidade significativa e autoridade, e que envolvem tarefas ou tipos de tarefas semelhantes.

• Princípio de Relação de Localização. As tarefas identificadas em um trabalho devem ser executadas na mesma localização de trabalho.

• Princípio de Relação de Função. Uma série de tarefas próximas relacionadas em função, tempo deveriam ser atribuídas ao mesmo tipo de trabalho.

• Princípio de Relação de Aptidão. As tarefas atribuídas a um trabalho deveriam requerer as mesmas ou semelhantes aptidões.

• Princípio de Relação de Equipamento. As tarefas atribuídas a um trabalho deveriam se relacionar ao mesmo equipamento ou subsistema.

Obviamente haveria alguns conflitos entre estes princípios e onde acontecessem os conflitos o bom senso deve prevalecer.

Verifica-se que existem alguns sistemas, em que o projetista deve começar a preocupar-se com as atividades das pessoas, desde o início do processo de desenvolvimento, incluindo nestas atividades: as tarefas, a análise das funções,

planejamento do trabalho, procedimento de operação, seleção de pessoal, treinamento, desenvolvimento de material de ensino, planejamento da força de trabalho.

Embora a maioria dos sistemas nos produtos automotivos não requeira um subsistema de pessoal elaborado desta forma, no entanto pode-se planejar de forma mais efetiva as funções que requeiram mais atenção. Tais funções poderiam incluir o real treinamento das pessoas, como por exemplo: mecânicos e motoristas, para um modelo novo de implemento rodoviário ou agrícola, e o que seria mais provável, a preparação de manuais de instrução para auto-treinamento de usuários.

A avaliação no contexto do desenvolvimento do sistema é definida como a validação do sistema do que os produtos executam, em contrapartida ao que estavam propostos para fazer(Mc Cormick e Sanders [18]), a avaliação dos fatores humanos é o exame destes produtos para assegurar a suficiência de atributos que têm implicações para o desempenho humano(Mc Cormick e Sanders [18]), desta forma a avaliação deste desempenho requer:

• Procedimentos Experimentais. O teste de um sistema ou componente (real ou simulado) é essencialmente uma experiência e requer o uso de procedimentos nos quais deveriam ser seguidos por práticas experimentais apropriadas, para isto usa-se comparar com algum padrão predeterminado de exigência de desempenho. É essencial, porém, que em todos os casos alguma medida de desempenho (um critério) deve ser estabelecido.

• Condições de Teste. As condições sob para as quais o teste de avaliação é realizado normalmente devem simular tão próximo quanto possíveis as condições nas quais o sistema será usado em última instância. Isto inclui ambiente físico, procedimentos, número de pessoas, e até se possível: as condições de estresse.

• Temas. Os perfis de indivíduos do estudo usados nos testes deveriam ser os mesmos tipos de indivíduos que irão usar o sistema, levando em conta a aptidão e treinamento.

• Número adequado de repetições. Como em qualquer experiência, observações repetidas são exigidas para dar uma indicação fidedigna do desempenho, possivelmente, haveria respostas suficientes para fornecer a base apropriada de testes para ter significado estatístico.

A inclusão de Guerin et al [3], na seleção de temas pertinentes, justifica-se por sua visão fundamentada na Escola Franco Belga de Ergonomistas, esta visão incorpora, não somente, mas principalmente, uma compreensão humanista no sentido de preservar a integridade física e mental do trabalhador, mas também focada nas implicações econômicas aplicadas ao trabalho e a produção, para por meio de ações ergonômicas prover eficácia e produtividade das empresas e o retorno lucratividade dos seus investimentos na produção.

Embora sempre se referindo à produção industrial, a aplicação destes conceitos no produto automotivo é direta, quando se entende que este produto é também uma instalação produzindo um trabalho em relação à mobilidade de massas, cargas e pessoas, e que seus ocupantes sejam eles: condutores, passageiros, mecânicos ou ajudantes estão executando tarefas em seus postos de trabalho no veículo.

Em sua primeira abordagem de Guerin et al [3] preocupa-se em definir algumas expressões ligadas à prática da Ergonomia, definem que a função do Ergonomista é transformar o trabalho desde o titulo de sua obra, a partir da própria origem da palavra *Tripalium*, instrumento de tortura Romano, portanto identificando o trabalho como um desconforto necessário à produção, mas contrapondo a isto a ação do Ergonomista de prover conforto e eficácia na interação humana com a produção.

A palavra Ergonomia é construída sobre dois radicais Gregos: *Ergon*, que significa trabalho e *Nomos* que significa homem, ou seja, a ciência do trabalho do homem.

Esta ação de transformação segundo os autores (Guerin et al [3]) é realizada em dois aspectos que se integram:

• A concepção de situações de trabalho que não alterem a saúde dos operadores, nas quais ele possa exercer suas competências e realizações pessoais e coletivas.

- Alcançar os objetivos econômicos determinados pela empresa, em função dos investimentos, ou seja, de produtividade e eficácia.

Alertam, no entanto que a eficiência desta adaptação, encontra obstáculos na prática diária, muitas vezes a intervenção dos ergonomistas é convocada quando o problema já é manifesto, para corrigi-lo (Guerin et al [3]), portanto é comum encontrar:

- O orçamento já estava decidido.
- Os objetivos quantitativos e qualitativos da produção já estavam definidos.
- As principais escolhas tecnológicas já estavam implementadas.
- As opções de compras de equipamentos já foram efetuadas.
- As equipes de projeto elaboram hipóteses sobre fluxos de produção, e realiza o estudo de implantação das máquinas e de distribuição do espaço, desconsiderando os fatores humanos, que interferem na produção.

Esta realidade impõe uma revisão nesta prática, ou seja, é necessária a intervenção dos ergonomistas nas equipes multidisciplinares que integram as equipes de projeto, desde as primeiras fases de projeto, como forma de garantir a integração adequada do ser humano no processo produtivo (Guerin et al [3]).

Hoje em dia, houve uma popularização da expressão *Ergonômica,* quase todas as pessoas recordam-se de haver comprado algum objeto adjetivado de "Ergonômico", e conferem a esta expressão o atributo de ser confortável, realmente os autores identificam esta relação, mas também colocam que a ação da ergonomia vai muito além, provendo também produtividade, eficácia na ação humana, e principalmente preservando a integridade, física e psíquica dos trabalhadores.

O foco desde trabalho de Guerin et al [3] é o estudo da metodologia, pois a ergonomia segundo os autores: *É mais uma arte que uma ciência*, pondo intimamente em relação à compreensão do trabalho e sua transformação, apoiando-se numa pluralidade de contribuições de diferentes disciplinas, e conduzindo a ações

singulares em cada caso, necessitando agregar conhecimentos gerais sobre o trabalho a conhecimentos específicos co-produzidos com os trabalhadores da empresa envolvida.

Em decorrência da legislação e a ética prevalecente na sociedade atual é a cada vez mais generalizada a presença da ação ergonômica, seja enquanto análise das disfunções em matéria de saúde e segurança no trabalho, ou seja, enquanto acompanhamento de mudanças técnicas ou organizacionais na implantação de fábricas, na transformação de espaços de trabalho, no desenvolvimento de sistemas de informação, na definição de formações, etc. Por outro lado, porque as abordagens da ação ergonômica variam, em função de serem os ergonomistas empregados da empresa ou exteriores a ela, consultores ou pesquisadores, e as demandas virem das direções ou das instituições representativas dos trabalhadores(Guerin et al [3]).

A primeira característica da ação ergonômica implica em uma análise da concepção do trabalho proposto, associando as condições materiais e organizacionais do trabalho e seus resultados, e leva-se em consideração desde o início, ampliando a abrangência e a efetividade destas transformações(Guerin et al [3]).

Se o trabalho assalariado se caracteriza, já antes de F. W. Taylor, e desde a Revolução Industrial, pela divisão das tarefas na empresa e existe a separação entre trabalho de criação e de execução, a atividade de trabalho não pode ser reduzida a simples prescrições de tarefas (Guerin et al [3]): *O trabalho é, de fato, tomada de iniciativa para fazer o sistema funcionar é a gestão de casos de toda ordem.*

Portanto a primeira característica da ação ergonômica leva em conta a gestão e a integração do trabalho humano, individual e coletivamente, interagindo sobre a produção, construindo as suas competências e mantendo integras as condições humanas(Guerin et al [3]).

Segunda característica da ação ergonômica: identifica ação do trabalho nas atividades futuras da organização das empresas e entidades. Esse ponto de vista se fundamenta, sobretudo na análise do trabalho e na simulação da atividade futura, e

articula estreitamente observações, verbalizações e entrevistas, confrontações entre departamentos e posições hierárquicas (cada qual detendo uma parte do enigma), estabelecimento de dados e análise de documentos, capacidade de inferir do local ao global (Guerin et al [3]).

Para as atividades de um operador são os resultados de compromissos muito complexos que se formam a partir da própria educação escolar e treinamento profissional, e levam em consideração inúmeros fatores.

Existem fatores externos ao profissional, por exemplo, entre outros:

- Os objetivos determinados pela empresa.
- Os meio de produção colocados a sua disposição.
- Os procedimentos internos das empresas e dos seus clientes.

E existem fatores internos, por exemplo, entre outros:

- As propriedades naturais do organismo humano, e as características pessoais permanentes e ou mutáveis do operador em questão.
- As propriedades naturais do raciocínio humanos, os conhecimentos adquiridos pelo operador ao longo de sua vida, os seus valores culturais, e as suas opiniões em um dado momento.
- A personalidade do operador e seus projetos individuais.

Estes compromissos acabam por definir os relacionamentos entre os operadores e o sistema produtivo, sua perenidade ou rotatividade, as estratégias e políticas ou ainda a necessidade de constantes ajustes (Guerin et al [3]).

Podem também ter efeito positivo ou negativo, permitir ou impedir um desenvolvimento de competitividade profissional, por exemplo:

- A qualidade e a quantidade produzidas que às vezes ficam distantes dos objetivos

que a empresa fixou.

- As conseqüências para os meios de produção que estão relacionadas às ferramentas e instalações oferecidas. Que são capazes de levar a um desgaste exagerado devido a uma inadequação de uso por parte dos operadores, com possíveis efeitos para a moral dos trabalhadores, para a perda de produção e lucratividade da empresa.

Outras considerações relativas aos fatores humanos são manifestas para as empresas (Guerin et al [3]), sejam a longo ou em curto prazo, por exemplo:

- Doenças de origem profissional.

- As dificuldades atribuídas ao trabalho, que irão se manifestar na vida do operador fora do ambiente de trabalho, irritabilidade e fadiga.

- Os efeitos destas inadequações às condições humanas irão se refletir na qualidade dos produtos e serviços e terão fortes impactos econômicos nas garantias e conseqüentemente na moral dos trabalhadores.

As primeiras etapas de análise da situação de trabalho incluem uma atitude de escuta por parte dos ergonomistas de seus interlocutores, uma atitude exploratória em relação aos dados e aos fatos.

Vários objetivos estão envolvidos:

- Verificação e generalização das observações particulares, descrição, registros e quantificações, entre outros..

- Pesquisa mais aprofundada onde os dados parecem incompletos.

- Descrições mais detalhadas das situações discretas.

Porém, as escolhas das situações de levantamento e análise devem ser decisão dos ergonomistas encarregados dos trabalhos (Guerin et al [3]).

A escolha das modalidades e práticas de observações se fazem em função das hipóteses que dirigem à análise, menciona-se algumas das alternativas incluídas pelos autores.

Metodologicamente Guerin, et al. [3] classifica as Categorias Observáveis como: Deslocamentos, Direção do olhar, as Comunicações, as Posturas, as Ações para tomada de informação, e as Interações com o Sistema Técnico ou o Contexto.

Concluindo os autores oferecem uma abordagem crítica sobre a relação do homem com o trabalho e a sua integração ao sistema econômico e a produção, mas também e principalmente delimitam a ação da análise levada a efeito pelos ergonomistas, dirigida fortemente por uma metodologia lógica e eficiente.

O intento desta resenha, sobre fatores humanos e ergonomia, não foi compilar e organizar uma grande quantidade de informações pertinentes e disponíveis, relativas aos comportamentos e atributos humanos. A finalidade básica foi enfocar certos objetivos mais modestos, que incluem a apresentação de pelo menos alguma informação sobre certas características humanas, como os aspectos do processo moto-sensório, isso poderia contribuir o melhor entendimento do comportamento e do desempenho.

Talvez o objetivo subjacente mais importante foi desenvolver uma sensibilidade aumentada para a consciência dos muitos aspectos humanos dos sistemas e situações que proliferam na operação dos produtos automotivos. Tal consciência é pelo menos a primeira condição prévia aos processos subseqüentes de criar esses sistemas e situações nas quais podem ser utilizados os talentos humanos efetivamente na melhoria do bem-estar.

2.4.Criatividade.

Em seu texto Duailibi e Simonsen [18] informa: A criatividade têm sido confundida com a técnica de criar anúncios, ou ainda, que por meio de uma alienação apoiada no princípio da feliz ignorância, libertando o criador do conhecimento anterior, para poder propor soluções inovadoras, nada mais enganoso.

Simplesmente, a criatividade é definida como uma técnica para resolver problemas (Duailibi e Simonsen [6]).

Esta técnica pode ser aplicada a todas as atividades humanas, não apenas as atividades mais liberais, podem ser aplicadas à medicina, à sociologia, ao marketing, às finanças, à educação, à produção artística ou a produção científica, de alfinetes até usinas nucleares.

Toda empresa é uma solução criativa para uma angústia gerada por um problema, o empreendedor identifica uma necessidade não atendida ou mal satisfeita e vê nela uma oportunidade de negócios (Duailibi e Simonsen [6]). Atividade criadora é sempre precedida por esta angústia.

Freud já havia definido a criatividade como originaria de um conflito dentro do inconsciente, mais cedo ou mais tarde o inconsciente produz uma solução para este conflito. Ainda segundo Freud: *o homem feliz jamais fantasia, mas o insatisfeito sim*, os instintos insatisfeitos são as forças que impulsionam as fantasias e cada fantasia é uma satisfação dos desejos, uma retificação de uma realidade insatisfatória.

Max Wertheimer, o grande teórico da Gestalt, afirma: *que o pensamento criador é fundamentalmente uma reconstrução de configurações estruturalmente deficientes.*

As soluções criativas resultam de da liberação de energias necessárias à eliminação desta angústia.

Segundo Duailibi e Simonsen [6] a criatividade é um processo muito mais Heurístico do que Algorítmico, um algoritmo é uma regra uma heurística é uma descoberta, do grego *"heurisken"* (descoberta), pode ser uma verdade circunstancial, não é comprovável, é, por exemplo, a solução obtida por tentativa e erros, ou por seleção e conexão ou ainda por conexão e mudança associativa. É encontrada na sabedoria popular, a heurística admite a contradição que esta dentro dela como, por exemplo: *Mais vale quem Deus ajuda do que quem cedo madruga*, contra, *Deus ajuda a quem cedo madruga.*

Koetler afirma que a criatividade aplicada na ciência, na arte, no humor, ou em negócios seguem o mesmo caminho.

Criatividade significa dar existência a algo novo, único, original e pode assumir duas formas: a invenção e a descoberta (Duailibi e Simonsen [6]).

A invenção (ou inovação) quando por associação de dois ou mais fatores aparentemente não associáveis, dispares, chega-se a um terceiro fator que têm parte dos anteriores, mas que é novo. A descoberta ocorre quando se percebe algo já existente e se verbaliza essa constatação, seja através de uma definição, seja por meio de uma equação ou fórmula matemática.

O processo mental criativo desenvolve-se em várias etapas: O desejo ou a identificação, a Preparação, a Manipulação, a Incubação, a Antecipação, a Iluminação, e a Verificação.

- <u>O desejo ou a identificação</u>. Ao identificar algum problema não resolvido, por qualquer razão a pessoa deve querer criar algo original. Isto é uma atitude frente a um problema.

- <u>Preparação</u>. O indivíduo passa a acumular dados sobre o problema, direta e conscientemente ou indiretamente e inconscientemente motivado pelo interesse ou curiosidade natural.

- Manipulação. O cérebro inconscientemente começa a organizar os dados com forma de entender realmente o problema.

- Incubação. Ocorre de forma inconsciente e o cérebro continua a ordenar e articular as informações aparentemente desconexas, muitos autores chamam esta fase de *caos*, devido à angústia residente nas pessoas.

- Aquecimento ou Antecipação. Quando começa a haver um sentimento de euforia e com a premonição que o problema está prestes a ser resolvido.

- Iluminação. A solução do problema surge é o termino da angústia.

- A verificação. Que é a confirmação da validade da solução, de sua efetividade.

No período de aquecimento, é fundamental que seja conhecido o funcionamento da mente criativa na busca da organização dos dados, nas suas articulações inconscientes em que está sendo gerada a solução, isto ocorre por meio da associação de idéias.

A associação de idéias é basicamente a soma da imaginação com a memória, os gregos já haviam estabelecido quatro leis para a associação de idéias: a contigüidade, a semelhança, a sucessão, e o contraste(Duailibi e Simonsen [6]).

A mente opera de acordo com as funções do cérebro humano, absorvendo as informações recebidas, retendo-as através da memória, criando por meio da visualização, julgando, analisando, comparando. No entanto, a educação de algumas sociedades têm a característica de bloquear o processo mental criativo desenvolvendo a prática de se utilizar apenas três partes das funções da mente(Duailibi e Simonsen [6]).

Muitas pessoas, nos cursos primários e secundários lembram-se de terem enfrentado provas e avaliações, apenas para a capacidade de absorção, retenção (memória), e julgamento eram validas. Disciplinas decorativas, ou provas de múltipla escolha. Agem como força bloqueadora da imaginação e criatividade.

Curiosamente Duailibi e Simonsen [6], faz referência a Ferdinand Porsche, como provavelmente o mais criativo projetista automotivo, devido as suas inovações, foi um dos primeiros a pensar em uma carroceria monobloco, entre outras idéias, e também um dos primeiros a conceber um carro simples e econômico que perdurou por décadas.

Algumas técnicas podem estimular a criatividade e a produção de soluções inovadoras, mas o conceito básico de quase todos estes processos, reside na técnica de adiar o julgamento para não cercear a produção criativa(Duailibi e Simonsen [6]): *Na hora de criar; criar. Na hora de julgar; julgar.*

- *Brainstorm* (Tempestade de idéias). O próprio nome já induz ao entendimento do que é a técnica, trata-se de uma técnica de reunião com pessoas interessadas na solução inovadora do problema, é característica a completa ausência de críticas e a técnica do julgamento adiado, enfaticamente não é permitido observações como: isto não vai dar certo, já foi tentado antes, ou sorrisos irônicos. Todas as idéias que surgirem serão anotadas, mas nunca serão julgadas na mesma hora.

- *Reverse Brainstorm* (Tempestade de idéias ao contrário). Seria realmente o inverso do *brainstorm*, trata-se de uma reunião com objetivo de encontrar defeitos nas idéias existentes, criticar o estabelecido, aqui é proibido defender, explicar ou justificar os defeitos apontados. Desta forma é possível gerar novas idéias em contraposição aos defeitos, ou aperfeiçoar aquilo que se julgava bom.

- *Synecticos.* É talvez a única técnica que não é baseada no julgamento adiado, criada por Bill Gordon é uma reunião de especialistas multidisciplinares, profundos conhecedores de cada um dos aspectos, envolvidos no problema, mas complementares uns aos outros. Funciona pelo princípio da associação de idéias aparentemente irrelevantes, que em um processo sinérgico de aproximações sucessivas por meio das participações de cada um no encaminhamento das soluções em suas especialidades.

- *Brainstorm individual.* É mesma técnica do *brainstorm*, porém é individual, mais do que uma técnica é uma atitude pessoal frente ao problema, exige treinamento e uma disciplina para ser desenvolvida nas pessoas.

- O Estudo dos Centro Criativos. Não é propriamente uma técnica, mas trata-se de um estudo para explicar porque em algumas épocas e locais específicos ocorre uma explosão criativa, alguns exemplos: a Paris do início do século, psicólogos em Viena, Matemáticos em Budapeste, ou ainda os humoristas e músicos no Rio de Janeiro na década de sessenta, e como implantar este ambiente nas empresas.

Kaminski [13] em sua análise sobre a criatividade afirma que é necessária em todas as atividades humanas, portanto também é imprescindível no desenvolvimento do produto, e pode ser desenvolvida individualmente, em grupos, ou sistematicamente nas empresas e entidades.

O processo criativo individual é desenvolvido através de um processo chamado de *Variação às escuras* e *Sobrevivência seletiva* (Kaminski [13]), ou seja, a partir de algumas informações iniciais, são formuladas algumas alternativas aleatórias das quais se aproveitam as mais viáveis, por exemplo:

- Combinação de elementos: é a aplicação deliberada de arranjos e combinações dos elementos do produto com forma de proposição de novas alternativas.

- Análises de características : é a análise de cada um dos atributos de um projeto de modo a evidenciar cada aspecto para ser modificado.

Outros processos são coletivos, como:

- *Brainstorm* (tempestade de idéias), que basicamente é uma reunião de interessados, onde idéias são geradas aleatoriamente e onde a crítica é feita posteriormente.

- Metódica Cinética – O processo é realizado por meio de uma reunião de pessoas que são estimuladas a abandonar o ponto de vista tradicional, a fim de obterem algo original com relação ao assunto abordado.

A primeira conclusão e talvez a mais importante é que a criação e o julgamento, nunca devem ser exercidos ao mesmo tempo, mas também existem outros fatores que bloqueiam o processo criativo (Duailibi e Simonsen [6]):

- A pressão para conformar-se, quando as novas idéias são sempre recebidas com temor e desconfiança, existe uma pressão auto-indulgente para o estabelecido.

- Atitudes em ambiente excessivamente autoritários, identificável no comportamento das pessoas em algumas empresas e ambientes sociais.

- Medo do ridículo, quando em alguns ambientes as pessoas desenvolvem um medo excessivo por correr riscos, ocorre onde os erros são inexoravelmente punidos, ou ridicularizados pelos colegas e superiores, desenvolve-se um processo que também é chamado de *apologia da omissão* caracterizado pela justificativa: *A minha parte eu fiz, o resto eu não quero nem saber.*

- Intolerância com atitudes mais joviais, em ambientes que exigem uma atitude séria e compenetrada.

- Excesso de ênfase nas recompensas e sucesso imediato, quando em alguns ambientes a eficácia é recompensada exageradamente, e é caracterizada pelo comportamento *heróico* de seus dirigentes.

- Busca excessiva da certeza, é também uma atitude muito parecida com o medo do ridículo, quando o ambiente induz a conclusão que é melhor não fazer nada do que tentar sem ter certeza.

- Hostilidade com a personalidade divergente, a sabedoria já nos ensinou que a oposição pode ser salutar, porque induz a repensar e a mudar, por mais irritante que possa parecer. É manifesta na atitude de muitos dirigentes.

- Falta de tempo para pensar, há ambientes que sobrecarregam excessivamente seus participantes como forma de eficiência.

- Rigidez nas organizações ocorre em ambientes excessivamente controlados por normas e procedimentos.

2.5.Gerenciamento de projetos.

Segundo Kaminski [13], o desenvolvimento de um produto é um conjunto de atividades envolvendo quase todos os departamentos da empresa, e têm como função transformar as necessidades requeridas pelo mercado em produtos e serviços economicamente viáveis. O processo de lançamento de um produto deve passar pelo planejamento de todas as fases da vida do produto: a partir de sua concepção, de sua produção, de sua apresentação ao mercado, de sua obsolescência e descarte.

O projeto é a principal atividade de quem desenvolve produtos (Kaminski [13]), a complexidade ou simplicidade de um desenvolvimento varia de acordo com complexidade ou simplicidade do produto, porém sempre estarão envolvidos fatores tecnológicos, econômicos, humanos e ambientais, variando a intensidade da importância de cada um destes fatores.

De uma maneira geral o processo de projeto apresenta as seguintes características:

- Identificação das necessidades : o produto deve ser uma resposta para uma necessidade utilitária, individual ou coletiva.

- Exeqüibilidade física: o produto deve factível de produção e distribuição no mercado.

- Viabilidade econômica : o produto deve ter para o cliente um valor igual ou menor que o serviço que se apresenta para desempenhar.

- Otimização: a escolha final do projeto deve ser a melhor entre as alternativas disponíveis.

- Critérios de projeto: deve ser o melhor equilíbrio conseguido pelo projetista com relação aos parâmetros do projeto.

- Sub Projetos: durante o desenvolvimento de um projeto surgem continuamente novos problemas que resultam em novos projetos ou sub projetos.

- Aumento da confiança: sendo o projeto basicamente um processo de planejamento, no decorrer do projeto a evolução deste planejamento resulta na passagem da incerteza para a certeza.

- Custo da Certeza: a busca da certeza têm custo que deve ser proporcional ou menor que o risco incorrido.

- Apresentação: representa a essência do projeto, o processo de comunicação deste planejamento, e assume várias formas: documentos, desenhos, modelações 3d, arte finalizações fotográficas, modelos maquetes e protótipos.

Os desenvolvimentos podem ser classificados em dois grandes grupos:

- Relacionados com o grau de evolução ou mudanças.

- Relacionados com abordagem adotada pelo projetista.

É também apresentada por Kaminski [13], a espiral de projetos que é uma forma de cronograma de controle, que se caracteriza pela apresentação da evolução do projeto na forma de aproximações sucessivas, que é como geralmente ocorre o processo.

Um projeto geralmente se desenvolve a partir de uma forma grosseira, envolvendo vários departamentos da empresa e vai convergindo para a definição completa, ou melhor, a resolução de todos os parâmetros, isto é apresentado em uma forma espiralar.

Um projeto pode ter a seguinte estrutura:

- 1ª fase – Estudo de Viabilidade.
- 2ª fase – Projeto Básico.
- 3ª fase – Projeto Executivo.
- 4ª fase – Planejamento da Produção/ Execução.
- 5ª fase – Planejamento da Disponibilização ao Cliente.
- 6ª fase – Planejamento do Consumo ou Utilização do Produto.
- 7ª fase – Planejamento do Abandono do Produto.

Em uma visão mais responsável em relação ao futuro, aborda a necessidade de planejar a obsolescência do produto, não tratado aqui com uma técnica incrementar o consumo forçado, muito produtos e instalações são substituídos não por desgaste, mas por obsolescência técnica, é necessário planejar e prever como estes materiais manufaturados estarão interferindo no meio ambiente depois do seu descarte (Kaminski [13]).

A gestão dos projetos embora seja tema de extensa literatura é abordada de forma sintética, por ser uma tarefa ligada à administração ela pode abordada pela classificação dos temas a serem administrados, ou seja: da integração, da tecnologia do produto, do tempo, dos custos, da qualidade do projeto, dos recursos humanos, do fluxo de informações, e dos suprimentos (Kaminski [13]).

Quanto à estrutura organizacional destinada a execução de projetos, pode ser de três formas: Estruturas Funcionais, por projetos e Estruturas Matriciais.

As estruturas funcionais representam a organização dos recursos por áreas de especialização, ou seja, em uma empresa automotiva poderiam estar organizados por carroceria, motor, transmissão, elétrica, segurança etc. e o projeto dividido pelas diversas áreas.

Nas estruturas organizadas por projetos os recursos são alocados por para desenvolver um projeto específico e as diversas especialidades atuam simultaneamente, mas dedicadas a um projeto, quando o projeto é concluído a estrutura é desfeita ou rearticulada para outro trabalho.

As estruturas matriciais são uma forma de integrar recursos trabalhando simultaneamente em vários projetos (Kaminski [13]), ou seja, devido à forma matricial é possível combinar em dois tipos de estruturas, desta forma as colunas podem se referir aos recursos: CAD, CAE Modelação, Prototipagem. E as linhas podem se referir às especializações.

O planejamento operacional é o processo para definição das atividades e alocação dos recursos necessários no tempo do desenvolvimento, e algumas etapas são apresentadas por Kaminski [13]:

- Definição das atividades.
- Seqüenciamento das atividades.
- Programação.
- Estimativas de duração.
- Elaboração de cronogramas.
- Determinação de caminho crítico.
- Previsão de recursos humanos, tecnológicos e financeiros.
- Determinação de pontos de controle.
- Critérios para avaliação dos resultados.

O aumento do porte, da complexidade técnica envolvida, da dependência de recursos técnicos, das crescentes pressões legais e contratuais, tornam necessários a inclusão de sistemas de qualidade nos departamentos de desenvolvimento, algumas técnicas

foram desenvolvidas com este objetivo de garantir a qualidade do trabalho. Uma das técnicas com maior utilidade refere-se a Confiabilidade de Estudos e Projetos, onde o *FMEA (Failure Modes e Effects Analysis)* é essencialmente uma ferramenta baseada em metodologia sistemática para evidenciar ainda durante o projeto, as probabilidades de falhas nos componentes do produto e ou projeto, e uma das mais úteis para garantir a efetividade dos produtos projetados (Kaminski [13]).

Outro aspecto apresentado por Kaminski [13], refere-se às questões do meio ambiente, a sociedade esta exigindo de maneira crescente ações de proteção ao meio ambiente e de preservação no futuro, motivando também as empresas a preocuparem-se com isto.

O mercado consumidor selecionando suas aquisições, a cobrança de instituições públicas e privadas com penalidades e multas, e o ganho financeiro resultante do aproveitamento dos descartes, estão pressionando as empresas a preocuparem-se cada vez mais com este aspecto. Em segundo plano as economias resultantes do melhor aproveitamento dos insumos como água, energia, a melhoria da imagem institucional, melhoria das relações com os órgãos governamentais, comunidades e grupos ambientalistas, aumento da contribuição marginal valorizando melhor os *Produtos verdes*, linhas de novos produtos para novos mercados e maior comprometimento do pessoal pela causa ambiental, são os fatores que estão tornando crescente a implementação de sistemas de qualidade de controle ambiental como, por exemplo, a Norma I S O 14.000 (Kaminski [13]).

3. MÉTODO PROPOSTO.

Não obstante existir farta literatura enfocando a metodologia de projetos, esta contribuição ao método é resultado de uma abordagem baseada, principalmente, na experiência do autor em seu trabalho, e procura considerar as limitações encontradas no dia a dia das empresas.

O autor considera que no cotidiano das empresas, os profissionais envolvidos nas atividades de desenvolvimento, muitas vezes pressionados por limitações de recursos, prazos e custos, são obrigados afastarem-se do rigor metodológico formal e tomar decisões emergenciais, comprometendo a qualidade do projeto, para poder cumprir com as tarefas dentro dos cronogramas estabelecidos.

Esta proposta procurou ponderar sobre os temas envolvidos na concepção de um produto automotivo, dividida sinteticamente em quatro linhas de ação: a definição do problema, a proposição de alternativas, a escolha da melhor alternativa e a execução do planejamento construtivo, portanto é constituída basicamente de quatro fases:

- Fase 1 - Pesquisa inicial.
- Fase 2 - Proposição de alternativas.
- Fase 3 - Definição de forma.
- Fase 4 - Desenvolvimento Executivo.

A figura 1, a seguir apresenta a estrutura geral desta proposta de método.

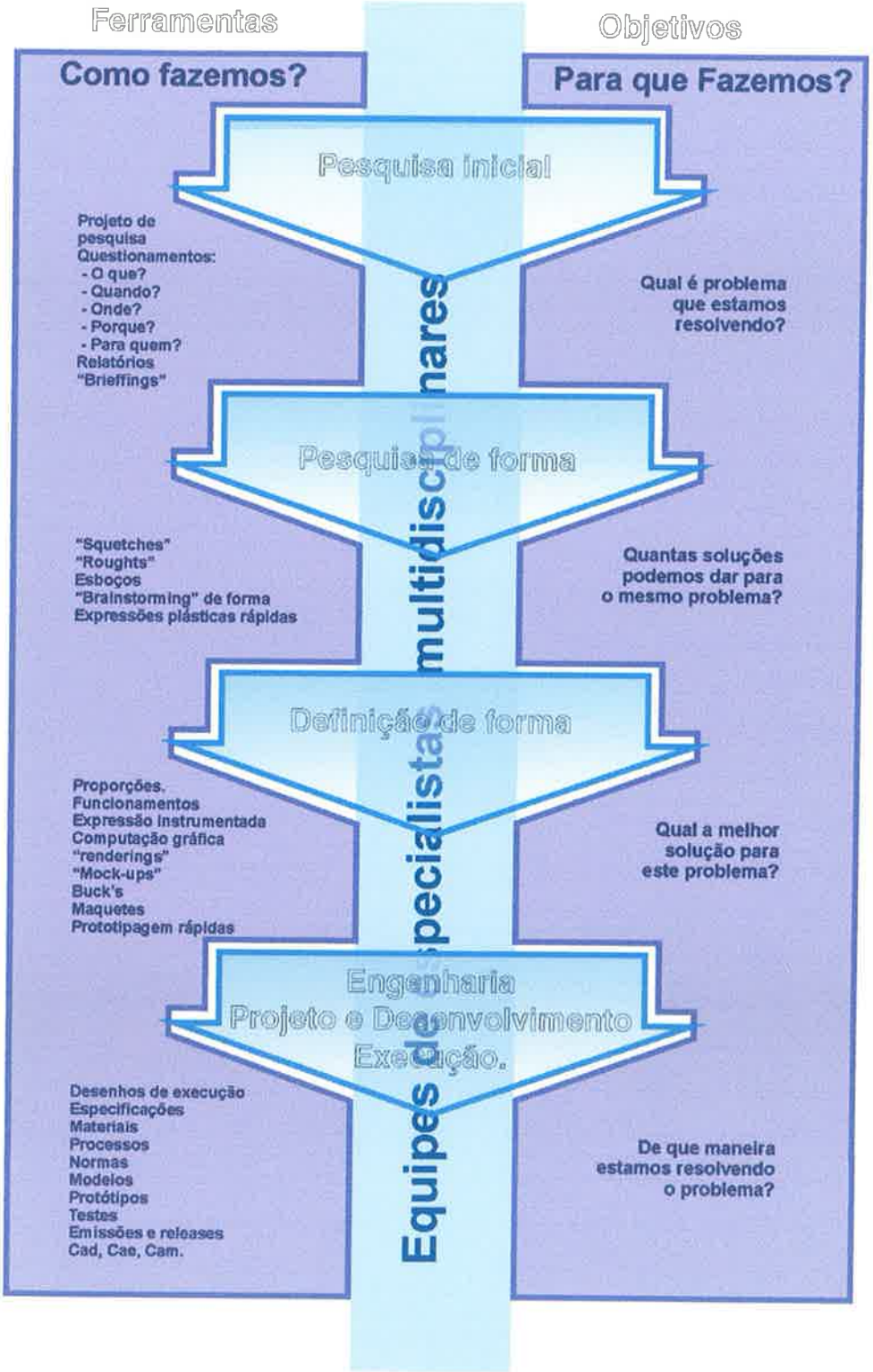

Figura 1 – Fluxo geral do Método Proposto.

3.1.Fase 1 - Pesquisa inicial.

A pesquisa inicial, neste caso, é a busca do conhecimento dos limitadores do projeto, que são os elementos que delimitam o problema de mobilidade que se está querendo resolver.

É intuito deste trabalho, que todas as fases sejam planejadas e formalizadas sob um critério metodológico, portanto faz parte deste escopo, que esta primeira fase seja conduzida por meio de um projeto de pesquisa. Nesta fase de pesquisa por tratar-se de uma busca de conhecimento os instrumentos para esta fase de trabalho podem ser:

- Projetos de Pesquisa.
- "Brieffings".
- Questionamentos.
- Relatórios.

3.1.1. Ferramentas – Projeto de Pesquisa e Matriz de Questionamento.

O projeto de pesquisa, nesta proposta de método, é um documento formal que contém o planejamento do levantamento dos elementos limitadores do projeto.

É intenção também, que o projeto de pesquisa inclua não somente, um questionamento proposto *à priori*, norteando a busca das respostas, mas também as especificações dos demais componentes da pesquisa, como por exemplo:

- Objetivos.
- Metodologia.
- Justificativas.
- Cronograma e orçamento.
- Objeto e hipóteses.
- Instrumento da pesquisa.

No entanto, muitas vezes nas empresas, as equipes de projeto têm dificuldades para elaborar um projeto de pesquisa formal e partem para a execução das propostas fundamentas em pressupostos, que muitas vezes são verdadeiros, mas não foram comprovados.

Tendo em vista a multiplicidade dos temas envolvidos na concepção do produto automotivo, este contexto de questões configura-se de forma complexa, portanto, não se trata de criar procedimentos rígidos que impeçam a margem de manobra para atender as contingências naturais que caracterizam os trabalhos de desenvolvimento, mas por outro lado, o que se propõe é uma abordagem metodológica, a apresentação de um procedimento, que se coloca como um caminho, com a finalidade de nortear o trabalho de concepção de um produto automotivo e levando a um método, o quanto possível prático.

Como parte integrante deste método é proposto o que se denominou de *Matriz de Questionamento* (Figura 2, a seguir), que tem a intenção, de identificar de forma dedutiva o questionamento.

Perguntas básicas	Porque?								
		Produção			Mercado			Meio	
Limitadores de projeto	Normas e legislação	Processos	Matérias primas	Cadeia de suprimento	Clientes	Usuários	Concorrência	Sócio Cultural	Ambiente
Dimensões									
Comprimento									
Largura									
Altura									
Profundidade									
Extensão									
Peso									
Área									

Figura 2 – Matriz de questionamento, vide matriz completa no Apêndice A.

Foram listados 39 itens qualificantes, que associados aos nove limitadores de projeto, e as seis perguntas básicas, poderão gerar, caso pertinentes, em cada uma das 1775 questões possíveis, as quais, caso respondido darão uma dimensão do problema que estará sendo resolvido.

Associação das questões básicas, com a os limitadores de projetos e os itens qualificantes, caso sejam pertinentes podem gerar uma questão, por exemplo, considere-se célula (1, 1):

Nesta célula estão associados: Por quê? , Normas e legislação, e Dimensões, gerando a seguinte questão:

Por quê a legislação estabelece estas dimensões?

Novos itens qualificantes poderão ser acrescentados ou substituídos em função do escopo dos projetos.

Por meio dela pode-se propor um questionamento de até 1775 perguntas.

Parafraseando Duailibi e Simonsen [6], quando diz que: *uma empresa é uma solução para um problema de mercado,* um produto automotivo é uma solução criativa para um problema de mobilidade, isto quer dizer, o produto automotivo deve ser uma proposta de solução para um problema identificado, real, existente.

Seja o projeto de um Fórmula Um, ou um veículo destinado à bater recordes de velocidade, ou resistência, vencer obstáculos em qualquer terreno ou em super rodovias, carregar produtos perigosos ou frágeis, ou ainda transportar minérios em terreno acidentado, um carro de combate blindado, são todas alternativas de problemas de mobilidade resolvidas por meio de uma solução veicular.

Embora acima estando exemplificado de forma genérica, a pesquisa deve se aprofundar para identificar o problema em detalhe, assim qualquer produto automotivo propõe soluções em um nível muito mais complexo, por exemplo: um implemento de terraplanagem além das características manobrabilidade, de potência e arraste de carga, também deve propor soluções viabilidade econômica e retorno de

investimento, ou respeito à regulamentação rodoviária ou mesmo de respeito a questões ambientais, entre outros.

Os conjuntos destes dados que estão sendo chamados de limitadores do projeto, porque impõem os limites para responder com soluções para a problemática levantada, foram listados quatro grande temas de questionamento:

- Limitadores relativos aos Requisitos Legais e Normas.
- Limitadores relativos aos Meios de Produção.
- Limitadores relativos ao Mercado.
- Limitadores relativos ao Meio Social e Ambiental.

3.1.2. Pesquisa Requisitos Legais e Normas Obrigatórias.

Trata-se da análise de cenários da legislação e Normas, é uma pesquisa sobre toda regulamentação e normas existentes para um dado produto industrial.

Todo produto industrial apresentado ao mercado interfere nos meios sociais, econômicos e ambientais, assumindo responsabilidades morais e legais sobre os impactos deste ato, desta forma as entidades normalizadoras e certificadoras exercem importância fundamental na determinação destes limites de responsabilidade, ou seja, o levantamento e análise da legislação bem como das normas obrigatórias para homologação deste tipo de produto nos mercados tem não só a missão de proteger as empresas de possíveis processos e punições, mas também e principalmente de definir direitos e responsabilidades.

Independentemente das responsabilidades éticas, morais, civis e criminais já existentes, no futuro da sociedade humana estão sendo previstas, crescentes exigências e implementações de novas normas e regulamentos para balizar o

comportamento dos produtos que são introduzidos no meio ambiente, social e cultural.

Já estão sendo implementadas legislações que estabelecem e obrigam os responsáveis pela produção dos bens a monitora-los durante toda a sua vida útil e até responsabilizando as empresas até o descarte.

É imperativo que as empresas produtoras tenham plena consciência destas imposições e responsabilidades sob o risco de sequer obter a homologação necessária para apresentar seus produtos aos clientes.

3.1.3. Pesquisa sobre a Produção.

Uma das funções do produto industrial é ser reproduzido industrialmente, portanto cumpre avaliar durante o projeto as disponibilidades existentes para que o produto seja factível na produção.

Trata-se da Análise de Cenários da Produção dos meios disponíveis para a construção dos produtos automotivos, considerando sua capacidade quantitativa (Volume de Produção), qualitativa e a disponibilidade tecnológica local.

3.1.3.1. Análise de Cenários de Processos.

Trata-se de uma pesquisa sobre as alternativas de processos de produção para um dado produto, naturalmente existirão inúmeras maneiras de se obter um produto por meio de produção industrial, e os engenheiros de produção também irão aplicar à solução desta problemática, no entanto é aconselhável que desde o início do projeto já se tenha em vista este aspecto que é parte importante da problemática de desenvolvimento de um produto factível industrialmente.

Uma busca nos repertórios da Engenharia de Produção e Materiais, integrando às equipes multidisciplinares engenheiros e técnicos especialistas nos processos.

Muitas formas são criadas reproduzindo formas tradicionais que foram desenvolvidas para a produção artística ou artesanal, ou seja, inadequadas para a máquina, levando os equipamentos a um esforço extra e custoso na sua reprodução.

Muitas vezes, o objetivo de agregar aos objetos industriais formas peculiares da maestria artesanal resulta em uma apresentação patética de produtos mal acabados e de baixa qualidade, deixando claro ao consumidor a tentativa frustrada de agregar sofisticação ao produto.

A determinação dos processos produtivos factíveis e adequados à tecnologia disponível é imperativa para garantir a qualidade e a produtividade, mas também é imperativa para a inserção social e estética dos produtos nos mercados.

3.1.3.2.Análise de cenários de matérias-primas.

Neste contexto, igualmente à Análise de Cenários de Processos, trata-se de uma pesquisa sobre a disponibilidade de matérias-primas, uma busca no repertório da Engenharia de Materiais, como forma viabilizar a produção industrial em uma dada região geográfica.

A produção industrial tem como característica a multiplicação dos objetos de forma a torna-los acessíveis para grandes parcelas da população.

É notório que este consumo de matérias-primas, tem causado fortes impactos ambientais e sócios econômicos.

A especificação correta de matérias-primas e o levantamento dos materiais disponíveis adequados aos requisitos do produto, considerando sua disponibilidade no mercado ou de desenvolvimento, características de resistência mecânica e

química, características de manuseio e armazenamento, preços e condições de pagamento, logística de fornecimento, etc. bem como, e principalmente, sua reciclagem e manejo extrativo, são também fundamentais para garantir a permanência dos produtos no mercado.

3.1.3.3.Análise de cenários da cadeia de suprimento.

Outro contexto importante no processo de fabricação é a análise de cenários de fornecedores. Trata-se da pesquisa das disponibilidades de suprimentos de componentes e sistemas em uma dada região geográfica, considerando todos os seus aspectos: custos, qualidade logística, serviços, etc.

Como foi dita anteriormente, a indústria automotiva transformou-se na mais forte influência econômica da sociedade do século XX e provavelmente no início deste novo século, em função disto foram criados sistemas de atendimento a produção que não eram necessários anteriormente.

Criou-se a cadeia automotiva, que desenvolveu regras e responsabilidades conjuntas na manutenção da cadência produtiva de todo um sistema econômico.

Em função destas demandas, outros sistemas produtivos foram chamados à agregarem-se a cadeia, desta forma usinas de aço e produtores de outras matérias-primas criaram materiais adequados ao uso e à produtividade deste sistema, novos processos foram desenvolvidos especificamente para atender a cadência e aos volumes de produção requeridos.

A competitividade estabelecida após a crise do petróleo, bem como com a proliferação dos investimentos na produção automobilística em todo o mundo, gerou novos sistemas de administração enxuta, que requerem um entrosamento perfeito do que é chamado de cadeia automotiva.

Os sistemas *Just in Time* e *Just in Sequence* transformaram os processos de produção que antes estavam restritos ao âmbito de uma única instalação fabril, em um sistema de produção complexo que pode abranger plantas fabris em vários países do mundo simultaneamente.

Em tempos idos, as empresas montadoras detinham sob segredo interno suas tecnologias de produtos, normas e procedimentos, porém neste processo, estes fornecedores transformaram-se em responsáveis pela produção e entrega de sistemas completos de componentes, e principalmente com o advento do paradigma da Qualidade Total tomaram-se responsáveis exclusivos pela qualidade, desta forma desenvolveram também suas próprias tecnologias de produtos e processos, e hoje são chamados, em processos denominados: *co-design*, para participar desde o início da concepção com projetos de sistemas que se integram e definem os novos veículos. Neste caso houve uma radical mudança de paradigmas.

A exemplo do que foi dito sobre o consumo de matérias e pelas mesmas razões a identificação de fornecedores potenciais para os diversos sistemas de componentes, sua localização, seus produtos, a logística necessária para atendimento da produção, seus preços e condições de fornecimento, são determinantes para a manutenção da produtividade da cadeia produtiva.

Durante as reuniões denominadas *Techinical Review* é enfatizado que sistemistas e fornecedores em seus procedimentos de desenvolvimento, também necessitam atender aos métodos de desenvolvimento de produto, desenvolvidos pelas grandes montadoras (*OEMs – Original Equipment Manufacture),* como por exemplo: o *Four fase* da General Motors, comparativamente aos da Ford, Volkswagen, entre outros. E avaliando sua aplicação aos pequenos construtores, adaptadores, sistemistas e autopeças em suas necessidades de desenvolvimento de produtos.

O conceito de *Co-design* está exigindo dos fornecedores propostas de componentes que apresentem simultaneamente reduções de custo e melhoras de desempenho. Em um novo paradigma onde a autopeças, passa de fornecedor de *mão de obra e matéria-prima agregada em uma peça*, para fornecedor de *soluções de Desenho de*

Concepção de Produto e Engenharia de Produto. Sendo chamados desde as primeiras fases de desenvolvimento, para participar com propostas técnicas competitivas, e caso não respondam são excluídos do processo e da cadeia automotiva.

É também enfatizado durante os *"Techinical Review"* e os pronunciamentos de diretores de OEMs durante os seminários e eventos, promovidos por entidades de calasse, que os fornecedores transformam-se de especialistas em processos de fabricação, estamparia, injeção de plástico, borrachas, fundidos, entre outros, maldosamente apelidados no meio automotivo de *bate latas, plastiqueiros, borracheiros,* para especialistas em produtos e componentes (fabricantes de para choques, consoles, interiores, assentos, entre outros.); de fornecedores de componentes para fornecedores de sistemas funcionais completos (sistemistas).

Será que: As empresas de autopeças nacionais, normalmente médias e pequenas, estão preparadas com métodos, sistemas e conhecimento para dar estas respostas?

Os procedimentos de desenvolvimento de produtos, exigidos pelos grandes montadores e sistemistas são adequados às empresas de autopeças nacionais? Ou as autopeças estarão mesmo condenadas à exclusão da cadeia de fornecimento automotivo?

3.1.4. Pesquisa sobre Mercado.

Outra função do produto industrial, em face de sua produtividade, é atender às exigências do mercado, conforme Kaminski [13] o consumidor, ou usuário, só esta disposto a desembolsar por um produto, se o valor for igual ou superior ao valor do serviço que este produto presta.

Cumpre, portanto, conceber produtos factíveis de venda e distribuição, viabilizando os objetivos estratégicos das empresas.

3.1.4.1.Análise de Cenários de Clientes e Usuários.

Nesta fase, trata-se da pesquisa das aspirações e exigências dos clientes e usuários, ou seja, o que clientes e usuários desejam do produto automotivo.

Os clientes e usuários: Quem são eles? Quais são as necessidades dos clientes? Quais as expectativas dos usuários? O que transportam? Qual a demanda de produtos? etc.

O conhecimento destes limitadores é fundamental para realizar o retorno dos investimentos e conseqüentemente garantir confiança dos investidores e a perenidade do empreendimento.

O objetivo de toda empresa em uma sociedade capitalista é realizar lucro, crescimento e perpetuação(Goetsch [10]), portanto isto apresenta o conceito de que uma das funções do produto industrial é realizar o lucro, o crescimento e a perpetuação da empresa.

A empresa é por si uma solução criativa para um problema, (Duailibi e Simonsen [6]), seja solucionando um problema de demanda de uso e consumo, seja solucionando um problema de subsistência de uma população com a geração de trabalho e emprego.

As funções de marketing deixaram faz muito tempo de ser meios enganosos de forçar o consumo de produtos desnecessários, a aceitação global do conceito do "Marketing Voltado ao Cliente" Goetsch [14], demonstrou inequivocamente a eficácia da estratégia de colocar no mercado produtos certos, ao preço certo, no local certo, no tempo certo, adequadamente divulgados, transforma a análise e levantamento dos requisitos exigidos pelos clientes como peça fundamental para o sucesso dos produtos.

Com a competitividade, o comportamento de consumidores e usuários, anteriormente submissos às estratégias dos produtores mudou, e agora são muito mais exigentes, não aceitando menos que a qualidade total, lançamentos que antecipam a introdução

de novas tecnologias e multiplicando as opções de modelos a disposição, provocando uma verdadeira guerra de redução de preços da ordem de 15% ao ano, e melhoria de qualidade e desempenho.

3.1.4.2.Análise de Cenários da Concorrência.

Nesta fase são feitas a identificação dos concorrentes no mercado, suas estratégias de marketing, vendas, serviços e distribuição, seus produtos, seus preços e condições, bem como a identificação do *Benchmarking* [2] deste mercado. Isto vai determinar as qualidades competitivas do que está sendo criado.

Os investimentos feitos na indústria automotiva mundialmente, a partir da década de cinqüenta, e o advento da crise do petróleo projetando a produtividade da indústria oriental e o processo de globalização do comercio resultaram em um excesso de produção da ordem conhecida de 25 milhões de veículos que podem ser produzidos, mas que não conseguem lugar no mercado (*MIT Massachusetts Institute of Technologie*). Decretando uma competitividade nunca antes vista.

Conhecer as estratégias dos concorrentes, e antecipar-se com ações efetivas são determinantes para a sobrevivência.

3.1.5. Análise de cenários de Meio Ambiente e Meio Social.

Como já foi enfatizado anteriormente neste mesmo texto, todo objeto inserido no contexto social e ambiental, exerce influência na mudança de hábitos e costumes, e até no comportamento das pessoas, a introdução nestes contextos de novos produtos com seus fins utilitários e estéticos culturais introduz novos hábitos em um meio social.

Nota [2] – "Benchmarking" é o produto ou empresa melhor situado no mercado.

A produção industrial, por si só, propõe a industria como meio de comunicação de massa (Munari [19]) a massificação dos objetos produzida industrialmente em grandes séries atua como meio de informação para as populações, apresenta ao meio social novos usos e costumes.

Acredita-se, que um objeto como, por exemplo, uma embalagem de *Coca Cola*, traz consigo não somente o conteúdo de refrigerante, mas o simbolismo de outros valores e de uma outra maneira de viver (por exemplo: *American Way of Life*), positivo ou não, é uma interferência na vida das pessoas e interfere em suas culturas regionais.

Por outro lado a indústria se apresenta para a sociedade, como uma maneira de produzir utensílios em grandes quantidades e baixo custo, tornando estes confortos acessíveis para grandes parcelas da população, este é um benefício que não se pode negar e que, com certeza, fez o sucesso desta sociedade industrial.

O sistema de produção industrializada, realmente melhorou a qualidade de vida de grandes populações, democratizou e derrubou muitos privilégios.

No entanto, a transformação em grandes quantidades de matérias-primas, resulta em grande impacto ao meio ambiente, a produção industrial agrega em seus custos um componente de consumo de energia muito grande.

A extração e manejo massivo de matérias-primas, resulta em alterações com forte impacto ambiental.

A simples introdução em grande escala de objetos no espaço físico, simplesmente ocupando lugar no espaço, provoca interferência em populações urbanas com alta concentração, por exemplo, os congestionamentos nas grandes cidades geram, poluição, estresse, e baixa qualidade de vida. Em muitos países as dificuldades de estacionamento proíbem o uso do transporte individual nos centros urbanos.

Se aplicarmos estas considerações ao produto automobilístico, que no século XX foi chamado de *A máquina que mudou o mundo*, (Womack [21]), entende-se o alcance da responsabilidade que os produtores devem assumir em face destes aspectos.

Tratando-se de produto automotivo todas estas considerações devem ser ampliadas, independentemente das obrigações legais e normativas apresentadas no parágrafo Pesquisa Requisitos Legais e Normas Obrigatórias. Nesta fase, estes aspectos são apresentados sobre o prisma da responsabilidade ética e moral, razão pela qual aqui esta sendo enfatizada como estudo a parte.

3.2.Fase 2- Proposição de alternativas.

O objetivo básico desta fase é responder a pergunta: De quantas maneiras pode-se resolver este problema? Isto parte do conceito que a forma é conseqüência da função, e que forma é a solução do que se espera, no parágrafo anterior foi dito que ao menos uma solução surge ao constatar-se o problema, agora se trata de produzir e analisar outras propostas de solução para o mesmo problema enunciado, encontrar não apenas uma solução, mas procurar a melhor.

Normalmente, usam-se de métodos de estímulo a criatividade, e por meio de expressões plásticas rápidas, são produzidos criticamente alternativas para o mesmo problema. Nesta fase, a comunicação é eminentemente plástica expressiva, geralmente *Roughts* e *sketches* rápidos são utilizados para comunicar expressar os conceitos. Maquetes, modelos virtuais, e sólidos também podem ser usados.

3.2.1. Pesquisa de forma.

Por meio de ilustrações, manuais ("sketches") ou eletrônicas (figuras 3 e 4). Devem ser apresentadas várias alternativas de forma e função respeitadas os limitadores da pesquisa inicial, para a discussão das equipes multidisciplinares envolvidas no desenvolvimento do novo produto.

Não existe nenhuma outra maneira de informar ou expressar a forma senão meios de expressão plástica, o desenho, a expressão virtual, a escultura, a modelação, entre outras. É definitivamente inviável comunicar a forma através de palavras, é impossível descrever a forma, portanto é necessário que estes estudos sejam apoiados em comunicações plásticas.

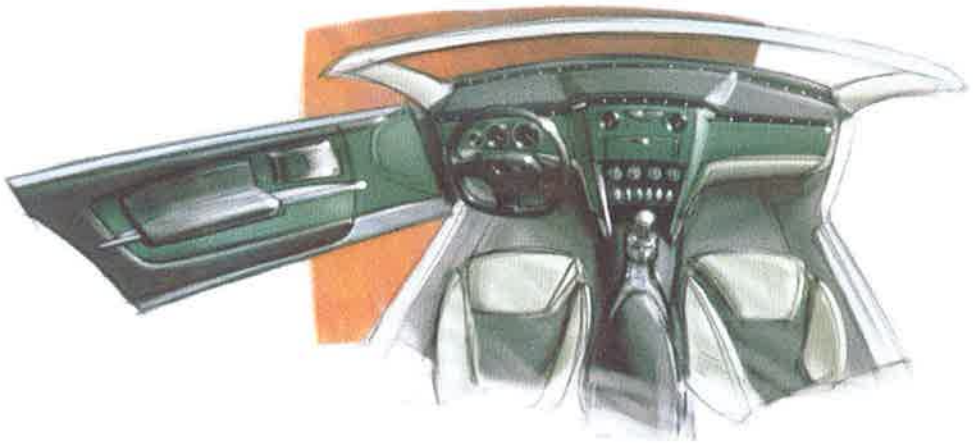

Figura 3 - "sketches" rápidos, Auto & Design [2].

Existe um teste, uma brincadeira comum nas escolas de artes, que consiste no seguinte: apresenta-se para um grupo um objeto e pede-se que seja redigida uma descrição do que é visto, leva-se esta descrição para outro grupo que não conhece o objeto e pede-se que estes desenhem o que estão lendo, invariavelmente surgem uma profusão de formas de objetos.

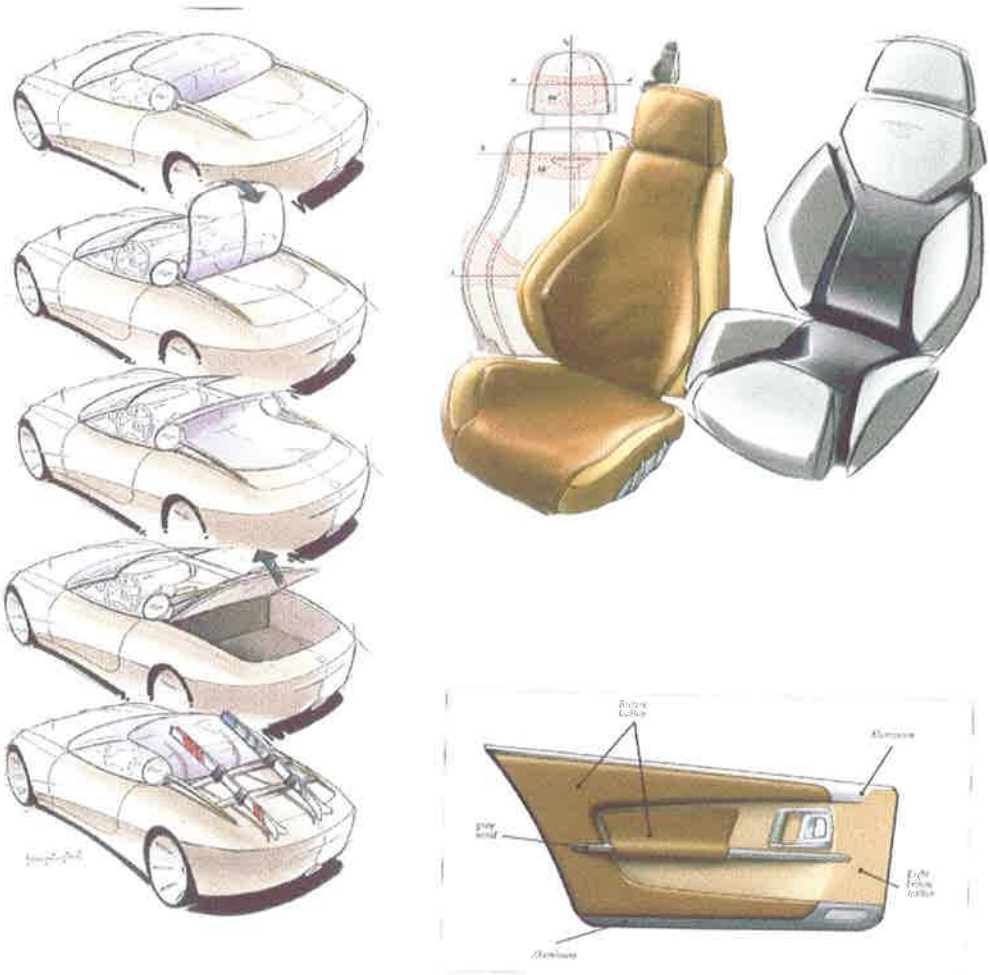

Figura 4 - "Sketches" rápidos, Auto & Design [2].

Este debate dos *sketches* tem a tarefa de apresentar uma série de propostas, de formas e funções respeitados as pesquisas do módulo anterior para seleção e escolha, nesta tarefa, de uma ou de uma composição de propostas, para orientar a definição de forma estudo de otimização da relação entre volumes e massas, sua influência no comportamento dinâmico do veículo.

Nesta etapa, métodos de estímulo a criatividade como, por exemplo:

- *Brainstorm* (Tempestade de idéias).
- *Reverse brainstorm* (tempestade de idéias ao contrário, tempestade de críticas).

- *Synecticos* (Bil Gordon: Associação de idéias aparentemente irrelevantes buscando a seleção pela qualidade).

- *Brainstorm* individual, técnica criativa individual pelo método do julgamento adiado.

- Centros criativos, muitas vezes de maneira aparentemente inexplicável em algumas épocas e em alguns lugares ocorrem uma explosão criativa, por exemplo: a Itália da Renascença, a Paris da *Belle Epoque*, Matemáticos em Budapest, Humoristas em Ipanema, etc. Que conjuntos de condições propiciaram estes acontecimentos? É possível repeti-lo no ambiente da empresa ou da equipe de desenvolvimento? E outras técnicas que descritas na relação de temas pertinentes devem ser amplamente utilizadas para buscar diversidade de soluções.

Uma das maneiras de se obter alternativas é a proposta, por meio das perguntas técnicas Duailibi e Simonsen [6], para identificar o que aconteceria com a proposta inicial se :

- Utilizada de maneira diferente.
- Ampliada.
- Adaptada.
- Reduzida.
- Dividida.
- Eliminada.
- Multiplicada.
- Substituída.
- Rearranjada.
- Invertida.
- Combinada.
- Deixada como estava.

Certamente ter-se-ia uma profusão de propostas que seriam selecionadas na fase posterior.

Inspirada na *Régua Heurística©*, apresentada no livro *Criatividade & Marketing*, de Duailibi e Simonsen [6], e ilustrada abaixo, como parte integrante desta proposta metodológica, foi criada o que foi chamada de Roda de Alternativas, Figura 5, ou seja, um método baseado na associação da Matriz de Questionamento (figura 1), com as questões técnicas.

Compõe-se de quatro discos concêntricos, que giram independentemente e se alinham as questões implícitas da Matriz de Questionamento, com as questões técnicas, estimulando respostas às proposições resultantes, enfim, estimulam a criatividade.

O disco giratório central contém as questões básicas: *O quê?, Como?, Como?, Por quê?, Onde?* O disco giratório 2 contém os limitadores da concepção automotiva. O disco giratório 3 contém as questões técnicas que estimulam a criatividade: reduzir, ampliar, somar, dividir, combinar, rearranjar. E o disco externo ou base, contém os itens ou fatores qualificantes.

Girando e alinhados os discos, propõem e desafiam para as respostas para as soluções, produzindo uma coleção de alternativas, que quando pertinentes produzem uma série de propostas.

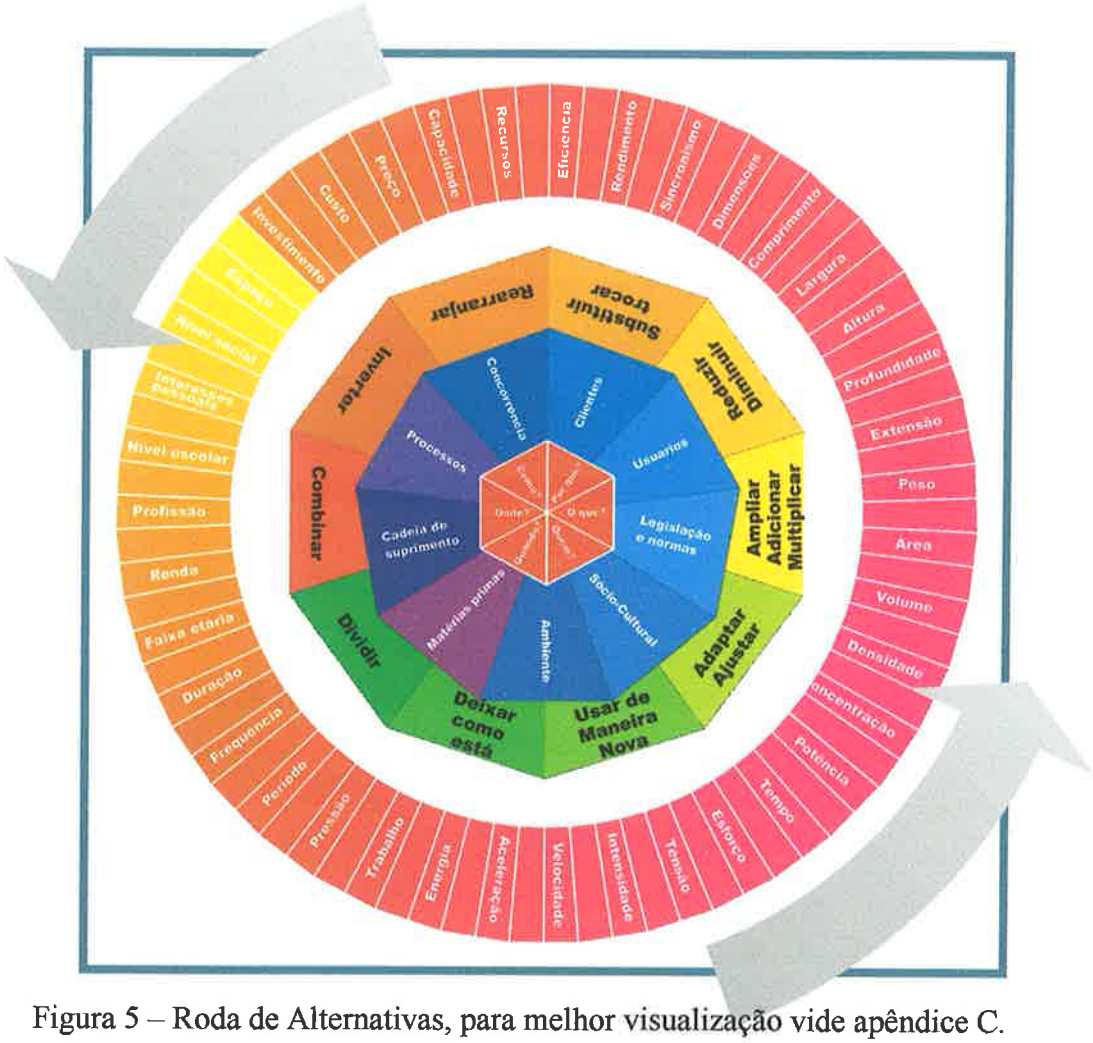

Figura 5 – Roda de Alternativas, para melhor visualização vide apêndice C.

3.2.2. Primeira Clínica.

As clínicas são eventos promovidos com a intenção de validar as idéias entre os formadores de opinião e os tomadores de decisão.

Estas seleções e escolhas devem ser feitas pelos tomadores de decisão e formadores de opinião das equipes envolvidas e ou interessadas no produto, por meio de critérios objetivos e definidos no memorial descritivo.

Estes eventos podem ser desde simples reuniões na empresa, até eventos grandiosos em que os formadores de opinião são escolhidos e convidados a se hospedarem em

hotéis fora do ambiente da empresa, com atrações e diversões e os produtos são apresentados e são colhidas as opiniões (*Off-site*).

Diretores, gerentes, clientes importantes, concessionários, distribuidores, representantes, jornalistas, são estimulados para fazerem críticas e conseqüentemente sugestões.

Este também é um método de pesquisa de opinião, e deve ter a sua metodologia sistemática para que tenha representatividade verdadeira. São necessárias técnicas de condução durante as reuniões, coleta e tabulação sistemática das opiniões.

Poderá ser utilizado o método da Matriz de Decisão, também, apresentado por Kaminski [13], coloca-se como perfeitamente adequado nestes casos.

Estes eventos podem ocorrer em todas as fases do desenvolvimento, como forma de incrementar a participação dos formadores de opinião nos resultados do projeto, e dependendo da fase de desenvolvimento podem ser levadas para apresentação desde *sketches* sumários, até protótipos representativos, *mock-ups*, maquetes e modelos, sempre com a melhor intenção de representar as idéias em julgamento.

3.3.Terceira Fase - Definição de Forma.

Esta é a fase para definir o conceito do novo produto, é composta das seguintes tarefas:

- Estudo de organização de volumes e massas e dinâmica veicular.
- Estudo de fatores humanos e ergonomia.
- Segunda clínica.

A partir da forma escolhida na tarefa anterior, o trabalho passa a ser desenvolvido com parâmetros dimensionais e poderá ser executado utilizando meios técnicos de expressão plástica.

As ferramentas são técnico-expressivas com proporções e escalas. Podem ser utilizadas: projeções técnicas (ortogonais, axonométricas, oblíquas e cônicas), Expressões virtuais, modelações 3D, *renderizações* e animações virtuais, maquetes, modelos, *bucks* e *mock-ups*, de forma a definir soluções e dimensões gerais bem como relações funcionais do produto para simular e apresentar as propostas de planejamento dos espaços, volumes, massas, movimentos funcionais do objeto.

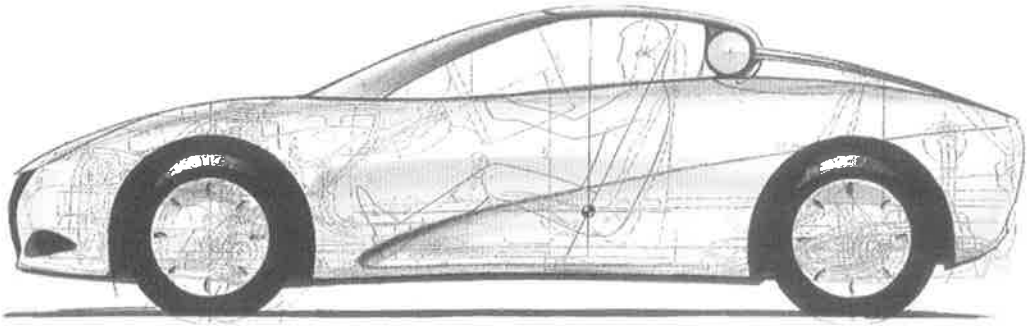

Figura 6 – Exemplo de estudo organização de volumes e massas.

3.3.1. Estudos de organização de volumes e massas e dinâmica veicular.

Os estudos de otimização da relação de massa e volumes (figura 6) tem um papel fundamental para determinar o comportamento estático e dinâmico do produto, considerando-se que o produto automotivo só tem sentido quando em movimento. As forças inerciais determinam o conceito dos produtos automotivos e tem por objetivo encontrar a princípio, a melhor forma para redução de peso, com o melhor comportamento dinâmico e resistência mecânica.

Destes estudos serão obtidas, as dimensões gerais de comprimento, centro de gravidade, larguras e alturas, bitolas, entre eixos, peso e massa. Antecipando-se as tarefas da Engenharia de Produto de Análise Estrutural que serão executadas com

maior rigor nas fases de desenvolvimento de executivo do produto, de forma a definir soluções e dimensões gerais bem como as relações funcionais do produto.

Igualmente é necessário levar estes estudos aos sistemas de componentes. É imperativo que equipes multidisciplinares, envolvendo todos os participantes, incluindo a presença de fornecedores, executem nesta etapa a definição de forma dos conjuntos de todos os sistemas de componentes: carroceria, chassi, conjunto propulsor, suspensão freios, acabamentos, e outras. Para que este trabalho não tenha que ser revisto em etapas posteriores, muitas vezes com risco de alterar os conceitos definidos.

É feita uma análise crítica que seleciona entre as quantidades anteriores de soluções (idéias), excluindo as inadequadas, anexando novas, somando as boas idéias, enfim consolidando uma ou algumas idéias das melhores para a execução.

Nesta terceira fase, inicia-se a execução do planejamento da proposta, são analisadas as proporções, organizam-se os espaços, volumes e as massas do produto, para torna-lo factível aos processos de fabricação, ao mercado, e aos impactos nos meios ambiente, econômico e social, são abordados com mais ênfase, e principalmente a adequação utilitária das propostas aos problemas enunciados nas pesquisas iniciais.

A comunicação é eminentemente técnico-expressiva, atingindo níveis de pragmatismo das linguagens utilizadas. As formas devem ser apresentadas em suas proporções reais, as soluções utilitárias devem ser testadas e apresentadas funcionalmente, mas ainda não são necessárias as informações executivas, ou seja, para a construção dos objetos.

Nesta ocasião, é planejado o funcional utilitário da proposta, e não ainda o planejamento construtivo ou como vai ser produzido o produto.

3.3.2. Análise de Fatores Humanos e Ergonomia.

Nesta fase é feito o estudo da adequação do produto ao homem, a relação homem-máquina.

Como parte integrante deste método, cumpre enfatizar a importância desta abordagem, refere-se ao veículo, como uma ferramenta, um instrumento, que é a interface entre o ser humano e o seu desempenho para a mobilidade.

Não importa a complexidade ou a grandiosidade do objeto que está sendo projetado, seja ele um lápis que amplia a capacidade de comunicação do homem, um archote que amplia a capacidade do homem enxergar na escuridão, ou um jato supersônico, um super computador ou um porta-aviões, todos são objetos ferramentas, dispositivos e equipamentos que dão ao homem capacidades acima de seu corpo poderia executar, Mc Cormick e Sanders [18].

O objetivo deste estudo é discutir a metodologia de projeto, entendendo que o produto automotivo seja um instrumento para ampliar as capacidades humanas.

Embora este enfoque seja aparentemente claro, não é pratica usual nos Estúdios de Desenho de Concepção de Produto e Departamentos de Engenharia, que não priorizam adequadamente destes estudos.

Normalmente durante o projeto, são tomadas decisões fundamentadas em pressupostos adquiridos sem critério científico, ou baseados nos modelos anteriores.

Resultando em casos que se encontram cotidianamente:

- Painéis de instrumentos com informações conjuntas com interação simultânea dificultada.

- Assentos de veículos, com projeto estático, ou seja, não considerando a relação dinâmica do veículo e do corpo humano.

- Rebarbas nas áreas internas e externas da carroceria que podem causar ferimentos a mecânicos, transeuntes e lavadores de auto.

- Desenho de rodas de veículos que são difíceis de limpar.

- Pneus de reserva mal posicionados de difícil manuseio.

- Falta padronização de signos (glifos) comandos elétricos.

- Padronização de medidas internas dos veículos.

- Transmissões manuais com diferentes posições na seqüência de marcha.

- Escalas de medidas nos instrumentos sem as respectivas unidades.

- Padronizar cores para dutos nos veículos.

O Desenho de Concepção de Produto, a Engenharia, a Arquitetura, enfim todas as disciplinas de projeto, têm se empenhado mais na resolução do desempenho do equipamento, ou seja, a outra interface do objeto. Talvez porque esta interface seja mais algorítmica e com problemas objetivos, enquanto as questões referentes ao desempenho relacionado ao ser humano parecem ser mais subjetivas, quase todos sabem quantificar fenômenos como velocidade ou aceleração de um automóvel, durabilidade etc. Mas fica mais difícil quantificar o grau de conforto do operador entre dois sistemas.

No entanto, aparentemente os veículos são confortáveis, estofamentos, tecidos e ar condicionado. Dando a impressão que existe uma sofisticação e conforto agregados ao produto (figuras 7 e 8), no entanto constata-se que em uma viagem de algumas horas, torna-se necessário várias paradas para descanso, para esticar as pernas, como se expressam os motoristas.

Figura 7 - Posto de comando (Cockpit) de veículo de luxo aparentemente confortável, Auto & Design [2].

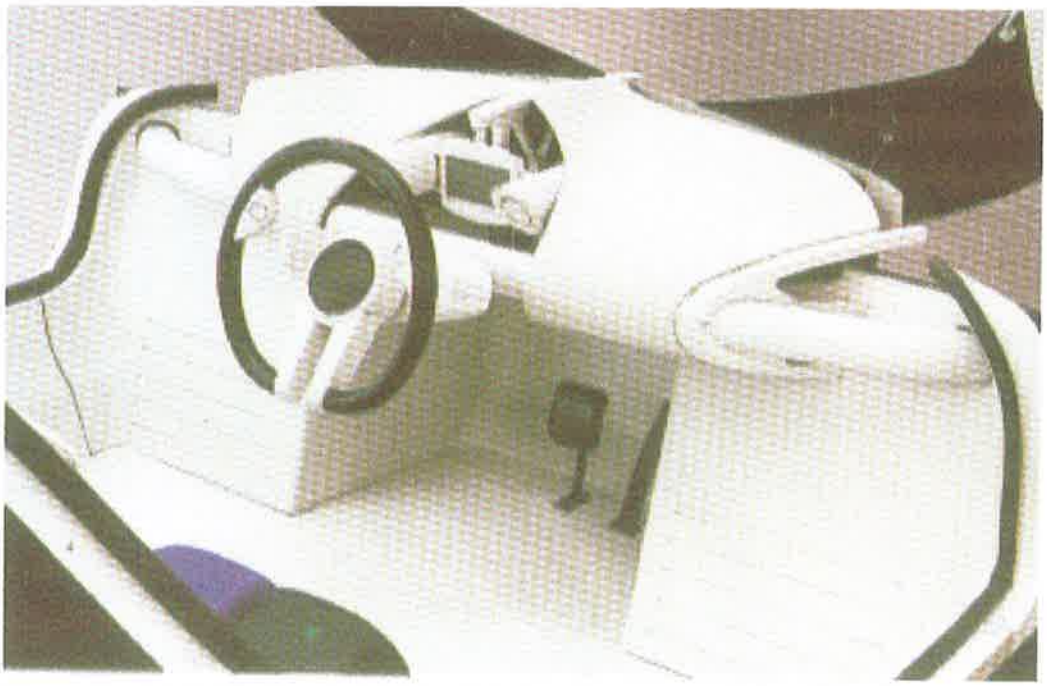

Figura 8 – Exemplo de um modelo para estudo ergonométrico ("Seating Buck") para posto de comando monoposto central, Auto & Design [2].

Esta fadiga é muitas vezes responsável, pelo estresse que provoca erros e acidentes em longas viagens, esta tarefa está aqui incluída para enfatizar esta necessidade na

concepção do produto automotivo.

As ferramentas que devem ser usadas neste caso incluem as modelações e simulações eletrônicas, mas também os *seating bucks* (figuras 8, 9 e 10) e *mock-ups* e *bucks* para teste de conforto e antropometria.

Figura 9 – Exemplo de modelo para estudo ergonométrico ("Seating buck"), Auto & Design [2].

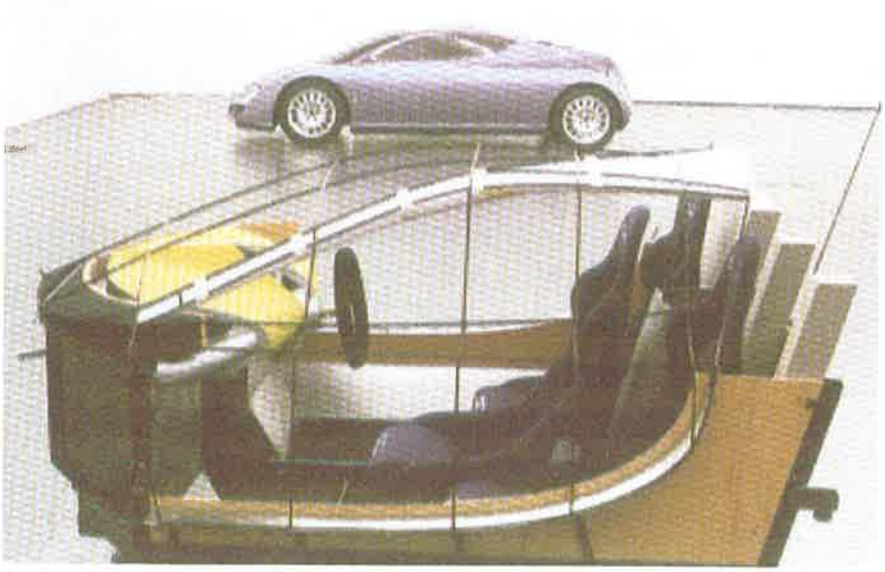

Figura 10 – Exemplo de modelo para estudo ergonométrico ("Seating buck"), Auto & Design [2].

O resultado desta terceira etapa seria um anteprojeto do produto.

3.3.3. Segunda Clínica.

Trata-se do mesmo procedimento descrito na primeira clínica, portanto é desnecessário descrevê-lo novamente.

Finalmente, mas não por último, porque, como foi dito estas etapas podem ser executadas simultânea ou matricialmente por equipes multidisciplinares, chega-se à fase do planejamento de execução.

3.4. Quarta Fase - Desenvolvimento Executivo.

O objetivo básico desta fase é responder: De que maneira resolve-se o problema?

E as ferramentas para esta fase são:

- Desenhos executivos em 2d e 3d.
- Protótipos.
- Especificações de materiais e testes.
- Testes.
- Normas.
- Emissões *e releases.*
- Modelos padrões e virtuais.

As comunicações tornam-se eminentemente técnicas, devem ser precisas e específicas, todas as informações executivas devem estar presentes, desenhos detalhados, simulações de comportamento, especificações de materiais, de testes, planos detalhados de como vão ser executados, produzidos e transportados.

Nesta fase, os investimentos no desenvolvimento são maiores e concentrados, e conseqüentemente não devem ser desperdiçados com inadequações resultantes de imprecisões das fases anteriores.

As correções de problemas que não foram detectados nas fases iniciais de projeto são enormemente custosas nas fases posteriores, correções em moldes, ferramentais e meios de produção são muito mais dispendiosos e demorados do que nas fases iniciais quando ainda os investimentos não eram consistentes.

Observa-se que aplicação de metodologia e recursos adequados evitam custos enormes, sejam na correção, mas também devido ao planejamento adequado dos meios de produção, venda e distribuição dos produtos, ou mesmo atrasos desastrosos nos lançamentos.

Esta fase é executada em três tarefas:

- Documentação Executiva
- Testes.
- Homologações e aprovações.

3.4.1. Documentação Executiva.

Nesta etapa são elaborados todos os documentos que definem como vai ser construído o produto.

Em tempos passados, antes do advento da microinformática e dos sistemas de CAD, esta tarefa era executada nos chamadas *Salas de Desenho*, muitas vezes também chamadas de *Salas de Engenharia* ou de *Engenharia* simplesmente, tal era a importância que esta tarefa representava para o desenvolvimento, que chegava a confundir-se com a própria Engenharia como um todo, muitas pessoas leigas chegam

a entender que o *Desenho Técnico* era a própria Engenharia, desconhecendo a amplitude da atuação plena de um engenheiro.

As ferramentas que documentavam o projeto eram: pranchetas, papéis, canetas, arquivos, cópias. Nestes tempos, o detalhamento executivo na indústria automotiva, era constituído de desenhos de conjunto e detalhes organizados sob a forma de um organograma de montagem, apresentado sob a denominação de Manual de Montagem, e de uma lista de peças.

Para a especificação de formas curvas, reversas e orgânicas, normalmente utilizadas nas carrocerias, havia também os *lay-outs* de produtos, grandes desenhos em escala natural, traçados com precisão de décimos de milímetros, por meio de grafites extra duros (H7, H9), muito afiados, sobre um laminado de poliéster chamado *mylar*, e neles se faziam as simulações de montagem dos componentes.

Nesta época, após a emissão dos documentos executivos (desenhos técnicos e especificações), construíam-se modelos padrões (modelos em resina epóxi que eram o padrão absoluto dimensional) por meio de *chapelonas* (recortes em chapas de alumínio ou aço das secções dos mylars) traçadas diretamente sobre os *mylars*, dos quais tiravam-se cópias de moldes que iriam orientar a construção das ferramentas, moldes, estampo e dispositivos, construídos por meio de pantógrafos e copiadores hidráulicos, estes procedimentos devido à constante intervenção e a falibilidade humana, eram constantemente factíveis de erros.

Hoje em dia, com o advento da microinformática, a sua popularização, surgiram os "hardwares e softwares" conforme são chamados, de *CAD (Computer Aided Design), CAE (Computer Aided Enginnering) e CAM (Computer Aided Manufacturing),* sendo que recentemente surgiu uma nova sigla *CADIN (Computer Aided Industrial Design)* entre outras tantas.

Estas novas e potentes ferramentas influíram fortemente na velocidade e nos custos, razão pelas quais não podem em hipótese nenhuma serem ignoradas ou subestimadas, porque suportadas pela automação dos sistemas de computação,

evitam os erros da intervenção humana, e agilizam os desenvolvimentos dos projetos, reduzindo enormemente prazos de lançamento, não mudaram a lógica do seqüenciamento das tarefas.

Seu aparentemente alto custo de investimento é plenamente recompensado pela velocidade que permite aos projetos, os novos produtos automotivos que anteriormente tinham cronogramas de lançamentos de quatro ou mais anos, hoje em dia não chegam a dois anos.

O seqüenciamento das tarefas de documentação e desenvolvimento executivo, com estes novos recursos, embora não tenham sido alterados em sua essência são agilizados, visto ser possível agora modelar virtualmente em três dimensões os objetos, simular as suas montagens e interferências automaticamente e trabalhar com precisão quase absolutas, e que uma vez definidos, estes modelos virtuais registram modelos matemáticos que podem ser levados diretamente para outros testes de análise estrutural, aerodinâmicos, bem como, orientar a construção de estereolitografias, modelos, protótipos rápidos, e caminhos de usinagem para construção do ferramental definitivo para a produção.

Percebe-se, que a responsabilidade das primeiras fases de projeto é muito grande, visto que a qualidade das demais tarefas depende fundamentalmente da qualidade das primeiras intervenções humanas, no entanto estas primeiras intervenções também são facilitadas pela agilidade e automação na detecção de erros dimensionais e interferências de montagem.

Constatou-se que existe uma consistente redução no custo de um projeto pela alocação de melhores recursos nas fases iniciais, evitando erros, do que em contrapartida, corrigindo estes erros nas fases posteriores destes custos são muitos maiores.

Esta é a etapa que consolida a comunicação para as etapas posteriores, é necessária precisão e assertividade nas informações, objetividade e clareza devem nortear estes documentos.

Toda esta objetividade, assertividade, precisão e clareza devem estar organizadas em uma estrutura de dados, ou seja, uma estrutura de arquivos, adequada e coerente que facilite a disponibilidade destas informações para as pessoas envolvidas e ao mesmo tempo segura para impedir o acesso de intrusos. Existem vários *softwares* para esta estruturação de arquivos como, por exemplo, o DCS utilizado pela General Motors.

3.4.2. Testes.

Muito embora muitas pessoas estejam afirmando, que a eficácia dos sistemas de CAD, e CAE esteja substituindo a necessidade de execução de protótipos, e conseqüentemente de testes, isto não é de todo verdade, a bem da verdade, a informática também proveu recursos que facilitaram a obtenção de protótipos, e conseqüentemente de testes também.

De fato, as responsabilidades legais que as empresas e engenheiros assumem ao colocar um produto no mercado, exigem a certeza da infalibilidade, fato que associado à eficácia das novas ferramentas vem implementar uma freqüência muito maior das requisições de testes.

Estes testes não só permitem a certificação dos produtos, mas também por meio da inteiração dos dados obtidos, servem para validar os modelos matemáticos utilizados nas fases anteriores, atuando no aperfeiçoamento da precisão dos sistemas numéricos.

3.4.3. Homologações e Aprovações.

As legislações e normas tornam-se cada vez mais severas, juntamente com as penalidades para os que as desrespeitarem.

Os testes referidos anteriormente bem como as auditorias que os órgãos certificadores exercem, prestam-se para garantir que os produtos colocados no mercado atendam aos fins para os quais foram criados.

Estas garantias não atendem somente aos usuários destes produtos, mas também as empresas e profissionais que os produzem, visto que estabelecem também por meio de normas o desempenho esperado para o produto, eliminando a subjetividade destas considerações.

Definitivamente são necessários e devem estar incluídos em qualquer cronograma de desenvolvimento, porque em futuro próximo, não será permitido sequer colocar no mercado um produto que não tenha sido certificado por um órgão oficial.

4. ESTUDO DE CASO.

O intuito da inclusão deste estudo de caso foi a oportunidade de testar as idéias colocadas no método proposto, este estudo de caso foi resultado de um estudo de viabilidade técnica para um semi-reboque reservatório.

No entanto, não foi aplicado na integra tendo em vista estar inserido em um plano estratégico, havia o envolvimento no desenvolvimento de várias entidades, áreas e pessoas cada um com seus próprios procedimentos, atuando no processo. Por esta mesma razão, esta simulação foi um exercício que permitiu constatar na prática, quais as fases que teriam aplicação necessária e constante, e quais poderiam ser relegadas, ou postergadas.

4.1. Introdução

Neste caso, tratava-se conceber um produto novo, ou seja, com a aplicação estrutural exclusiva de materiais compósitos para atender um problema específico de redução de peso de equipamento, no entanto, foi possível entender que o escopo deste trabalho, no ponto de vista dos usuários, era reduzir peso do equipamento e não necessariamente aplicar o material compósito.

Em outras palavras reduzir peso agregava valor ao produto, porém resolver este problema por meio da aplicação de materiais compósitos não agregava valor para o transportador.

Por outro lado, já havia sido desenvolvida uma tecnologia avançada em processos para materiais compósitos, e via-se nisto uma proposta de trabalho.

Desenvolveu-se com notoriedade uma linha de produtos sofisticados, em compósitos, aplicados ao saneamento básico e desejava aproveitar este momento de sucesso no mercado, para ampliar sua vantagem competitiva, agregando em sua linha novos produtos e novos mercados.

Tratou-se de um Semi-Reboque Reservatório (Tanque Rodoviário) Autoportante para Transporte de Produtos Perigosos, com um conceito inovador, ou seja: a aplicação estrutural exclusiva de materiais compósitos para atender um problema específico de redução de peso de um implemento rodoviário, portanto é possível entender que o escopo deste trabalho é reduzir peso do equipamento para acrescenta-lo à carga transportada.

Esta ponderação estabelecia um conflito, mas equacionava a questão.

O transporte rodoviário de produtos perigosos tem se tornado uma tarefa muito dispendiosa, o custo de frete agregado aos preços dos produtos transportados representa fator preponderante na competitividade das empresas produtoras e transportadoras.

A Legislação Brasileira estabelece por meio da chamada Lei da Balança (Resolução 12), Normas Brasileiras, bem como as Normas Internacionais de Segurança uma série de exigências, que fizeram parte integrante deste estudo, no sentido de inserir no mercado, um implemento rodoviário que garantisse, não só o cumprimento da legislação, mas que também e principalmente garantisse a segurança do transporte destes produtos chamados perigosos.

No transporte de produtos perigosos estão listados ácidos fortes, que se fossem lançados acidentalmente provocariam graves danos ao meio ambiente, portanto associando as características de estabilidade química das resinas e reforços, e as surpreendentes características estruturais dos materiais compósitos de alto desempenho, buscou-se um projeto leve, resistente e seguro.

Como já foi enfatizado, o objetivo básico deste trabalho foi conceber uma solução para redução de massa do equipamento (tara), que pudesse ser transferida para a carga, atendendo todos os requisitos da legislação e das normas de segurança, com o objetivo secundário definido pela contratante, de determinar qual seria a redução em peso no equipamento, resultante da aplicação de materiais compósitos na substituição das estruturas convencionais em aço, fortemente dependente de limitadores funcionais e utilitários próprios das disciplinas de Engenharia.

Curioso relatar, que o censo estético dos transportadores experientes está fortemente embasado nas questões funcionais e utilitárias, da mesma forma que um marinheiro ao dizer que um barco é bonito, está dizendo que o barco navega bem, notou-se que os motoristas tratavam da mesma maneira o implemento rodoviário.

Aspectos como distribuição de massas e volumes, distribuição de tensões na carga do reservatório, dirigibilidade, também eram identificados pelo sentimento estético destes profissionais.

Neste estudo, além da Metodologia para Desenho de Concepção de Produto Automotivo, foram aplicadas:

No estudo para dimensionamento da secção crítica de reservatório:

- Técnicas de análise estrutural por elementos finitos para análise dinâmica da estrutura.

- Técnicas de análise estrutural para materiais compósitos seus diferentes tipos de resinas e fibras, bem como o seu direcionamento quanto aos esforços.

- Análises das forças estáticas e dinâmicas atuando no implemento em movimento, bem como em condições de severidade críticas, ou seja, no limite do acidente.

- Consciência, obediência e respeito pelo cumprimento da legislação e normas de segurança ambientais.

Obs. : A Fase - 4 - Desenvolvimento Executivo, não for executada ainda, em virtude da solicitação inicial, em que se buscava, antes, saber sobre a viabilidade técnica e comercial do empreendimento, para depois compromissar mais investimentos.

Desta forma, foi desenvolvido com três grandes fases de tarefas:

- Fase 1 – Pesquisa inicial foi composta de: pesquisa de requisitos legais e normas obrigatórias, pesquisa de limitadores de produção, análise de cenários de processo, análise de cenários de matéria-prima, análise de cenários da cadeia de suprimento, pesquisa de mercado, análise de cenários de clientes e usuários, análise de cenários da concorrência e pesquisas ou estudos complementares.

Tendo em vista que o escopo primário deste trabalho era reduzir peso da estrutura para acrescenta-lo à carga transportada, foram incluídos os estudos complementares: análise dos esforços dinâmicos do veículo, análise estrutural dinâmica por elementos finitos.

- Fase 2- Proposição de alternativas gerando alternativas de produtos, em contratipos para os produtos da concorrência.

- Fase 3 - Definição de forma gerando uma tabela de produtos, que foi chamada de matriz, relacionando: diâmetros e comprimentos de reservatórios, com as densidades dos produtos transportados, tara do reservatório, massa transportada, e ganhos prováveis de redução de peso.

4.2.Desenvolvimento do trabalho.

4.2.1. Fase 1 – Pesquisa inicial.

4.2.1.1.Matriz de Questionamento.

A oportunidade surgida com o estudo de viabilidade para semi-reboque autoportante, permitiu também testar a *Matriz de Questionamento*, muito embora não tenha sido aplicada diretamente no trabalho, nem com o rigor que o método aconselha, foi também uma oportunidade para avaliar o mérito da proposta.

Tendo em vista, que este trabalho fora apresentado ao grupo com vários limitadores já definidos no próprio escopo, muitas das questões que poderiam ser levantadas já haviam sido explicitadas com definidas, desta forma o processo de *Fillament Winding*, se definira como o processo existente, da mesma forma a definição que seria um semi-reboque autoportante reservatório para produtos perigosos, estas e outras definições iniciais eliminaram muitas das perguntas que poderiam ser elaboradas por meio da *Matriz de Questionamento*.

No entanto entende-se como valido o exercício da aplicação do método no Estudo de Caso, justamente por ser uma situação real e provavelmente muito semelhante ao que ocorre na maioria dos casos.

Por outro lado, análise da pertinência ou não das questões, sendo um processo de combinações de elementos ainda em fase inicial, pode ser considerado como um processo de *variação às escuras*, Kaminski [13], podendo provocar certa subjetividade, com debates e discordâncias, desta forma é recomendado que seja elaborado em grupo, para testar a objetividade das escolhas.

Convém enfatizar que o processo de questionamento é um processo também criativo e evolutivo, portanto provavelmente caso outras pessoas estivessem presentes ou

refizessem esta seleção, com outros pontos de vista, poderiam identificar outras questões e discordar das eliminações que foram feitas à princípio.

A figura 11 apresenta a *Matriz de Questionamento* aplicada ao Estudo de Caso depois de avaliada.

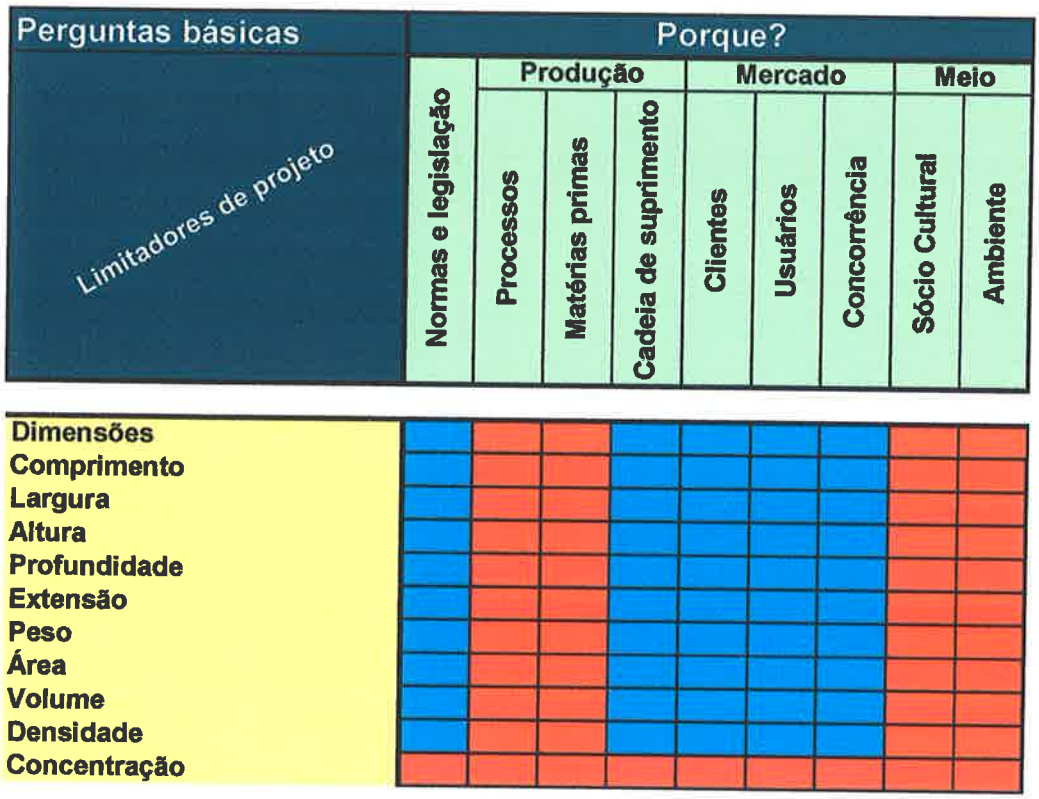

Figura 11 – Matriz de questionamento aplicada, vide Matriz completa no Apêndice D.

A primeira ação diante da matriz foi selecionar quais qualificantes poderiam ser eliminados por, desta forma foram excluídos: concentração, potência, tempo, tensão, faixa etária, renda, profissão, nível escolar, interesses pessoais, Nível social, eficiência, rendimento e sincronismo, porque foram considerados não pertinentes ao caso (Figura 12).

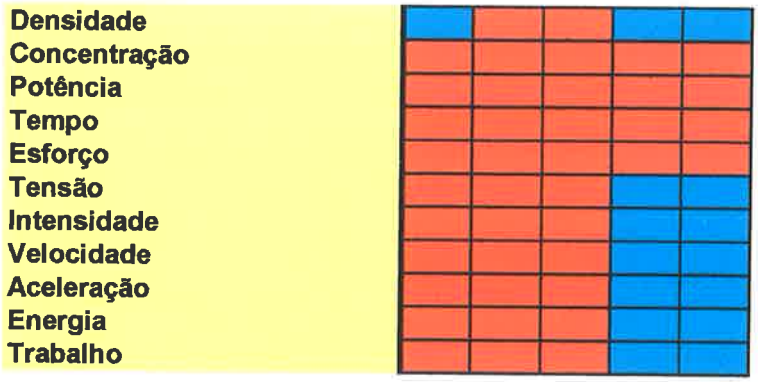

Figura 12 – Itens eliminados considerados não pertinentes.

Na figura 13 os campos em vermelho representam os itens não pertinentes e eliminados, e os em azul representam os itens pertinentes, que geram perguntas.

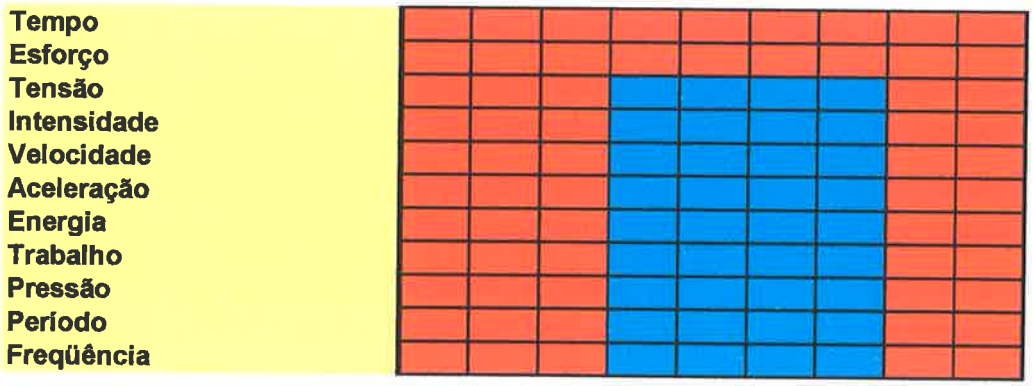

Figura 13- Em azul os itens considerados pertinentes e em vermelho os itens não pertinentes.

A segunda ação for eliminar os limitadores, que já estavam definidos por princípio, desta forma foram eliminados: Processos e Matérias-primas porque já estavam definidos no escopo do trabalho e Meio Ambiente e Social porque se tratava de uma abordagem conflitante e complexa que o tempo disponível seria insuficiente para concluir.

A matriz considerada desta forma teria 610 células em azul, com um potencial de gerar ao menos uma questão por célula, totalizando um questionamento de 610 perguntas, algumas das quais são listadas abaixo:

- Que as dimensões são permitidas pela legislação para semi-reboques trafegarem em rodovias brasileiras? (Célula 37,1).

- Que peso é permitido por lei sobre cada eixo, para trafegar em rodovias brasileiras? (Célula 37, 9).

- Que dimensões são solicitadas pelos clientes para semi-reboques reservatórios? (Célula 41, 1).

- Porque a concorrência constrói semi-reboques nestas dimensões? (Célula 7, 1).

- Que dimensões existem para compra nos componentes oferecidos no mercado? Célula 31, 1).

E assim por diante, estas e outras questões orientaram as pesquisas que foram feitas sobre os temas envolvidos.

4.2.1.2.Pesquisa de Requisitos Legais e Normas Obrigatórias.

É o levantamento e análise da legislação bem como das normas obrigatórias para homologação deste tipo de produto no mercado brasileiro.

Análise da resolução no 12 revelou alguns limitadores dimensionais que são listadas a seguir na tabela 1:

Tabela 1- Resumo resolução 12

Item	Dimensão / Peso.	
Comprimento total máximo para veículos articulados	18,15m	
Comprimento total máximo para veículos com reboque	19,80 m	
Largura máxima	2,60 m	
Altura máxima (na maior parte dos casos referindo-se a veículos com carroceria baú).	4,40 m	
Limites de comprimento do balanço traseiro. Nota: não existe na resolução referencia para veículos articulados.	Veículos simples de transporte de cargas.	60% da distancia entre eixos, limitados a 3,50 m
	Veículos de passageiros.	Variando, caso a caso, de 62 a 71 % da distancia entre eixos
Peso bruto total, por unidades ou combinações de veículos.	45 toneladas	
Peso bruto por eixo isolado	10 toneladas	
Peso bruto por dois eixos em tandem, com distancia entre eixos de 1.20 m até 2,40 m.	17 toneladas	
Peso bruto por dois eixos "não em tandem" *, com distancia entre eixos de 1.20 m até 2,40 m	15 toneladas	
Peso bruto por três eixos em tandem*, aplicável somente a semi-reboque, com distância entre eixos de 1.20 m até 2,40 m.	25,5 toneladas	

A resolução 12 também apresenta algumas definições e esclarecimentos, por exemplo: conjuntos de eixos em *tandem* são conjuntos de dois ou mais eixos que constituem um conjunto integral de suspensão com distância entre eixos de no

máximo 2,40 metros, portanto, qualquer par de eixos cuja distância entre eixos supere 2,40 metros é considerado eixo isolado, neste caso em cada eixo isolado é permitido apoiar 1,7 toneladas.

Estas regras valem para veículos dotados de no mínimo quatro pneumáticos por eixo.

A análise destes limitadores estabeleceu as dimensões / peso máximas permitidas para veículos semi-reboque reservatório.

Resultando na seguinte tabela 2 de características do conjunto:

Tabela 2 – Cálculo da carga permitida,

		Pesado	Super pesado
A	Peso do cavalo mecânico sobre eixo dianteiro	3270	4642
B	Peso do cavalo mecânico sobre eixo traseiro	2189	5312
C	Peso total do cavalo mecânico (A+B)	**5459**	**9954**
D	Tara estimada do semireboque	**5800**	**5800**
E	Peso total permitido do equipamento	**45000**	**45000**
F	**Carga estimada permitida sob o critério do peso maximo (E-D-C)**	**33741**	**29246**
G	Peso total permitido sobre o eixo dianteiro do cavalo mecânico	10000	10000
H	Peso total permitido sobre o eixo traseiro do Cavalo Mecânico	10000	17000
I	Peso total permitido sobre o conjunto de rodagem do Semi Reboque	25500	25500
J	Peso total permitido no equipamento sob o critério de peso sobre os eixos (G+H+I)	**45500**	**52500**
K	Tara estimada do semireboque	**5800**	**5800**
L	**Carga estimada permitida sob o critério do peso máximo sobre os eixos (J-K)**	**39700**	**46700**
M	Carga sobre o eixo dianteiro (G-A)	6730	5358
N	carga sobre o eixo traseiro (H-B)	7811	11688
O	Carga sobre o conjunto rodante do semi reboque (I-D)	19700	19700
P	**Carga total permitida sob o criterio da soma das cargas sobre os eixos (M+N+O)**	**34241**	**36746**

Enfim verifica-se que existe uma margem de tolerância para estas cargas dependendo do critério adotado, resultando em três valores, que foram determinados para as cargas máximas permitidas pela legislação sobre o piso das rodovias brasileiras, no entanto que estão limitados ao peso máximo permitido de 45,000 toneladas para o conjunto do veículo, resultando na escolha dos valores factíveis para as cargas do

semi-reboque na faixa de 33,741 até 39,700 toneladas de carga que foram adotados como especificação para os cálculos.

Resultando na ilustração abaixo (figura 14):

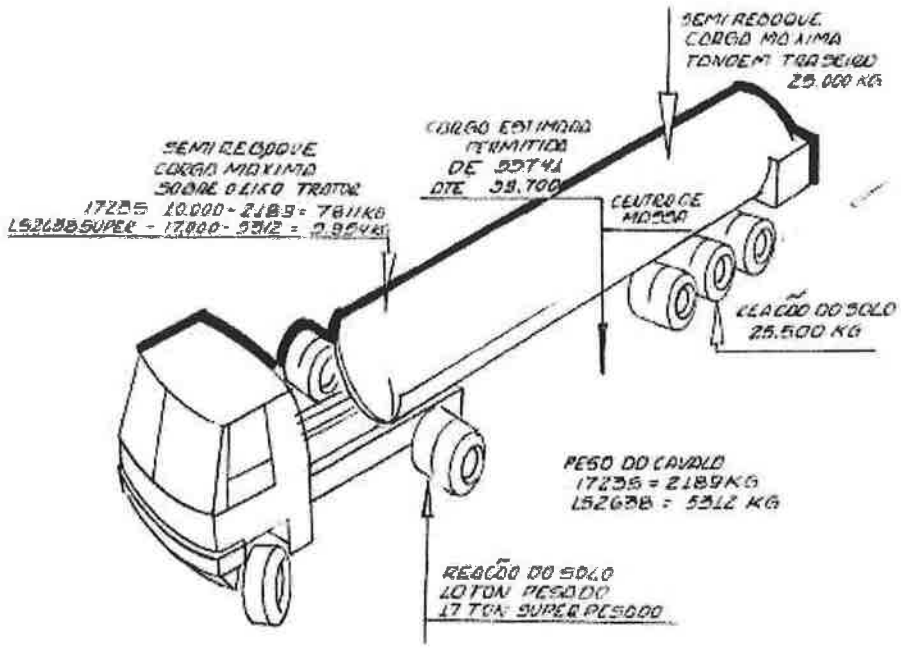

Figura 14- Modelo básico do veículo

4.2.1.3. Pesquisa de cenários da produção.

<u>Análise de cenários de processo.</u> A análise dos cenários de processo mostrou-se dispensável, tendo em vista que já estava estabelecido no escopo do trabalho, o processo de *Fillament Winding*, já no repertório tecnológico e no escopo do projeto.

Este processo é considerado como de tecnologia avançada no setor de processos para materiais compósitos, consistindo no enrolamento tratado por *enleamento* para os especialistas, de filamentos de fibra de vidro chamados de *Rowing* pelos especialistas, ou mesmo de mantas e tecidos, sobre um cilindro chamado de mandril

ou tubo em pré-forma, em camadas sucessivas, permitindo em cada uma destas camadas alterar a densidade vidro resina, a especificação de tipos de resina, ângulo de enrolamento do compósito, adequando as camadas para responder para cada uma das diferentes solicitações de esforços (longitudinais, transversais, flexão, flambagem, tração, compressão, barreiras químicas etc.

Apenas foi considerada uma abordagem sobre o processo controlado por CNC (Controle Numérico Computadorizado), como uma alternativa para obter espessuras variáveis, aumentando a redução de peso possível, pela aplicação de espessamento maior nas áreas de concentração de tenções, e menor nas áreas menos solicitadas.

No entanto, esta possibilidade foi postergada devido ao fato deste controle só estar disponível em países da Europa e nos Estados Unidos, necessitando, portanto de um desenvolvimento à parte.

Análise de cenários de matéria-prima, ou seja, levantamento dos materiais disponíveis adequados aos requisitos do produto, para determinação dos módulos de resistência aos esforços, considerando sua disponibilidade no mercado ou de desenvolvimento, características de resistência mecânica e química, características de otimização e armazenamento, preços e condições de pagamento e logística de fornecimento.

Esta pesquisa foi facilitada pela tecnologia já existente, que em seu sistema de qualidade mantinha organizada em seus arquivos de especificações todos os dados técnicos dos compósitos já desenvolvidos pela sua Engenharia.

Por meio das informações fornecidas pelo sistema de qualidade, relatando as matérias-primas já desenvolvidas em seus produtos, observou-se a existência de um grande repertório de possibilidades de matérias disponíveis, dispensando novos propostas.

Decidiu-se então, pelo uso dos materiais disponíveis, sendo que os cálculos foram feitos considerando as possibilidades de combinações destes materiais em camadas e espessuras.

Análise de cenários da cadeia de suprimento. (Análise de Cenário de Fornecedores), identificação de fornecedores potenciais para os diversos sistemas de componentes, sua localização, seus produtos (peso, massa, dimensionamento e características técnicas), a logística necessária para atendimento da produção, seus preços e condições de fornecimento.

Dentre os fornecedores de sistemas pesquisados, identificaram-se várias empresas, mas que de agora em diante serão denominadas *fornecedores*, que oferecem os conjuntos completos de sistemas disponíveis no mercado, no entanto por razões de procedimento interno destas empresas, os preços e condições de fornecimento não puderam ser apresentadas, salvo sob cotação formal em nome da contratante. Tendo em vista que os envolvidos não poderiam se apresentar como compradores, ou agentes de compras, e nem mesmo se poderia revelar o nome da contratante, nesta fase em que a confidencialidade dos planos estratégicos ainda devem ser mantidos sob sigilo, estes valores não nos foram apresentados.

Na ocasião oportuna, os departamentos de compras da contratante, poderão obter estes dados, através de uma concorrência entre os demais sistemistas em potencial para uma análise mais completa, no entanto para fins deste estudo de análise de viabilidade técnica, foram obtidas informações suficientes e necessárias para o estudo proposto.

Por indicação do próprio fornecedor, foi identificado um distribuidor na região de Rio Claro, que respondeu listando seus produtos e forneceu as informações técnicas disponíveis, cuja listagem é apresentada na tabela 3 abaixo, nos permitindo concluir sobre a viabilidade de obtenção no mercado de todos os sistemas que completam a construção do semi-reboque a partir da construção apenas do reservatório autoportante.

Tabela 3 – Listagem de componentes e acessórios disponíveis no mercado

Item	Discriminação
1	Conjunto de suspensão mecânica de 03 eixos com entre eixo de 1250 mm e capacidade de carga 33 ton., Composto de eixos completos com tambores e conjunto de freio, molejos, grampos, suportes centrais balancim, suportes traseiros e dianteiros, braços tensores fixos e reguláveis, câmaras de freio normal para o 1o eixo e spring brake para o demais eixos, compensadores de freio
2	Conjunto completo do sistema de freio pneumático, composto de tubulações da linha de emergência, serviço e linha de funcionamento das válvulas, válvulas de descarga rápida das câmaras de freio normal e câmaras "spring brake", válvula mestra, caixa de comando das válvulas de acionamento do freio estacionário, suspensor e liberação p/ manobras, engates (mãos de amigo) serviço e emergência, filtros, conexões tipo "push" e outros.
3	Suspensor pneumático para levantamento do 1o eixo, composto do suspensor, grampos, válvula de liberação de freio automática.
4	Conjunto completo do sistema elétrico, composto de conjuntos de lanternas traseiras, laterais (incluso o retro refletor) e da placa, tomada elétrica, chicote
5	Conjunto de mesa e pino rei flangeado com parafusos e placa de fixação
6	Conjunto traseiro composto de pára-choque homologado e colunas
Acessórios:	
7	Suporte de estepe tipo cesto para dois estepes
8	Conjunto pés de apoio mecânico, composto de direito e esquerdo, manivela, travessas de ligação, porcas e parafusos.
9	Pára-lamas metálicos p/ 03 eixos, suportes.
10	Apara barro e cintas
11	Caixa de ferramenta e suportes
12	Caixa de cozinha e suportes (rancho)
13	Reservatório de água e suporte
14	Escada lateral para acesso a boca de carregamento
15	Passadiço
16	Válvulas de fundo e descarga
17	Acessórios como tampa de boca de carregamento, válvula de segurança,
18	Porta mangote com tampa
19	Para choques laterais
Opcionais	
20	Freio ABS.
21	Compensador freio automático
22	Suspensor para o 3° eixo
23	Freios a disco
24	Aros de roda p/ cubo rápido
25	Separadores (p/ aros de roda)

Abaixo algumas fotos (figuras 15, 16, 17, 18, 19, 20), obtidas no distribuidor mostrando alguns dos componentes disponíveis para fornecimento:

Figuras 15 – Fotos de acessórios e componentes disponíveis no mercado.

Figuras 16 – Fotos de acessórios e componentes disponíveis no mercado.

Figura 17 – Fotos de acessórios e componentes disponíveis no mercado.

Figura 18 – Fotos de acessórios e componentes disponíveis no mercado.

Figura 19 - Fotos de acessórios e componentes existentes no mercado.

Figura 20 - Fotos de acessórios e componentes existentes no mercado.

4.2.2. Análise de cenários de mercado.

Análise de cenários de clientes e usuários. Esta pesquisa revelou que o implemento preferido pelo transportador era o semi-reboque de 29 toneladas, com diâmetro de 1,6 metros e comprimento de 11 metros, montado sobre chassi. No entanto estava muito interessado em um implemento seguro, com redução na tara e que permitisse transportar mais carga para reduzir custo no frete.

Este estudo foi feito, tendo em vista que o principal cliente e usuário deste tipo de implemento, generosamente se dispôs a contribuir com a pesquisa, recebendo a equipe de projetos diversas vezes e disponibilizando todas as informações sem restrições.

Considera-se este transportador como o *Benchmarking* para o transporte de produtos químicos perigosos, sua esclarecida diretoria composta de engenheiros, percebeu de imediato que a relação custo benefício deste implemento era bastante favorável, por ser composta por pessoas experientes no setor químico, tinha a consciência das potencialidades mecânicas e químicas que os materiais compósitos apresentam, e rejeitando os preconceitos que geralmente são aplicados aos materiais sintéticos.

Outra informação importante foi com relação à necessidade de revestir internamente os reservatórios de aço carbono, para efeito de uma barreira química para alguns produtos contra corrosão. Esta operação de revestimento determina a durabilidade do reservatório, mas é normalmente executada por empresas de baixa tecnologia, que se dispõem a fazer este trabalho com uma pessoa internamente ao reservatório laminando o compósito respirando gases tóxicos sem proteção. Em conseqüência desta situação, o transportador prefere ele mesmo fazer este revestimento como forma de garantir segurança ao operador, com uso de máscara de respiração e proteção e bombeamento de ventilação forçada em alta pressão para o interior, buscando também garantir a qualidade do revestimento.

Este transportador movimenta uma gama de produtos químicos que incluem o ácido clorídrico, o sulfeto férrico dentre outros, e em uma gama de densidades que vai de 1,16 kg/ dm^3 até 1,45 Kg/dm^3.

Em função da consciência sobre os danos que um acidente pode ocasionar, mas também das penalidades advindas em conseqüência, a empresa opta sempre pela segurança, preferindo sempre diâmetros menores e semi-reboques mais longos para que o centro de gravidade seja mais baixo e a estabilidade do veículo maior.

Em relação a manobrabilidade, informa que a rota escolhida contempla principalmente boas rodovias, evitando trechos urbanos e estradas mal conservadas, em função da segurança requerida, como também das legislações municipais, que restringem o tráfego de produtos perigosos em suas ruas.

Por outro lado, clientes e fornecedores, em sua maioria preparam também suas docas de embarque e desembarque, para facilitar o processo de carga e descarga reduzindo custos e provendo segurança nesta operação, e isto incluem acessos facilitados sem manobras, inspeções veiculares e nos equipamentos de manuseio.

Outra consideração importante foi que 45% das cargas transportadas destinam-se a grandes empresas que consomem lotes acima de 30 toneladas adequados ao transporte por semi-reboques ou outros implementos maiores, e 55% é constituído por empresas menores que consomem lotes menores. A legislação de segurança não permite o tráfego de veículos com carga parcial, devido às forças alternativas que resultam do movimento das cargas nos reservatórios, impondo a necessidade de existir também veículos de 13 toneladas (caminhões trucados).

As fotos (figuras 21 e 22) abaixo ilustram os implementos usados pelo transportador:

Figura 21 - Semi-reboque de 29 toneladas utilizado pelo transportador.

Figura 22 - Caminhão trucado de 13 toneladas utilizado pelo transportador.

Análise de cenários da concorrência. A (tabela 4) abaixo ilustra a oferta no mercado para estes tipos de implemento:

A fotos a seguir (Figuras 23, 24, 25, 26, 27 e 28) também permitem uma análise dos diversos produtos existentes no mercado, no entanto devido a similitude e também da amplitude de necessidades que a demanda necessita, fica muito difícil escolher o *Benchmarking* deste mercado, acredita-se que se apresenta aqui um panorama geral desta oferta, porém seria necessário uma pesquisa mais profunda para poder fazer qualquer afirmação.

Tabela 4 - Oferta de produtos concorrentes no mercado

Características	*Semi Reboque Auto-portante Químico Randon*			*Noma*	*Guerra*		*Unidades*
	4x2	6x2	6x2		AG-SR-TL-3E	AG-SR-3E-LS	
Capacidade volumétrica nominal	30.000	30.000	35.000	Não disponível	26.500	29.000	Litros
Comprimento total	12.190	12.170	12.950	Não disponível	12.000	12.055	Milímetros
Comprimento do Reservatório	11.910	11.890	12.746	Não disponível	11.670	11.725	Milímetros
Diâmetro interno do reservatório	1830	1.830	1.830	Não disponível	1.885	1.965	Milímetros
Largura total	3520	3.570	3.650	Não disponível	2.535	2.535	Milímetros
Distancia do pino Rei ao centro da suspensão	6.985	7.600	8.245	Não disponível	Não disponível	Não disponível	Milímetros
Balanço dianteiro	435	825	825	Não disponível	950	940	Milímetros
Distância do Pino rei até o aparelho levantador	2.250	2.350	2.350	Não disponível	2.565	2.490	Milímetros
Balanço Traseiro	Não disponível	Não disponível	Não disponível	Não disponível	2.565	1.910	
Altura da mesa	1.300	1.300	1.300	Não disponível	1.250	1.250	Milímetros
Distancia entre eixos	1.250	1.250	1.250	Não disponível	1.240	1.240	Milímetros
Cap. Volumétrica geométrica	30.600	30.600	30.700	Não disponível	Não disponível	Não disponível	Litros
Capacidade de carga técnica	30.000	32.000	32.000	Não disponível	Não disponível	Não disponível	Kilogramos
Capacidade de carga liquida legal	26.800	28.900	28.600	Não disponível	Não disponível	Não disponível	Kilogramos
Tara aproximada do equipamento.	7.400	7.500	7.800	Não disponível	7.200	7.600	Kilogramos
Tara considerada o veiculo Trator	7.300	7.500	7.800	Não disponível		Não disponível	Kilogramos
Peso bruto total do combinado	41.500	45.000	45.000	Não disponível		Não disponível	Kilogramos

Figura 23 Vista frente-lateral do semi-reboque para ácido sulfúrico.

Figura 24 - Vista posterior/lateral do semi-reboque para ácido sulfúrico.

Figura 25 - Vista frente lateral do semi-reboque para produtos químicos com diâmetro de 1,8 metros e 12 metros.

Figura 26 - Vista posterior/lateral semi-reboque aço inox para produtos químicos.

Figura 27- Vista posterior do semi-reboque do concorrente B.

Figura 28 -Vista posterior - lateral do semi-reboque para produtos químicos concorrente.

Pesquisas ou estudos complementares.

Tendo em vista que o escopo primário deste trabalho era reduzir peso da estrutura para acrescenta-lo à carga transportada, foram incluídos os estudos complementares abaixo:

- Análise dos esforços dinâmicos do veículo, ou seja, Cálculo para definição das condições de contorno dos esforços estáticos e dinâmicos a que o equipamento estará sujeito em sua aplicação.

- Análise estrutural por elementos finitos.

Para a analise dos esforços dinâmicos do veiculo, foram consideradas duas categorias de solicitações:

o Solicitações permanentes: são aquelas presentes em toda e qualquer situação operacional do tanque.

o Solicitações em serviço: são aquelas relacionadas às diferentes condições de carregamento do tanque quando em operação.

Solicitações permanentes:

▪ Peso próprio do líquido sendo transportado. Foi calculado em função da carga que poderia ser transportada, conforme análise anterior da legislação, e considerando as diferentes densidades dos produtos transportados, conforme será apresentado nas conclusões finais.

▪ Peso próprio do tanque. Foi calculado para as diversas versões de diâmetros e comprimentos e nervuras de reforço, e está sendo apresentado juntamente com a tabela de conclusões.

Solicitações em serviço:

- Pressão interna de quatro atmosferas (4kg x cm2), situação aplicada para transporte de produtos perigosos, esta condição era exigida por norma de segurança para produtos perigosos de forma que foi incluída sem necessidade de análise.

- Frenagem na pista: aplicação de desaceleração de *1g* (gravidade) força no pino rei de 484.482 N, esta condição foi imposta por norma de segurança de maneira que não necessitou de cálculo especial para ser determinada.

- Aceleração lateral de *1g* (gravidade) para o veículo em curva, esta condição foi imposta por norma de segurança de maneira que não necessitou de cálculo especial para ser determinada.

- Tombamento do veículo, esta condição foi imposta por norma de segurança de maneira que não necessitou de cálculo especial para ser determinada.

- Força centrífuga de um veículo em velocidade em declive seguido de aclive, a tabela-5 abaixo, apresenta o cálculo para determinação das forças resultantes deste evento.

Tabela 5 – Força centrífuga no "aclive x declive"

Rampas %	Trecho plano em metros	Massa em Kgr	Força centrifuga em Newtons
10	35	33.000	144.780,54
11	34	33.000	163.772,50
12	33	33.000	183.866,08
13	32	33.000	205.160,23
14	31	33.000	227.766,77
15	30	33.000	251.812,50
16	29	33.000	277.441,81
17	28	33.000	304.819,85
18	27	33.000	334.136,31
19	26	33.000	365.610,24
20	25	33.000	399.495,83
21	24	33.000	436.089,81
22	23	33.000	475.740,66
23	22	33.000	518.860,40
24	21	33.000	565.939,70
25	20	33.000	617.567,56

Tabela 6 – Momento de torção resultante de choque contra buraco.

Velocidade km/h	Velocidade m/seg	degrau	Choque em newtons	Momento torção em Nxmts
90,00	25,00	175,00	165.000	135.000
92,00	25,56	170,00	168.667	139.840
94,00	26,11	165,00	172.333	144.760
96,00	26,67	160,00	176.000	149.760
98,00	27,22	155,00	179.667	154.840
100,00	27,78	150,00	183.333	160.000
102,00	28,33	145,00	187.000	165.240
104,00	28,89	140,00	190.667	170.560
106,00	29,44	135,00	194.333	175.960
108,00	30,00	130,00	198.000	181.440
110,00	30,56	125,00	201.667	187.000

- Momento de torção de um veículo passando em velocidade com uma das rodas sobre um buraco, a tabela 6 acima, apresenta o cálculo para determinação das forças resultantes deste evento:

- Aceleração do veículo com 1 *g* (gravidade), esta condição foi imposta por norma de segurança de maneira que não necessitou de cálculo especial para ser determinada.

- Desempenho dinâmico de veículo, Este estudo foi realizado tendo por base o desempenho dinâmico do conjunto cavalo e semi-reboque, considerando dois tipos de cavalos mecânicos padrões, ou seja, os modelos da Mercedes Bens Caminhão Super Pesado LS-2638 e o Pesado 1723 S, cujos resultados estão apresentados gráficos abaixo (figuras 26 e 27):

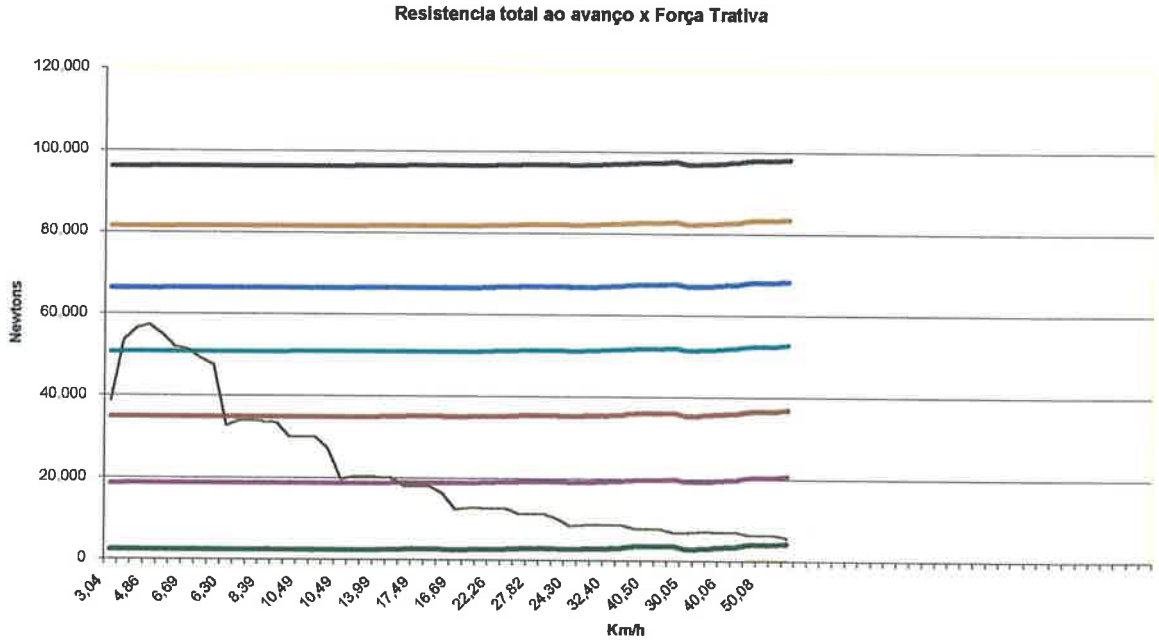

Figura 29- Gráfico resistência total ao avanço x força trativa para semi-reboque com cavalo mecânico pesado 1723 S

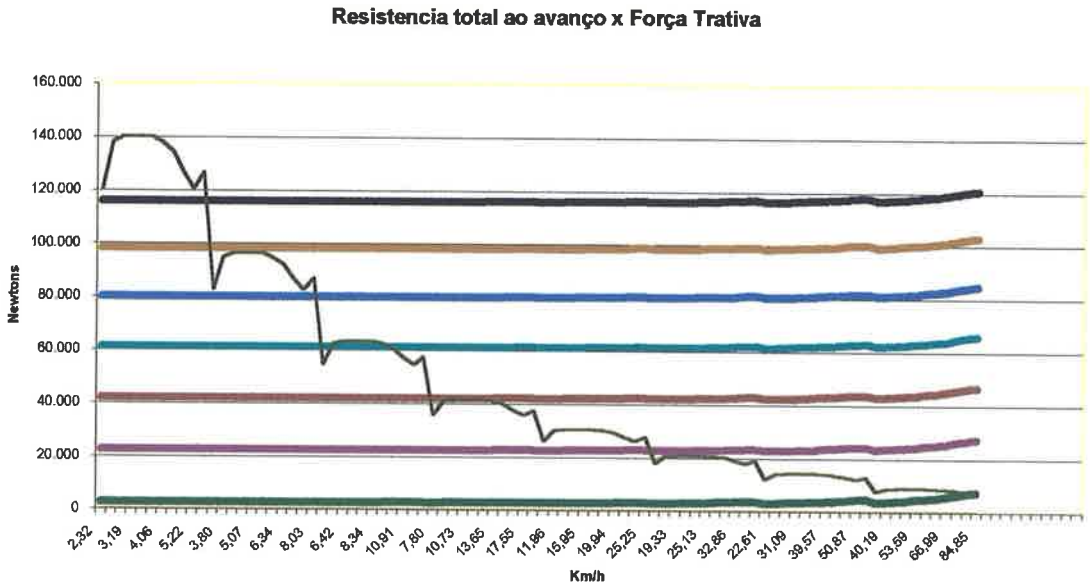

Figura 30- Gráfico resistência total ao avanço x força trativa para semi-reboque com cavalo mecânico super pesado LS 2638.

- Análise Estrutural por Elementos Finitos, este estudo mostrou-se fundamentalmente útil na identificação das concentrações de tensões e possíveis pontos de falhas, bem como suas causas, que permitiram as alterações que levaram aos resultados de redução de massa no equipamento.

Estudo este foi realizado em colaboração com o Laboratório de Tribologia de Materiais Compósitos da Escola de Engenharia de Universidade de São Paulo, na cidade de São Carlos, pela equipe liderada pelo Dr. Jonas de Carvalho.

A primeira conclusão importante que provocou inclusive alterações na estratégia da empresa foi à constatação de os esforços da pressão de 4 kg/cm^2 eram hegemônicos sobre os demais esforços, de maneira que independentemente do semi-reboque ser autoportante ou montado sobre chassi a espessura das paredes seria a mesma e conseqüentemente a sua massa seria semelhante, variando apenas pela aplicação das nervuras de reforço para evitar efeitos de flambagem e aplicadas nos pontos de apoio com o chassi ou com o conjunto de rodagem.

Outra constatação importante foi em relação à forma das calotas das extremidades do reservatório, as empresas construtoras de semi-reboque e reservatórios normalmente usam formas de calotas torisférica, provavelmente porque são mais fáceis de modelar pelo processo de torneamento por repuxo e também porque aumenta o volume geométrico interno. Os testes revelaram consideráveis vantagens pelo uso de calotas semi-esféricas, em relação à distribuição de tensões nas regiões de transição de forma, sendo que esta forma semi-esférica, tem conformação por meio do processo de moldagem de materiais compósitos, resultou em redução de peso e melhoria de desempenho e foi aplicada em todas as propostas.

Para as simulações estruturais por elementos finitos, foi utilizado um modelo geométrico com solicitações extremas, ou seja, a partir do comprimento máximo permitido pela Resolução 12 (Lei da balança) determinou-se à priori as dimensões de diâmetro e carga máximas permitiam resultando em um modelo com as maiores dimensões entre apoios possíveis e com as maiores cargas permitidas.

A figura 30 seguinte apresenta este modelo geométrico extremo:

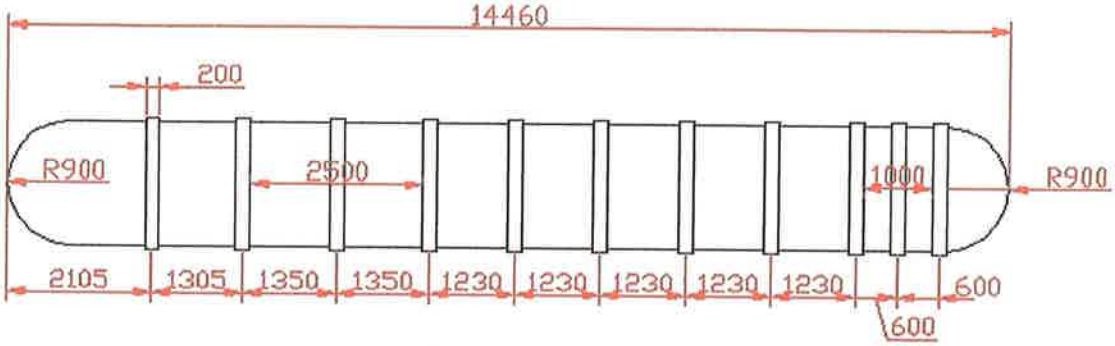

Figura 31 – Croquis do tanque projetado e considerado neste estudo.

A partir deste modelo foram efetuados todos os testes descritos no capítulo anterior, em conseqüência ficou determinada a espessura e as massas do reservatório e das cargas.

4.2.3. Fase 2-Proposição de alternativas. Por meio de ilustrações, manuais ou eletrônicas. Foram apresentadas várias alternativas de forma e função, respeitados os limitadores do *brieffing* (memorial descritivo do produto), para a seleção e aprovação dos setores envolvidos e interessados. As ilustrações apresentadas a seguir apresentam as alternativas propostas:

A primeira ilustração (figura 32 e 33) mostra o semi-reboque utilizado para as análises estruturais por elementos finitos, trata-se de um implemento com capacidade de 35. 269 litros, mas com um comprimento de 14,46 metros, ou seja, no limite máximo de comprimento permitido pela lei da balança, bem como com um diâmetro de 1,80 metros, e que se por caso estivesse carregando água, estaria sendo solicitado no limite extremo permitido pela lei, razão pela qual foi utilizado como modelo para os cálculos, mas que por fim pode ser considerando como uma proposta de semi-reboque de alto desempenho.

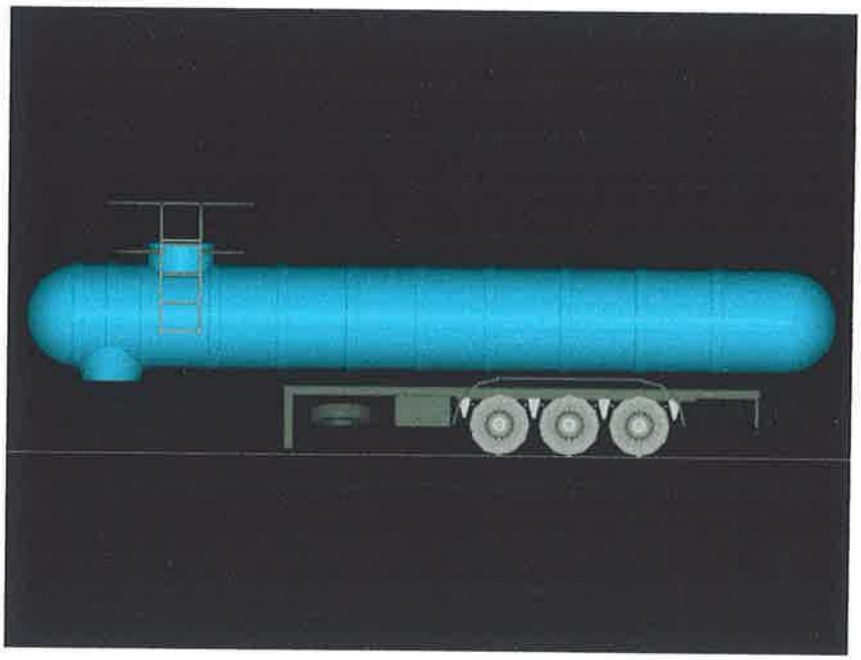

Figura 32 - Semi-reboque diâmetro 1,8 m x 14,46 m x 35,269 m^3

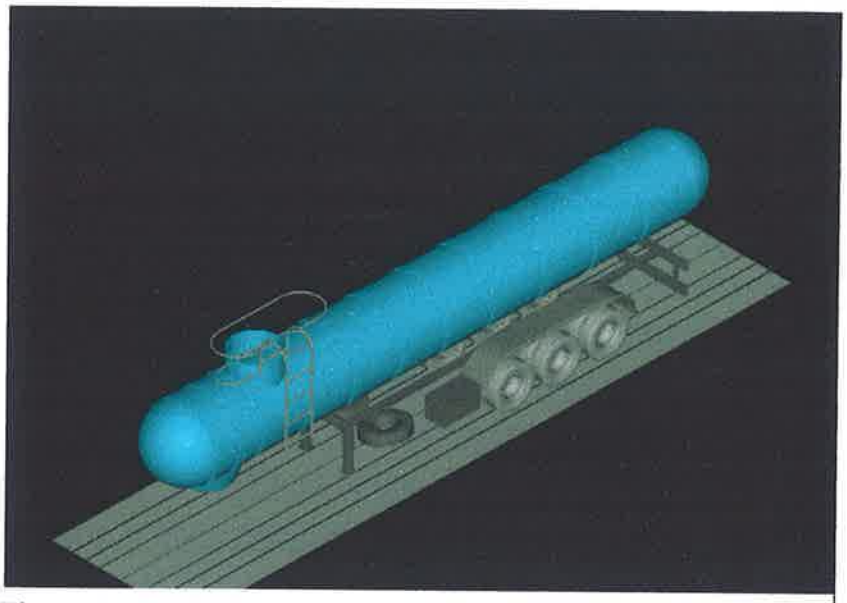

Figura 33 Semi-reboque diâmetro 1,8 m x 14,46 m de comprimento x 35,269 m^3.

A segunda ilustração (Figuras 34 e 35) apresenta o contratipo do semi-reboque utilizado pelo transportador, ou seja, com diâmetro de 1,60 m e 12,17 m de comprimento e capacidade de carga de 30,800 m^3 resultante do acréscimo de 1,800 m^3 obtidos da redução de peso do reservatório, em contrapartida aos 29,000 m^3 e 11 m de comprimento, dos semi-reboques atualmente utilizados.

A terceira ilustração (Figura 36 e 37) apresenta, a proposta para o que se considera o provável *Benchmarking* deste mercado: o semi-reboque do concorrente C para produtos químicos, que tem diâmetro de 1,80 e transporta 28,8 m^3, que neste caso passou a transportar 30,800 m^3 com diâmetro de 1,96 m, acrescendo 2,000 m^3 na carga, este semi-reboque prestar-se-ia para transportes de produtos com densidade em torno de 1x1.

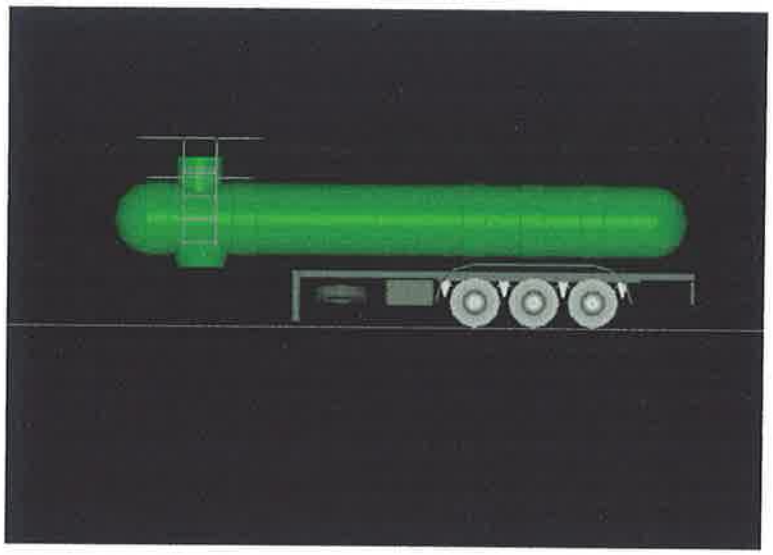

Figura 34 - Semi-reboque diâmetro 1,6 m, 12,17 m de comprimento e 30,80 m^3.

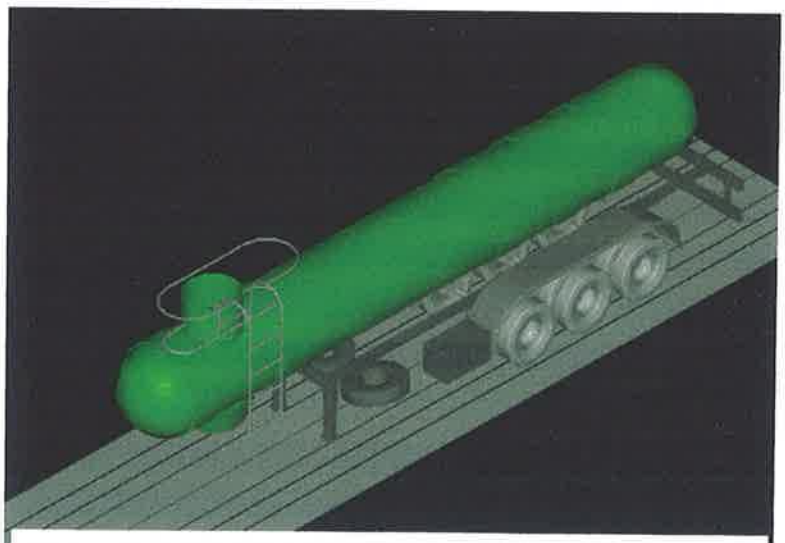

Figura 35 semi-reboque diâmetro 1,6m x 12,17 m de comprimento e 30,800 m^3.

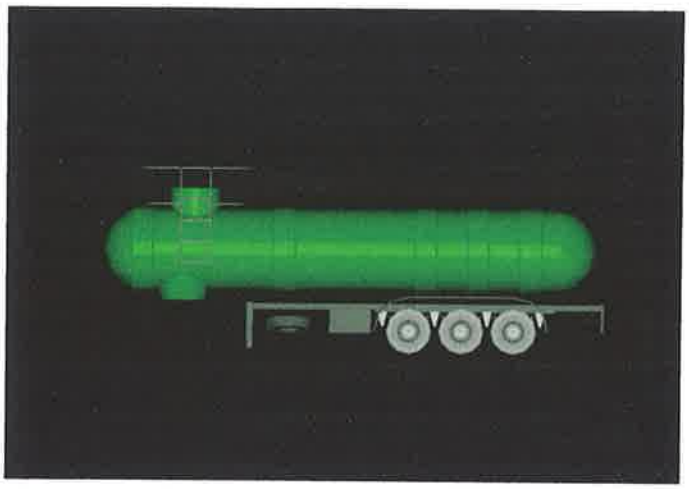

Figura 36 - Semi–reboque com diâmetro de 1,96 m x 12 m x 30,8 m^3.

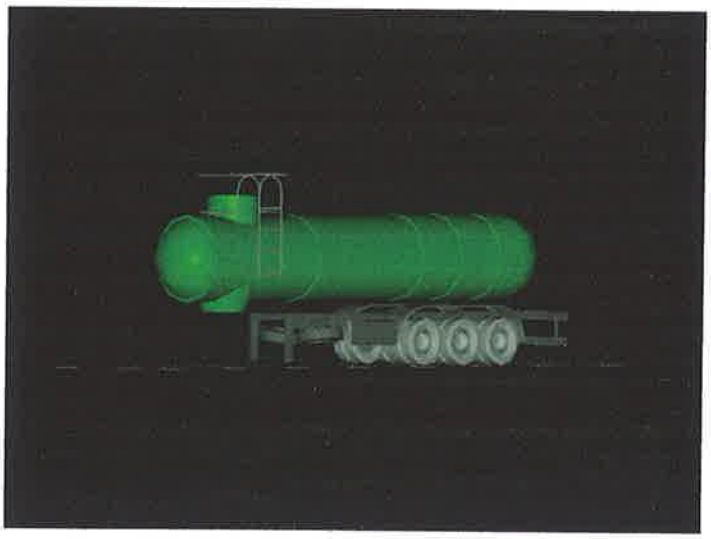

Figura 37 - Semi–reboque com diâmetro de 1,96 m x 12 m x 30,8 m^3.

A quarta ilustração (Figura 38 e 39) apresenta o contratipo para o semi-reboque do concorrente C, novamente o acréscimo de 1,80 m^3, permitiu transportar 30,66 m^3, em contrapartida ao reservatório de 28,80 m^3 do concorrente C.

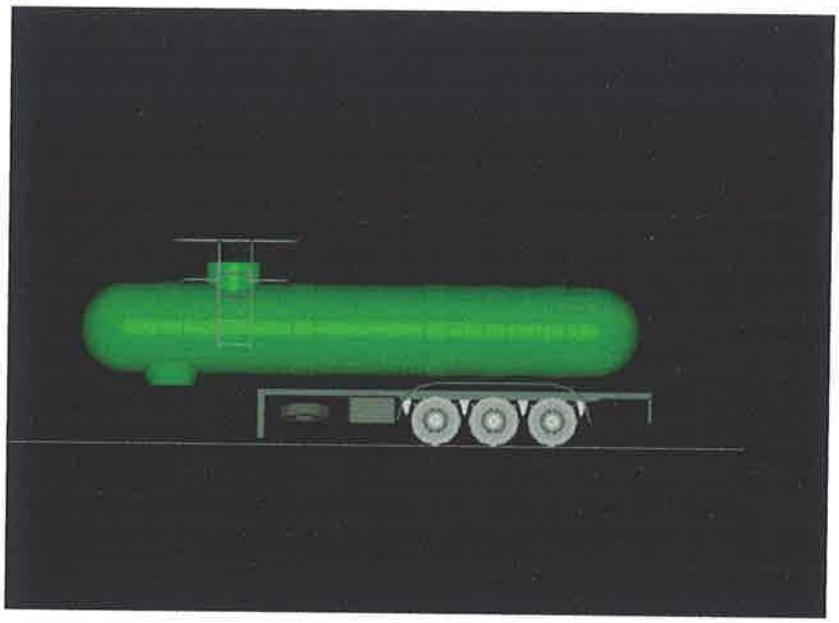

Figura 38 - Semi-reboque concorrente do concorrente C com diâmetro de 1,80 x 12m x 33,00 m^3.

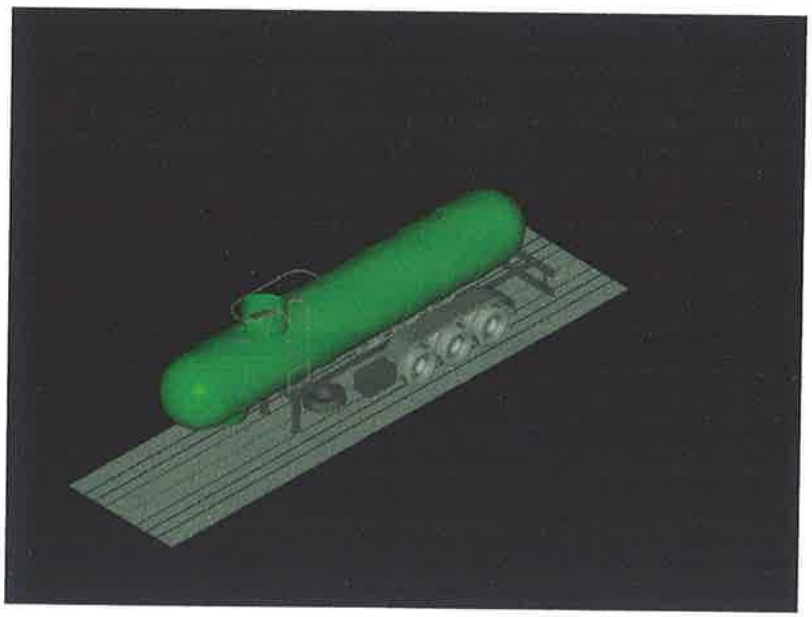

Figura 39 - Semi-reboque concorrente do concorrente C com diâmetro de 1,80 m x 12m x 33,00 m^3.

A quinta e ultima ilustração (Figura 40 e 41) apresenta um semi-reboque com diâmetro de 2,00 m e comprimento de 12 m, e com capacidade de transportar 35,000 m^3, não tendo similar no mercado, prestando-se principalmente para o transporte de produtos com baixa densidade e para clientes que necessitam de um implemento com

versatilidade e manobrabilidade.

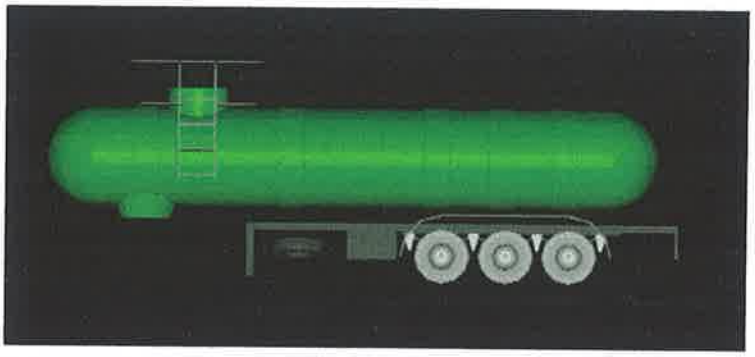

Figura 40 -Semi-reboque sem similar no mercado com diâmetro de 2,00 m x 12 m x 35,00 m^3.

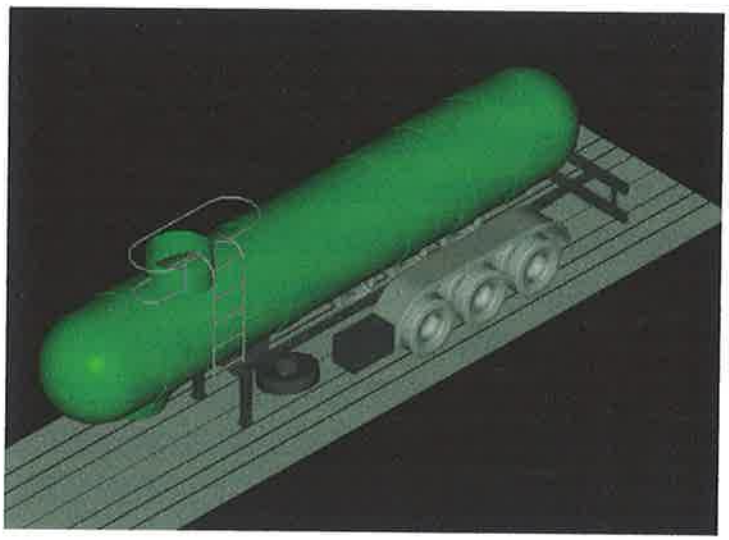

Figura 41-Semi-reboque sem similar no mercado com diâmetro de 2,00 m x 12 m x 35,00 m^3.

4.2.4. Fase 3 – Definição de forma.

Tabela 7 – Definição de forma.

Diâmetro (m)	Comprimento (m)	Volume Útil (m3)	Densidades (kg/m3)	Massa Tanque (kg)	Massa Carga Permissível	Massa de Carga/Tanque	Área superfície (m2)	Massa provavel do reservatório em Aço	Ganho provável
1.4	14.53	21.65	1.45	2165	29231	14	63.91	3840	1676
1.4	15.57	23.25	1.35	2320	29076	13	68.48	4128	1808
1.4	18.05	27.07	1.16	2689	28707	11	79.39	4814	2125
1.4	20.86	31.39	1	3108	28288	9	91.75	5592	2484
1.5	12	20.32	1.45	1916	29480	15	56.55	3336	1420
1.5	12.75	21.65	1.45	2035	29361	14	60.08	3558	1523
1.5	13.66	23.26	1.35	2181	29215	13	64.37	3828	1648
1.5	15.82	27.07	1.16	2525	28871	11	74.55	4469	1943
1.5	18.27	31.40	1	2917	28479	10	86.10	5195	2278
1.6	11.3	21.65	1.45	1924	29472	15	56.80	3306	1382
1.6	12.1	23.26	1.35	2060	29336	14	60.82	3559	1499
1.6	13.99	27.06	1.16	2382	29014	12	70.32	4157	1775
1.6	16.14	31.38	1	2748	28648	10	81.13	4838	2089
1.8	9.11	21.66	1.45	1745	29651	17	51.52	2870	1125
1.8	9.74	23.26	1.35	1866	29530	16	55.08	3094	1229
1.8	11.24	27.08	1.16	2153	29243	14	63.56	3629	1475
1.8	12.94	31.40	1	2479	28917	12	73.17	4234	1755
1.8	14.46	35.27		2770	28626	PADRÃO	81.77	4775	2005

Massa Total permissível para todos casos (Kg): 31396

OBS:

a) As massas dos tanques foram aproximadas em função do padrão analisado considerando proporção entre as áreas das superficies externas do tanque (considerou-

b) Para cálculo dos volumes foram consideradas calotas semi-esféricas.

A definição de forma representa a melhor solução para o problema, e é esperado que apenas uma forma se apresente como a melhor, no entanto neste caso a melhor solução para este problema era de fato a composição dos parâmetros geométricos, alternando diâmetros, comprimentos e densidades para estabelecer em uma família de semi-reboques que atendesse as múltiplas aplicações dos clientes.

Esta tabela 7 acima, que também foi chamada de Matriz de Produtos relacionando: diâmetros e comprimentos de reservatórios, com as densidades dos produtos transportados, tara do reservatório, massa transportada, e ganhos prováveis de redução de peso, é apresentada acima como definição de forma.

4.4 - Comentários sobre o método no estudo de caso.

A oportunidade de aplicar o procedimento permitiu testar o que estava sendo enunciado como método proposto, em algumas tarefas o método mostrou-se eficaz, em outras as características do que estava estabelecido no escopo inicial se mostraram dispensáveis, no entanto em linhas gerais acredita-se que esta abordagem sistemática contribuiu preponderantemente para o trabalho atingir os objetivos de concepção, de prazo e custo estabelecidos.

É necessário esclarecer que a contratante, ainda não havia se definido para o desenvolvimento total do projeto, e neste escopo ainda não estava contido o desenvolvimento executivo do semi-reboque. Visto que conforme orientação do principal diretor, eles gostariam de antecipar a fase de concepção e análise estrutural das seções críticas, com o objetivo de verificar a viabilidade técnica e comercial do empreendimento, entendendo que o produto só seria competitivo no mercado caso a redução de massa e peso do equipamento fosse superior a 1500 kg, valor estabelecido por meio de uma análise empírica, a partir da amortização do custo do equipamento por meio do acréscimo de carga permitida, importante também informar que já havia também um pressuposto do fato de que o material compósito ser mais custoso que chapa de aço carbono para esta aplicação. Neste aspecto as pesquisas iniciais mostraram-se eficazes seja confirmando ou contradizendo estes pressupostos, mas, expuseram sua utilidade porque quando do questionamento (mesmo que informal), levaram a necessidade da identificação das questões envolvidas e da busca de respostas.

Apenas como exemplo desta utilidade de se executar uma pesquisa inicial de forma pragmática e dedutiva, foi o fato de que este pressuposto não ter considerado a necessidade de revestimento interno de uma barreira química no reservatório de aço carbono, supostamente mais baratos, para alguns tipos de produtos químicos transportados, revestimento este por meio de uma camada de 5mm de material compósito, consistindo nisto uma operação dispendiosa e problemática, tendo em vista que este revestimento é executado por um operador no interior do tanque

fechado, sob os gases voláteis das resinas e solventes, normalmente em razão do risco a saúde e do desconforto desta tarefa, que resulta e baixa qualidade do revestimento e conseqüentemente problemas em futuro próximo.

Outro aspecto que esta pesquisa mostrou-se útil foi na análise dos requisitos legais, a chamada *Lei da Balança* e das Normas para transporte de produtos perigosos, no primeiro caso identificando outras soluções para acréscimo de carga dentro dos limites da lei, como exemplo a possibilidade de incorporar o sistema de eixos direcionais independentes, que permitiriam apoiar sobre o solo 30.000 kg, em contrapartida ao sistema de suspensão em tandem de três eixos que permitem 25.000 kg, esta solução foi imediatamente considerada como mais uma alternativa em adição à redução de peso no equipamento, passou a constar dos cálculos estruturais.

Outra constatação ocorreu na análise de cenários de fornecedores, em que a localização de fornecedores para todos os sistemas permitiu, que empresa revisasse sua estratégia de produção, concentrando-se no desenvolvimento e produção do reservatório exclusivamente e viabilizando ainda mais o retorno dos investimentos.

Análise dos processos mostrou-se dispensável, visto que o processo de *Fillament Winding* que a empresa detinha e já estava determinado expressamente no escopo do trabalho, no entanto neste caso também a pesquisa mostrou-se útil, quando chegou ao conhecimento a possibilidade de controlar por CNC o processo, o que permitiria mais liberdade de espessura, variável no comprimento do reservatório, e em conseqüência permitindo também aumentar as espessuras nas regiões críticas, e diminuí-la nas regiões onde as tensões fossem menores; a adoção desta solução foi postergada porque seria necessário um outro desenvolvimento para o processo, porém acrescentou como mais uma alternativa e também ao repertório tecnológico.

No trabalho de determinação das condições de contorno e das forças atuantes, verificou-se que as condições exigidas em normas prevaleciam sobre as condições estabelecidas por meio dos cálculos físicos de desempenho veicular, desta forma a pressão interna de teste exigida de 4,0 kg x cm^2, quando aplicadas nas simulações tornou-se hegemônica sobre todas as outras forças atuantes, possivelmente algumas

pessoas poderiam ter concluído então sobre o inócuo de se realizar os demais avaliação, no entanto o pragmatismo da pesquisa mostrou uma ponderabilidade entre os esforços, e principalmente a conclusão de que sendo ou não autoportante, as paredes críticas teriam a mesma espessura, o que também permitiu a empresa revisar a sua estratégia competitiva. Visto que o mesmo produto poderia ser aplicado a dois nichos de mercado simultaneamente, desta forma o reservatório seria o mesmo para ser aplicado sobre chassi, como seria a preferência do usuário possuidor de um semi-reboque com reservatório em aço carbono com problemas de vazamento, ou para a compra de um semi reboque novo autoportante com maior capacidade de carga como se pressupõe seja preferência de uma nova aquisição.

Outro aspecto interessante ocorreu na produção de alternativas, em que não foi aplicado nenhum método de estímulo a criatividade, como exemplo a Roda de Alternativas, inspirada na *Régua Heurística*© de Duailibi e Simonsen [6] apresentada no capítulo 3; as alternativas foram desenvolvidas à partir da Análise de Cenários da Concorrência e *Benchmarking*, tendo-se identificado os qualificantes dos melhores concorrentes. Era suficiente acrescer a economia de massa no reservatório para carga transportada, para obter um contratipo com melhor desempenho, isto no entanto, não inviabiliza a utilização de métodos de estímulo à criatividade nos projetos de concepção automotiva, porque neste caso o escopo do trabalho já determinava a geração muito específica de soluções alternativas, o que em outros casos de projeto provavelmente não ocorrerá.

Finalmente, o sucesso do resultado final, apresentado na planilha de redução de peso (tabela 7), mesmo considerando que algumas tarefas podem aparentemente ser consideradas inócuas, infrutíferas e dispensáveis conclui que aplicação do método planejado e dirigido aos objetivos das tarefas permitiu chegar mais rapidamente à conclusão do trabalho reduzindo custos de desenvolvimento, caso em contrapartida fosse executado de forma empírica.

5. CONCLUSÕES FINAIS.

Foi intento deste trabalho contribuir para os estudos de gerenciamento de projetos, por meio da análise dos métodos em uso, bem como, com a proposição por hipótese de um procedimento sintético, mas que atendesse de uma maneira geral as diferentes necessidades de controle de desenvolvimento automotivo.

Foi hipótese aceita por principio, neste trabalho a consideração que em todo problema a ser resolvido, é aconselhável a prática de uma abordagem metódica e sistemática como forma de garantir que todos os parâmetros da questão sejam incluídos de maneira pragmática, e este estudo é uma tentativa neste sentido e que pode ser aperfeiçoado e modificado para atender especificamente cada caso.

Uma análise dedutiva ao final revela forças e deficiências e indica também um caminho para as melhorias que poderiam ser incluídas no futuro neste trabalho, ou seja, este intento em alguns pontos mostra-se eficaz, em outros desnecessários e em outros necessita de melhorias.

5.1.Contribuições satisfatórias.

Entre os aspectos em que a contribuição foi satisfatória, acredita-se que seja o enfoque metodológico para a compreensão das questões conceituais envolvidas no produto automotivo, a formulação metódica por meio da Matriz de Questionamento, que é uma intenção de sistematizar o questionamento, que posteriormente vai conduzir a pesquisa.

Outra contribuição considerada satisfatória foi a Roda de Alternativas, inspirada na *Régua Heurística*© de Duailibi e Simonsen [6], que tem escopo, de estimular a criatividade de forma dedutiva, também procurando produzir alternativas de oportunidades para a criação de novos veículos.

No entanto, é possível que sejam pouco factíveis em casos específicos, onde aparentemente os conceitos dos produtos já estejam definidos *à priori*, como foi o caso do estudo de caso, porém mesmo neste caso fica demonstrada a utilidade de uma abordagem sistemática e metódica para a pesquisa inicial, permitindo a identificação de alguns limitadores e oportunidades que geraram novas propostas.

5.2. Sugestões de melhorias e continuidade.

Uma questão que deveria ser abordada com maior profundidade e crítica é a quantificação e a qualificação dos recursos e ferramentas aplicadas a todas as fases, os recursos humanos envolvidos, as instalações e os equipamentos necessários, a utilidade das novas ferramentas digitais. Nos aspectos ligados aos seus desempenhos comparativos, e de que forma estas novas ferramentas afetam ou alteram o seqüenciamento das tarefas, portanto o estudo destes aspectos é sugestão para a continuidade deste trabalho.

Outro aspecto que mereceria maior aprofundamento é a questão sobre as diversas necessidades de desenvolvimento de diferentes tipos de empresas na cadeia automotiva. Considera-se que o desenvolvimento de componentes automotivos, veículos de nichos ou de implementos rodoviários por parte de pequenos fabricantes, de pequenas empresas ou adaptadores, que também necessitam de uma abordagem conceitual, porque é cada vez mais freqüente o surgimento de novos conceitos de componentes e a obsolescência de outros, por exemplo, a incorporação da informática embarcada afeta a concepção dos componentes de controle. O questionamento que permanece: De que forma as pequenas empresas fabricantes de veículos, de autopeças podem dar respostas conceituais para estes problemas? Levando-se em conta que as pequenas empresas têm necessidades administrativas diversas das grandes e os métodos e recursos podem ser inadequados; a estas estruturas. Esta também é uma sugestão para a continuidade deste estudo.

5.3.Considerações finais.

Nos casos de Desenho de Concepção de Produto, Projeto e Desenvolvimento, em face da complexidade e da diversidade de fatores que ocorrem, esta prática dedutiva, sistemática e metodológica torna-se crucial.

É necessário principalmente nas fases iniciais de projeto, que todos os fatores tenham sido incluídos de forma dedutiva e consciente, tendo em vista que os custos e prazos das fases finais são extremamente dispendiosos, para serem desperdiçados por revisões causadas por fatores que não foram abordados.

Esta contribuição ao método, conquanto sumária, quando comparada a outros estudos sobre Administração de Projetos, contempla em suas quatro fases as atividades básicas no processo de desenvolvimento de novos produtos, ou seja, a identificação do problema que esta sendo resolvido, a proposição de várias alternativas de solução, a definição de qual a melhor solução para o problema proposto, e a execução.

Normalmente, no dia a dia das empresas, os projetos de novos produtos iniciam-se após a identificação de uma oportunidade de mercado, ou mesmo pela necessidade de substituir os produtos existentes por produtos mais competitivos em face da concorrência. Desta forma, é normal que o problema se apresente para as áreas de Desenho de Concepção de Produto, Engenharia e Desenvolvimento de forma consumada, após estudos e decisões estratégicas envolvendo diversos departamentos, e a diretoria principalmente.

Portanto, nestes casos a decisão de um novo produto pode ser apresentada da seguinte forma:

È necessário desenvolver um caminhão de seis toneladas para uso urbano! Ou ainda, *Precisa-se desenvolver um caminhão como o XPTO do concorrente!*

O problema colocado desta forma, aparentemente é levado a crer que as pesquisas iniciais e a proposição de alternativas sejam dispensáveis, uma vez que tudo já esteja definido, no entanto desta forma se estabelece um verdadeiro processo de fossilização dos produtos da empresa, muito provavelmente ao final deste desenvolvimento será obtido um caminhão de seis toneladas para transporte urbano, muito parecido como o existente na concorrência.

A definição real do problema existente abre perspectivas muito ampliadas de inovação consciente caso a abordagem inicial focalizasse o problema real, neste caso de transporte urbano de mercadorias, se o problema fosse enunciado desta maneira:

Conceber um produto para transporte urbano de mercadorias.

Referido-se ao problema que o produto está previsto para resolver e sem definir a solução. Apresentado desta maneira aberta, as alternativas ficam bem ampliadas, e despertam novos questionamentos:

Transportar o que? Que volume? Que peso? Em que tipo de malha urbana? Amplas avenidas ou rua estreitas e centrais da cidade? Qual o custo envolvido? Enfim isto abre muitas perspectivas de definir um produto totalmente diferenciado dos existentes.

Se por exemplo, o volume e peso de cada mercadoria forem pequenos, este transporte poderia ser fracionado em pequenos veículos, por outro lado se fossem volumosos e pesados estes veículos poderiam incorporar facilidades de manuseio de carga e descarga. Tornando o novo produto muito mais competitivo.

Ampliando as alternativas, poderiam ter posto de direção avançado ou não ("cabina cara chata" ou cabina estendida para os ajudantes)?

Poderiam ter propulsão elétrica ou híbrida, para pequenas distâncias urbanas, com baterias recarregáveis?

Similarmente o estudo de caso apresentado, embora tendo o problema sido apresentado de forma consumada, um semi-reboque para produtos perigosos

autoportante em material compósito. Aparentemente dispensaria a pesquisa inicial, no entanto, foi por meio desta pesquisa que foram identificadas outras alternativas de atender ao problema básico que a pesquisa mostrou, ou seja: reduzir peso do equipamento, para acrescentar à carga de produtos perigosos, com segurança e qualidade para reduzir o custo do frete.

Concluindo acredita-se que uma abordagem metodológica seja sempre aconselhável, mesmo quando as primeiras definições aparentam estar consumadas.

Referências bibliográficas.

1. ASSIMOV, M. (1962) - **Introduction to Design**. New Jersey: Prentice Hall.

2. AUTO & DESIGN MAGAZINE – Revista trimestral números de 114 a 129 (2001) Torino, Trimestral -**Auto & Design Magazine Editori**.

3. CAR DESIGN 2000 – Anuário 2000, Activa Design Management, Design Difusioni Edicioni.

4. CENTRO PORTUGUES DE DESIGN (1997). **Manual de Gestão do Design**. Porto: Centro Português de Design.

5. DINSMORE, P. C. (1992). **Gerência de Programas e Projetos**. São Paulo: Editora Pini ltda.

6. DUAILIBI, R. e SIMONSEN, S. (2000). **Criatividade & Marketing.** São Paulo: Makron Books Editora.

7. FIELL, C e FIELL, P. (2001) **Design Industrial A-Z** - Köln Taschem Gmbh.

8. GERIN, A. *et al.(* 1997). **Compreender o trabalho para transforma-lo - A Prática da Ergonomia**. São Paulo: Editora Edgard Bluncher Ltda.

9. GILLESPIE, T. (1992). **Fundamentals of Vehicle Dynamics**. Warendale : Published by SAE- Society of Automotive Engineers.

10. GOETSCH, H. (1993), **Developing implementing, & Managing an Effective Marketing Plan.** Illinois, American Marketing Association.

11. JOURNAL OF ENGINEERING DESIGN, Carfax Publishing Ltd. , 1998.

12. JOURNAL OF ENGINEERING MANUFACTURE, Engineering Design Centre, London, 1996.

13. KAMINSKI, P. C. (2000)- **Desenvolvimento de produtos com planejamento, criatividade e qualidade**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora.

14. KEY NOTE PAPERS, University of Tokio, 1998.

15. KELLER, G. F. (1965). **Arte e ciência da criatividade**. Rio de Janeiro; Ibrasa – Instituição Brasileira de difusão Cultural.

16. MADUREIRA O. M. (2000) – **Apostila curso de Dinâmica Veicular - e notas de aula** – São Paulo: Escola Politécnica Universidade de São Paulo.

17. MALDONADO, T. (1977). **El Diseño Industrial reconsiderado - Definicion, história e bibliografia**. Barcelona: Editora Gustavo Gilli .

18. MC CORMICK, E. e SANDERS, M. (1993 - 17º Edição). **Human Factors in Engineering and Design**. New York: Mc Graw Hill.

19. MUNARI, B. (1971)- **Design as Art**- England: Penguin books.

20. SCHULMAN, D. (1994) - **O Desenho industrial- Oficio de arte e forma** – São Paulo: Papirus Editora.

21. WOMACK, JONES, ROOS (1990). **"A Máquina que Mudou o Mundo".** New York Rawson Associates Inc.

APÊNDICE.

1- Apêndice A - Figura 1 – Fluxo Geral do Método Proposto.

2- Apêndice B - Figura 2 – Matriz de Questionamento.

3- Apêndice C - Figura 5 – Roda de Alternativas.

4- Apêndice D - Figura 11 – Matriz de Questionamento aplicada ao Estudo de Caso.

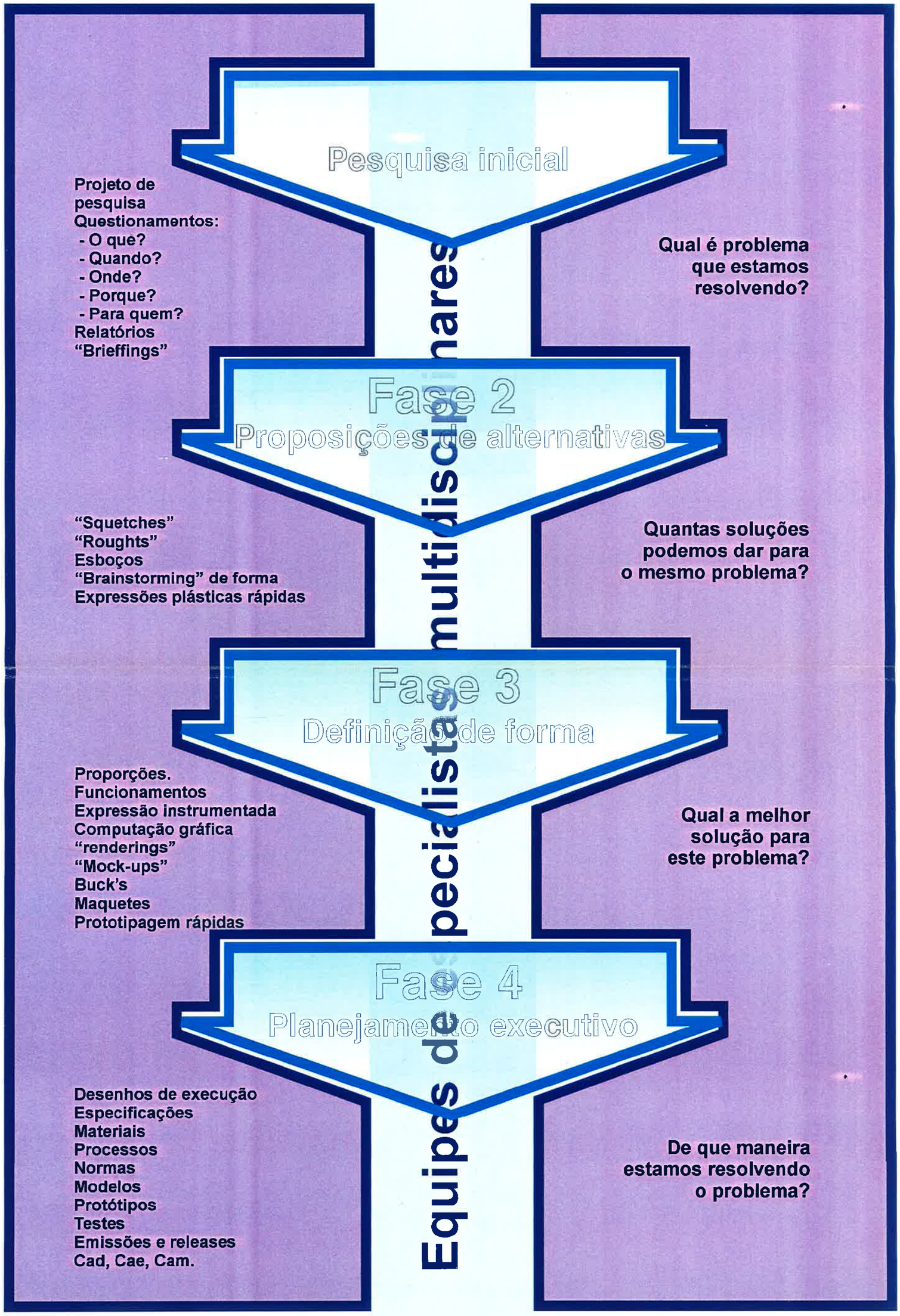

Figura 1 - Fluxo Geral do Método Proposto

Perguntas básicas	Porque?								Onde?								Quando?								Quem?								O que?								Como?							
		Produção			Mercado			Meio		Produção			Mercado			Meio		Produção			Mercado			Meio		Produção			Mercado			Meio		Produção			Mercado			Meio		Produção			Mercado			Me
Limitadores de projeto	Normas e legislação	Processos	Matérias primas	Cadeia de suprimento	Clientes	Usuários	Concorrência	Sócio Cultural	Ambiente	Normas e legislação	Processos	Matérias primas	Cadeia de suprimento	Clientes	Usuários	Concorrência	Sócio Cultural	Ambiente	Normas e legislação	Processos	Matérias primas	Cadeia de suprimento	Clientes	Usuários	Concorrência	Sócio Cultural	Ambiente	Normas e legislação	Processos	Matérias primas	Cadeia de suprimento	Clientes	Usuários	Concorrência	Sócio Cultural	Ambiente	Normas e legislação	Processos	Matérias primas	Cadeia de suprimento	Clientes	Usuários	Concorrência	Sócio Cultural	Ambiente	Normas e legislação	Processos	Matérias primas	Cadeia de suprimento	Clientes	Usuários	Concorrência	Sócio Cultural
Qualificantes																																																
Dimensões																																																
Comprimento																																																
Largura																																																
Altura																																																
Profundidade																																																
Extensão																																																
Peso																																																
Área																																																
Volume																																																
Densidade																																																
Concentração																																																
Potencia																																																
Tempo																																																
Esforço																																																
Tensão																																																
Intensidade																																																
Velocidade																																																
Aceleração																																																
Energia																																																
Trabalho																																																
Pressão																																																
Período																																																
Freqüência																																																
Duração																																																
Faixa etaria																																																
Renda																																																
Profissão																																																
Nivel escolar																																																
Interesses pessoais																																																
Nivel social																																																
Espaço																																																
Investimento																																																
Custo																																																
preço																																																
Capacidade																																																
Recursos																																																
Eficiência																																																
Rendimento																																																
Sincronismo																																																

Figura 2 - Matriz de Questionamento.

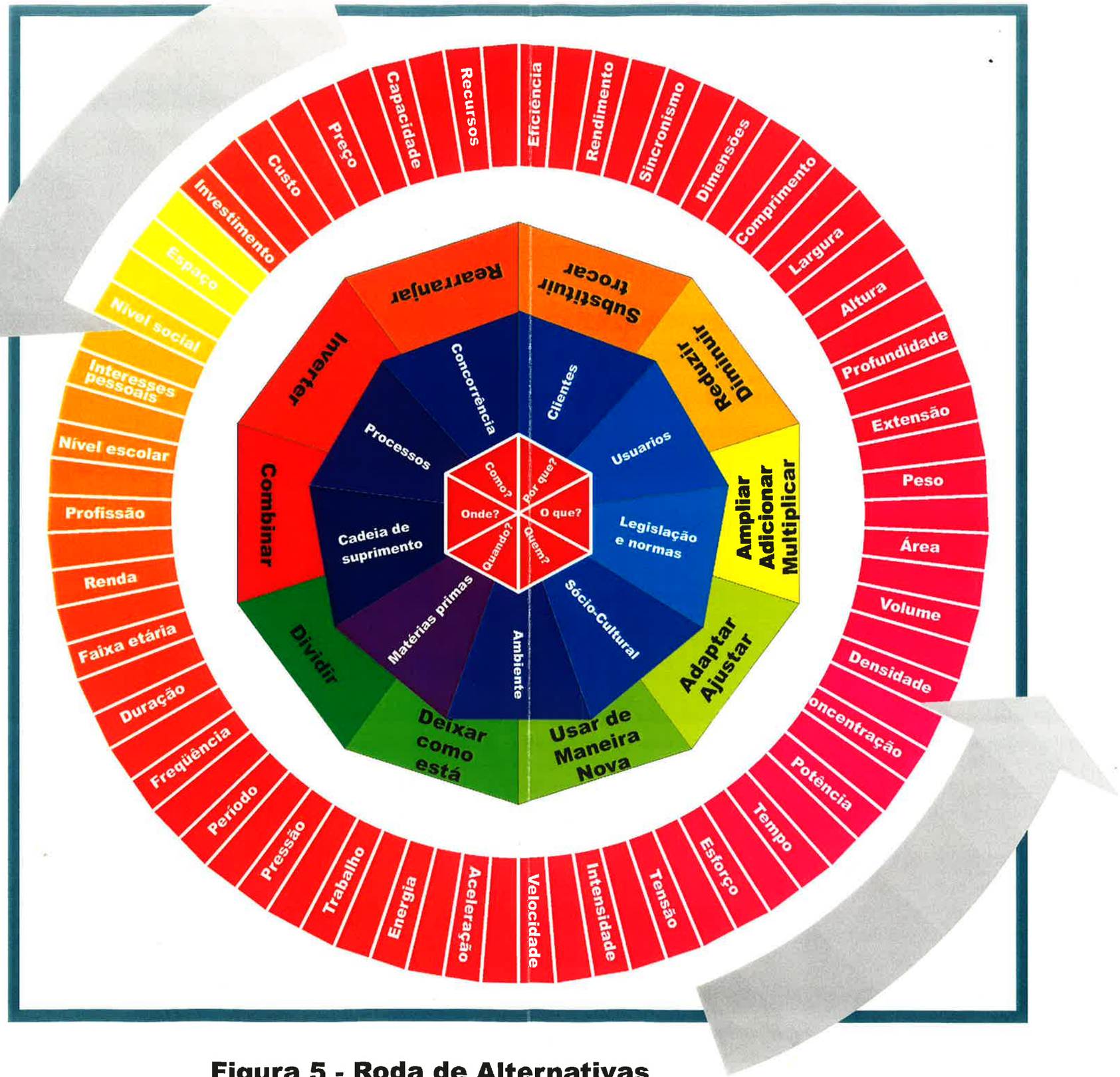

Figura 5 - Roda de Alternativas

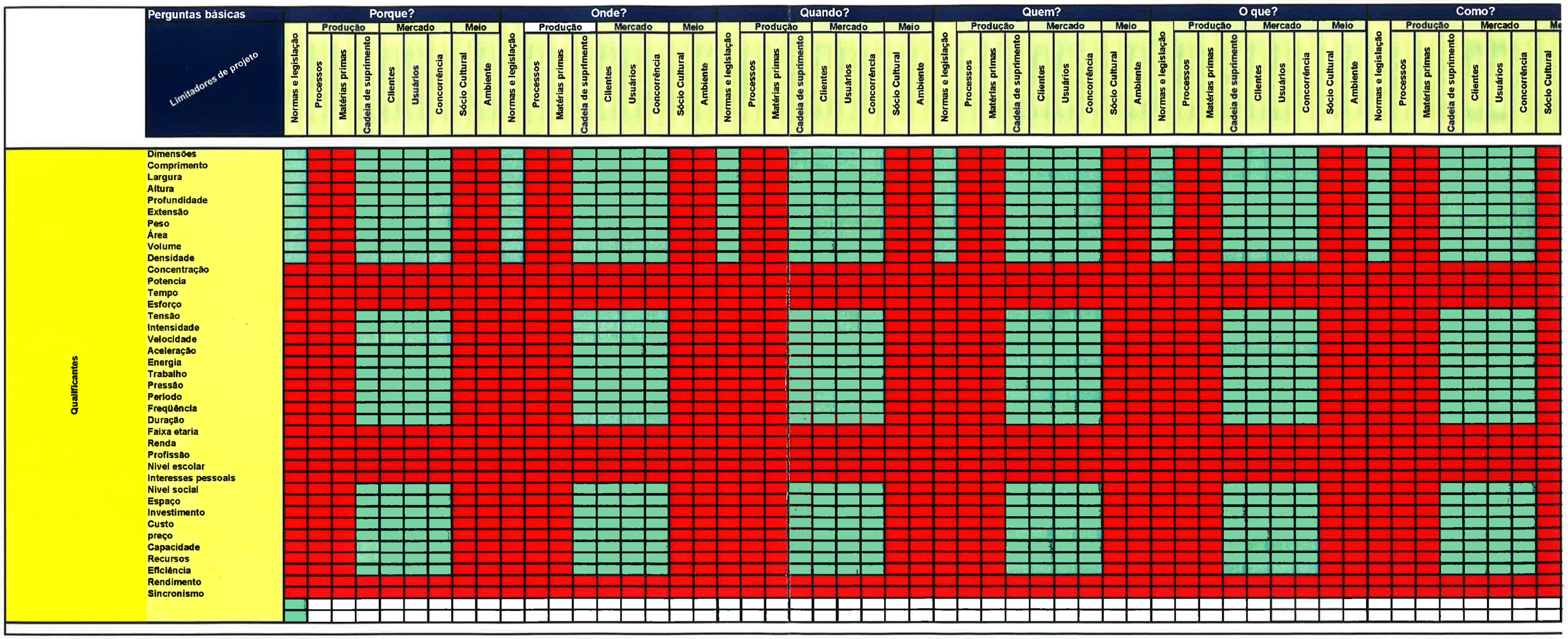

Figura 11 - Matriz de Questionamento aplicada ao Estudo de Caso.