



Fabiano Carlos Hilgemann

**PROJETO CONCEITUAL DE CARRO DE MOVIMENTAÇÃO
PARA OS MÓDULOS DE ALIMENTAÇÃO DAS
COLHEITADEIRAS JOHN DEERE**

Horizontina

2012

Fabiano Carlos Hilgemann

**PROJETO CONCEITUAL DE CARRO DE MOVIMENTAÇÃO PARA
OS MÓDULOS DE ALIMENTAÇÃO DAS COLHEITADEIRAS JOHN
DEERE**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Valmir Vilson Beck, Especialista em Desenvolvimento de Produto.

Horizontina

2012

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**“Projeto conceitual de carro de movimentação para os módulos de
alimentação das colheitadeiras John Deere”**

Elaborada por:

Fabiano Carlos Hilgemann

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

**Aprovado em: 04/12/2012
Pela Comissão Examinadora**

**Especialista em Desenvolvimento de Produto. Valmir Vilson Beck
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Mestre em Engenharia de Produção. Cesar Antônio Mantovani
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Mestre em Engenharia Agrícola. Ricardo Ferreira Severo
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Mestre em Engenharia Mecânica. Anderson Dal Molin
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica - FAHOR**

**Horizontina
2012**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, irmãos, a Lenize, e todos que sempre me apoiaram e sonharam com este momento.

AGRADECIMENTO

Aos meus pais Arno Hilgemann e Eli Marta de Souza, pela atenção, carinho e incentivo recebido para iniciar o curso de graduação em Engenharia Mecânica, e toda a ajuda oferecida por eles para que eu pudesse caminhar nessa jornada.

Aos meus irmãos Christiane e Rafael, que estiveram ao meu lado me apoiando, incentivando e ajudando sempre que solicitei.

A namorada Lenize, que me acompanhou ao final dessa jornada, prestando suporte, apoio, estando ao meu lado quando precisei.

Ao meu orientador Valmir Beck, que sempre disponibilizou seu tempo para as conversas, e ajudou a direcionar o meu trabalho de final de curso.

A empresa John Deere que cedeu suas ferramentas, ambiente e incentivo financeiro para que eu pudesse desenvolver-me no trabalho e na vida pessoal, contribuindo para esse trabalho.

Aos profissionais que trabalham na John Deere, que sempre acreditaram no meu potencial, fornecendo feedback, apoio e as ferramentas para elaboração desse trabalho.

Aos amigos adquiridos durante o curso, que sempre estiveram a disposição para tirar dúvidas e discutir sobre o trabalho.

RESUMO

O sistema de produção John Deere e seu sistema logístico, principalmente na unidade de Horizontina, são atualmente referência em produtividade, tecnologia, segurança e gestão de logística. Alterações na linha de pintura para aumento de capacidade de carga, possibilitarão desenvolver um carro de movimentação que permita passar pendurado pelo processo de pintura juntamente com as peças, diferente do processo atual onde a capacidade de carga permite que somente as peças passem penduradas pelo processo de pintura, e o carro é removido e armazenado até que as peças retornem pintadas. O projeto de um carro de movimentação que minimiza e/ou elimina este e outros problemas, especialmente a dificuldade de retirar e colocar novamente o módulo alimentador com seus subconjuntos ao carro, a redução da área utilizada e do tempo gasto em armazenar o carro antigo, a necessidade de desmontar após a pintura os subconjuntos, para poder retirar o módulo alimentador, e a possibilidade de extravio dos elementos de fixação dos subconjuntos, devido a retirada do módulo, constitui-se no objetivo geral deste trabalho. Por solucionar os problemas levantados, através de uma pesquisa bibliográfica que fundamentou os estudos, e pela utilização de uma metodologia de projeto de produto eficaz, pode-se afirmar que o objetivo geral, execução do projeto conceitual de um carro de movimentação dos módulos de alimentação das colheitadeiras John Deere foi totalmente alcançado, assim como os objetivos específicos constituídos pelo levantamento das necessidades do projeto do carro de movimentação, elaboração de suas especificações e do seu conceito. O projeto conceitual realizado, permitirá a transposição do carro pelo processo de pintura, pendurado juntamente com as peças, possibilitará a sua utilização na armazenagem de peças na linha de montagem pós-pintura, sem a necessidade de desmontagem dos subconjuntos, proporcionará redução no manuseio das peças, e minimizará as dificuldades para a colocação e a retirada do carro e das peças do processo de pintura. O capítulo dos resultados apresenta as etapas informacional e conceitual do projeto, etapas em que se obtiveram as necessidades e os requisitos dos clientes, os requisitos do projeto, os princípios de solução, as definições de soluções conceituais e enfim, conceitos do carro de movimentação.

Palavras-chaves: Carro de movimentação, módulo alimentador e projeto

ABSTRACT

The system of production John Deere and its logistics system, mainly in the unit of Horizontina, are currently benchmark in productivity, technology, security and management of logistics. Changes in the paint line for increased load capacity, will develop a handling car which makes it possible hanging by paint process together with the parts, different the case where the current load capacity allow only the parts pass hanging by the paint process, then the car is removed and stored until the parts return painted. The project of a handling car that minimizes and/or eliminates this and other problems, especially the difficulty of removing and inserting the module once feeder house with its sub-assemblies to the car, the reduction of area used and the time spent in store the old car, the need to disassemble after painting the subsets to remove the feeder house module and the possibility of loss of mounting components of subsets due to the withdrawal of the module is the overall objective of this work. To solve the problems raised, from a bibliographic research studies and by the use of a design methodology for effective product, you can say that the general purpose, implementing the conceptual design of a handling car of power modules combine John Deere was fully achieved, as well as the specific objectives established by the needs assessment project handling car, preparation of specifications and its concept. The conceptual project carried out will allow for the transposition of the car by the paint process hung together with the parts, will enable its use in the storage of parts on the assembly line post-paint without the need for disassembly of subassemblies, will provide reduction in handling the parts and minimize the difficulties for the placement and removal of the car and parts of the painting process. The chapter of the results shows the stages informational and conceptual framework of the project, steps that had the needs and requirement of customers, the requirements of the project, the principles of solution, the settings of conceptual solutions and finally, concepts of the handling car.

Keywords: Handling car, feeder house module and project

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Exemplo de lingas de 1 a 4 ramais	19
Figura 02: Travessa em formato H e pontos de içamento ajustáveis	20
Figura 03: Comparativo antropométrico de massa e estatura entre população norte- americana e da fábrica John Deere Brasil.....	22
Figura 04: Comparativo antropométrico dinâmico, membros superiores.....	23
Figura 05: Processo atual do carro de movimentação e das peças.	30
Figura 06: Módulo alimentador e subconjuntos ao carro.....	31
Figura 07: Rack de suspensão e movimentação.....	33
Figura 08: Cavalete metálico (pórtico manual).....	33
Figura 09: Função global do carro de movimentação.....	42
Figura 10: Estrutura funcional simplificada.....	43
Figura 11: Primeiro nível de desdobramento da estrutura funcional.....	43
Figura 12: Segundo nível de desdobramento da estrutura funcional.....	44
Figura 13: Conceitos para acondicionar o módulo alimentador	48
Figura 14: Posicionamento dos subconjuntos	49
Figura 15: Plataforma na base do carro	50
Figura 16. Carro de movimentação escolhido.....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Fases do ciclo de vida do carro de movimentação e clientes	32
Quadro 02: Requisitos dos clientes.....	35
Quadro 03: Requisitos do Projeto.	37
Quadro 04: Terço superior.	38
Quadro 05: Terço médio.	39
Quadro 06: Terço Inferior.....	40
Quadro 07: Funções básicas do carro de movimentação.	44
Quadro 08: Combinação dos princípios de solução.	46
Quadro 09: Matriz de avaliação - Combinação dos princípios de solução.....	47
Quadro 10: Matriz de avaliação – Alternativas geradas para o Conceito 1	51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 TEMA	11
1.2 PROBLEMA DA PESQUISA	11
1.3 JUSTIFICATIVA	12
1.4 OBJETIVOS	13
1.4.1 OBJETIVO GERAL.....	13
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1 LOGÍSTICA E MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS.....	15
2.2 EQUIPAMENTO DE MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS	16
2.2.1 EMBALABENS DE MOVIMENTAÇÃO	16
2.3 DESENVOLVIMENTO DE EMBALANGENS DE MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS	17
2.3.1 RODAS E RODÍZIOS INDUSTRIAIS	18
2.3.2 DISPOSITIVOS METÁLICOS PARA IÇAMENTO E SUSPENSÃO DE CARGAS.....	18
2.3.3 LINGAS	19
2.3.4 TRAVESSAS	20
2.4 SEGURANÇA NO TRABALHO DE MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS	20
2.5 ERGONOMIA NA MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS	21
2.6 PINTURA INDUSTRIAL	24
3. METODOLOGIA	25
3.1 PROJETO DE PRODUTO	25
3.2 PROJETO INFORMACIONAL	25
3.2.1 PESQUISAR INFORMAÇÕES SOBRE O TEMA DO PROJETO	26
3.2.2 IDENTIFICAR AS NECESSIDADES DOS CLIENTES	26
3.2.3 ESTABELECEER OS REQUISITOS DOS CLIENTES	26
3.2.4 ESTABELECEER OS REQUISITOS DO PROJETO	27
3.2.5 HIERARQUIZAR OS REQUISITOS DO PROJETO	27
3.2.6 ESTABELECEER AS ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO	27
3.3 PROJETO CONCEITUAL	27
3.3.1 VERIFICAR O ESCOPO DO PROBLEMA	28
3.3.2 ESTABELECEER ESTRUTURA FUNCIONAL	28
3.3.3 PESQUISAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	28
3.3.4 COMBINAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	29
3.3.5 SELECIONAR COMBINAÇÕES	29
3.3.6 EVOLUIR EM VARIANTES DE CONCEPÇÃO	29
3.3.7 AVALIAR AS CONCEPÇÕES	29
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	30
4.1 SÍNTESE DA ATUAL MOVIMENTAÇÃO DO MÓDULO ALIMENTADOR.....	30
4.2 PROJETO INFORMACIONAL	32
4.2.1 PESQUISAR INFORMAÇÕES SOBRE O TEMA DO PROJETO	32
4.2.2 IDENTIFICAR AS NECESSIDADES DOS CLIENTES.....	34
4.2.3 ESTABELECEER OS REQUISITOS DOS CLIENTES	34

4.2.4 ESTABELECEER OS REQUISITOS DO PROJETO.....	36
4.2.5 HIERARQUIZAR OS REQUISITOS DO PROJETO.....	37
4.2.6 ESTABELECEER AS ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO	38
4.3 PROJETO CONCEITUAL	41
4.3.1 VERIFICAR O ESCOPO DO PROBLEMA	41
4.3.2 ESTABELECEER ESTRUTURA FUNCIONAL.....	42
4.3.3 PESQUISAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO.....	45
4.3.3.1 APLICAR MÉTODOS DE BUSCA DISCURSIVOS	45
4.3.3.2 APLICAR MÉTODOS DE BUSCA INTUITIVOS.....	45
4.3.3.3 APLICAR MÉTODOS DE BUSCA CONVENCIONAIS	46
4.3.4 COMBINAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	46
4.3.5 SELECIONAR COMBINAÇÕES.....	47
4.3.6 EVOLUIR EM VARIANTES DE CONCEPÇÃO	48
4.3.7 AVALIAR AS CONCEPÇÕES.....	51
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

1. INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

Projeto conceitual de carro para movimentação dos módulos de alimentação das colheitadeiras John Deere, nos processos de manufatura.

1.2 PROBLEMA DA PESQUISA

Durante o ano de 2011, melhorias de processo na fabricação dos módulos alimentadores das colheitadeiras JD foram implementadas. Desenvolveu-se no período, um carro de movimentação e alguns dispositivos de fixação auxiliares, com a finalidade de permitir e suportar a montagem de quatro subconjuntos ao módulo alimentador. Com a utilização do carro de movimentação desenvolvido, o módulo alimentador e seus subconjuntos, que antes eram pintados separadamente, passaram a ser pintados em conjunto.

Porém, o carro desenvolvido, é utilizado apenas para a movimentação das peças entre os processos de montagem que antecedem a pintura e a pós-pintura, pois o módulo alimentador com os subconjuntos fixados a ele é pendurado ao transportador aéreo da pintura, e o carro é retirado e armazenado na área de carga da pintura, ou seja, o carro de movimentação não acompanha as peças pelo processo de pintura, conforme os outros carros existentes na fábrica. Constitui-se em um problema, pois além do trabalho de separar o carro de movimentação para pendurar somente as peças, ocupa espaço físico da área de recebimento de peças, e atrapalha o fluxo de movimentação de materiais do local.

O carro de movimentação não pode ser pendurado ao transportador aéreo da pintura, pois a sua estrutura é basicamente um retângulo de tubos de aço carbono, com quatro rodízios e próximo ao chão (280 mm de altura), onde o módulo alimentador fica apoiado na parte de cima. Para os carros que são pendurados junto com as peças ao transportador aéreo, as peças ficam penduras na sua estrutura, geralmente pela parte de cima para ficarem na posição vertical, pois são imersas em tanques do processo de pintura E-Coat, e devem ficar estáveis ao imergir, evitando choques com peças próximas e com a parede dos tanques. Então o carro atual,

além de ter a base com rodízios para movimentação, necessitaria ter uma estrutura para que o módulo alimentador fique pendurado a ele, e não apoiado.

Outro problema é referente às dificuldades com a colocação e retirada do módulo alimentador e dos subconjuntos no carro de movimentação, principalmente porque um dos subconjuntos agregado ao alimentador desloca o centro de gravidade do conjunto. Este deslocamento faz com que o conjunto incline, forçando-o lateralmente no momento em que é pendurado ao transportador aéreo, movimentando o carro sobre a mesa elevadora hidráulica, que é utilizada para elevar as peças do nível do chão até a altura necessária para engatar as peças no transportador aéreo, o que gera a necessidade de maior atenção do operador que também encontra-se sobre a mesa elevadora. Também são encontradas dificuldades no processo inverso, o qual ocorre ao descarregar, pois torna-se muito difícil o encaixe novamente do conjunto de peças ao carro de movimentação.

Na linha de montagem pós-pintura, o módulo alimentador é retirado do carro de movimentação para ser colocado em um dispositivo de montagem, onde ocorrerão montagens de outros componentes nos postos do local. Dos quatro subconjuntos que são montados ao módulo alimentador antes da pintura, três necessitam serem desmontados após a pintura, pois estão fixados a ele e somente serão montados nas etapas finais da linha de montagem. As peças retiradas são armazenadas em outras embalagens na linha de montagem, e o carro retorna para a outra linha de montagem que antecede a pintura, ou seja, o carro de movimentação não é aproveitado para armazenar as peças que são montadas ao final do processo de montagem, diferente da maioria dos carros de movimentação existentes na fábrica.

Por haverem vários modelos diferentes de módulos alimentadores, quando retiradas todas as peças do carro de movimentação, os dispositivos de fixação dos subconjuntos devem sempre ser guardados no mesmo carro de movimentação, para não faltarem quando novos alimentadores, ou alimentadores diferentes forem colocados novamente no carro. Caso ocorra a falta de dispositivos de fixação, perde-se muito tempo procurando-os em outros carros para que as peças possam ser fixadas aos alimentadores antes da pintura.

1.3 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento desse trabalho, especialmente pela amplitude e por

empregar a metodologia de projeto de produto, contribuiu significativamente para a solução do problema apresentado e representará grandes evoluções em termos de conhecimentos teóricos e práticos pessoais e de todos que futuramente, basearem-se no material produzido. Certamente, o trabalho quando utilizado como fonte de consulta por estudantes e/ou por profissionais, possibilitará e facilitará a solução de problemas relacionados com o tema, gerando entre outros, satisfação pessoal e dos clientes atendidos.

Os custos financeiros do projeto a ser desenvolvido estarão contemplados por Capital de Investimento previsto para projeto de desenvolvimento de novos produtos John Deere, onde a Engenharia de Manufatura prevê o desenvolvimento de dispositivos, ferramentas e processos para novos módulos alimentadores de colheitadeiras.

Sabe-se que alguns dos novos produtos previstos para fabricação futura, possuirão módulos com pesos maiores que os módulos similares atuais e excederão a capacidade nominal de carga da linha de pintura. Por isso a linha de pintura será redimensionada e reformulada para atender maior capacidade de carga. Atualmente a linha de pintura suporta até 3600 Kg de massa e passará durante o ano de 2013 para 4700 Kg (carga disponível no transportador aéreo denominado "A").

Como o alimentador e seus subconjuntos são carregados em transportadores do tipo "C", que tem $\frac{1}{4}$ da capacidade de carga do transportador "A" (900 Kg), atualmente, não é possível desenvolver um carro de movimentação que possa ser içado junto com as peças, pois o conjunto montado, somando as lingas e dispositivos de fixação tem 890 Kg. Com a alteração da linha de pintura, o transportador "C" passará a suportar 1175 Kg e, teoricamente pode ser desenvolvido um carro de movimentação de até 285 Kg, o que também favoreceu a alteração da linha de pintura.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Para solucionar o problema em questão, estabeleceu-se como objetivo geral a elaboração do projeto conceitual de carro de movimentação dos módulos alimentadores e seus subconjuntos que possibilite: seu carregamento na pintura

junto com peças adicionadas, utilização na armazenagem de conjuntos sem a necessidade de desmontagem, redução de manuseios de peças e redução de dificuldades para colocação e retirada do alimentador no carro.

1.4.2 Objetivos Específicos

Procurando o atendimento do objetivo geral do trabalho, estabeleceram-se os objetivos específicos para auxiliar o desenvolvimento do trabalho:

- Efetuar o levantamento das necessidades do projeto do carro de movimentação;
- Elaborar as especificações do projeto do carro;
- Elaborar o conceito do carro.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura desse trabalho está apresentada em quatro capítulos.

No primeiro capítulo é apresentada a introdução, que compreende o tema, o problema da pesquisa, a justificativa desse trabalho, os objetivos e a estrutura do trabalho.

No capítulo 2 apresenta-se a revisão da literatura, que engloba as informações adquiridas de pesquisas bibliográficas.

O capítulo 3 apresenta a metodologia do projeto de produto utilizada no trabalho, que aborda as fases de projeto informacional e conceitual.

No capítulo 4 são apresentados os resultados, que compreendem o desenvolvimento do projeto, e aplicação da metodologia do projeto de produto para as fases de projeto informacional e conceitual.

E na última parte, apresentam-se as considerações finais, que contemplam a conclusão dos resultados.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura é uma análise de dados em busca dos conhecimentos existentes e é desenvolvida principalmente através de pesquisa bibliográfica, que conforme Moreira (2004) tem uma importância muito grande para o pesquisador, pois permite ampliar seus conhecimentos, investigar o problema que se procura resolver, aprender sobre temas e metodologias, e obter fontes de comparação.

Desta forma, procurou-se pesquisar fontes confiáveis para o embasamento da fundamentação teórica.

2.1 LOGÍSTICA E MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS

A logística, de acordo com Pozo (2004) *apud* Lagos et. al. (2008), engloba as atividades de armazenagem e de movimentação, as quais tem o propósito de facilitar o fluxo de produtos a partir da aquisição da matéria-prima até o local ou ponto de consumo final. Logo a logística pode ser definida como as atividades que tem relação com a aquisição de materiais e sua gestão interna, e a distribuição física de produtos após processados.

Para que possamos transformar ou beneficiar a matéria-prima, algum elemento básico como a máquina, homem ou material deve movimentar-se. Nos principais processos produtivos das indústrias, o elemento que se movimenta é o material (PASSOS, 2012).

A operação que implica em mudar de posição algum material ou embalagem, utilizando equipamentos de movimentação dentro de uma unidade fabril, conforme Moura (1997) *apud* Pereira (2002) é denominada de movimentação de material, que se difere da movimentação externa denominada de transporte.

A movimentação de material, qualquer que seja o processo industrial, gera um fluxo de materiais que inter-relaciona movimentos de forma a obter um plano de movimentação de materiais totalmente integrado, plano este que deve integrar todas as funções que geram movimentos, desde o recebimento de materiais até a expedição do produto final, passando pelo sistema de abastecimento da linha de produção (PEREIRA, 2002, p. 42).

2.2 EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS

Conforme FIESP (2009), veículos industriais são um dos cinco tipos de equipamentos de movimentação de materiais, podem ser motorizados ou não. Esses equipamentos são utilizados para movimentar cargas intermitentes, em variados percursos de espaços e superfícies apropriadas, e os principais tipos são carrinhos industriais, rebocadores, empilhadeiras, guindastes autopropelidos e autocarrinhos. Podem ser utilizados tanto para movimentação como para armazenagem de cargas junto ao processo de produção, tem como características a possibilidade de colocação das peças em posição mais conveniente, flexibilidade para carga e descarga das peças, e para o percurso.

O sistema logístico aliado aos equipamentos de movimentação segundo Passos (2012), permite a utilização de embalagens específicas para movimentação de material dentro das empresas, que com o auxílio de veículos industriais permitem agilizar a entrega dos materiais ou produtos em processo, além de minimizar esforços humanos.

2.2.1 Embalagens de Movimentação

As embalagens, conforme Ferreira et. al. (2010), podem ter uma ou mais funções, sendo que algumas podem ser mais relevantes, sobressaindo-se em relação a outras e os custos das embalagens elevam-se conforme as funções atribuídas, havendo o desafio de desenvolver embalagens que possam apresentar coerência em custo-benefício, de acordo com a sua utilização e o nível de exigência.

Uma definição para embalagens, de acordo com Ferreira et. al. (2010), é um conjunto inter-relacionado de componentes de atividades que constituem:

- A matéria-prima básica;
- As operações que transformam os materiais em embalagem;
- As operações em que a embalagem é preenchida, quantificada, inspecionada quanto à qualidade e fechada;
- A preparação para a distribuição por meio de canais, envolvendo movimentação e estocagem;
- O esvaziamento da embalagem com do consumo do produto;

- A disposição, reciclagem, ou reutilização da embalagem.

De acordo com Pedelhes (2005), na etapa de planejamento é essencial que verifique-se as condições de manuseio, armazenagem e movimentação que as embalagens serão submetidas. O desenvolvimento de novas embalagens está relacionado com o levantamento de dados sobre:

- Conhecimento dos materiais de embalagens;
- Conhecimento do produto;
- Conhecimento das condições logísticas;
- Conhecimento das condições formais.

2.3 DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS

De acordo com Viana (2002), a taxa de ocupação volumétrica considera o espaço utilizado versus o espaço disponível e deve-se considerar a utilização do espaço vertical para o desenvolvimento de embalagens com o objetivo de otimizar o aproveitamento de áreas devido a escassez crescente de espaços em chão de fábricas e armazéns devido ao aumento da capacidade produtiva das empresas, que priorizam os espaços da fábrica no processo produtivo.

Durante a movimentação de materiais dentro dos armazéns, segundo Pedelhes (2005), é o momento em que as embalagens sofrem os maiores danos com manuseio e movimentação, sendo a principal função da embalagem conter e proteger o produto, é importante que o planejamento dessa embalagem possa ser percebido na prática quando implementado, para que evite-se retrabalhos e adaptações, e também garanta a integridade do produto.

Ainda sobre o mesmo autor, são necessário que se conheçam as condições de riscos durante o processo de movimentação, como alteração do clima, choques, impactos com aceleração, humidade, vibrações, e também as limitações quanto a peso e dimensões.

Galvão (2004) destaca 20 princípios da movimentação de materiais, a serem observados quando no momento que ocorrer aquisição ou desenvolvimento de equipamentos de movimentação de materiais. Esses princípios são demonstrados no do Anexo A.

2.3.1 Rodas e Rodízios Industriais

Os rodízios industriais conforme Schioppa (2012) podem ser do tipo giratório ou fixo, podem possuir rolamento ou não, e basicamente são compostos por roda, eixo, garfo, cabeçote e elemento de fixação. Há a opção de trava das rodas, bloqueio de giro nos rodízios giratórios, e até amortecimento por sistema de molas anti-choque. Dentre os rodízios mais usuais, os de maior capacidade de carga partem dos modelos de até 550 Kg, até os de 2000 Kg. Os principais fatores de construção dos rodízios, que influenciam na capacidade de carga são as dimensões externas, principalmente diâmetro e largura, também pelo material do garfo, da roda e principalmente pelo tipo de núcleo e banda da roda.

De acordo com Rod Car (2010) a escolha do rodízio deve ser iniciada definindo-se a carga máxima, conforme a equação 1:

Equação 1 – Definição da carga máxima aplicada a rodízios

$$\text{Carga máxima} = \frac{\text{Tara} + \text{Carga a ser transportada}}{\text{Número total de rodízios} - 1}$$

Fonte: Catálogo Rod Car (2010)

Colson (2012) afirma que as condições do piso devem ser observadas, se há irregularidades, se é liso ou áspero. Também deve-se observar a velocidade de trabalho e a exposição a produtos químicos.

2.3.2 Dispositivos Metálicos para Içamento e Suspensão de Cargas

Há várias classificações que diferenciam os tipos de máquinas de levantamento, dentre os principais de acordo com o autor Brasil (1985), destacam-se os macacos, talhas, dispositivos especiais, guinchos, monovias, pontes rolantes, pórticos rolantes e guindastes. Como componentes dessas máquinas e dispositivos de levantamento de cargas, o autor destaca os seguintes sistemas de suspensão de cargas:

- Cabos de aço: São elementos básicos dos aparelhos de levantamento e suspensão de cargas, são compostos por arames de aço (pernas) que envolvem um núcleo chamado de alma, formando um elemento flexível e de alta resistência;
- Correntes de elo: São definidas pelo diâmetro do arame e pelo passo;

- Correntes de rolo: Conhecidas também como Renold, além de serem utilizadas para transmissão de rotação, aplicam-se para suspensão de cargas, essa corrente é composta por talas laterais, pinos, buchas e rolos.

2.3.3 Lingas

Segundo ABNT (2007), as lingas de corrente são dispositivos para içar ou movimentar cargas quando acopladas a guindastes ou outros equipamentos, senão simplesmente suspender as cargas quando acopladas (penduradas) a outros meios. Podem possuir diversas configurações e acessórios diferentes, constituem-se basicamente de correntes de elos conectadas por elementos de união a um elo maior ou um gancho na parte superior, e na parte inferior da corrente, onde será engatada a carga a ser movimentada ou suspensa. Pode conter um gancho ou um elo maior também conectado por elemento de união. A Figura 01 apresenta a composição de um tipo de linga simples.

Na parte superior podem estar conectadas mais correntes para obterem-se mais pontos de engates na parte inferior, cada conjunto de correntes com os elementos para engate são chamados de perna ou ramal, normalmente tem-se de um a quatro ramos (RUD, 2010) conforme Figura 01.

Figura 01 – Exemplo de lingas de 1 a 4 ramos.



Fonte: Rud, p.37.

De acordo com Helevar (2012) a utilização de lingas de corrente deve respeitar os requisitos técnicos da norma EN818. O operador ou o projetista devem conhecer as formas de utilização das lingas (cantos, amarração, cargas e cuidados), o ângulo máximo de abertura para trabalho e visualizar a plaqueta de informações da linga.

Ainda há outro fator que deve ser observado na escolha das lingas e acessórios, que segundo Rud (2010) refere-se ao grau de classificação, que é

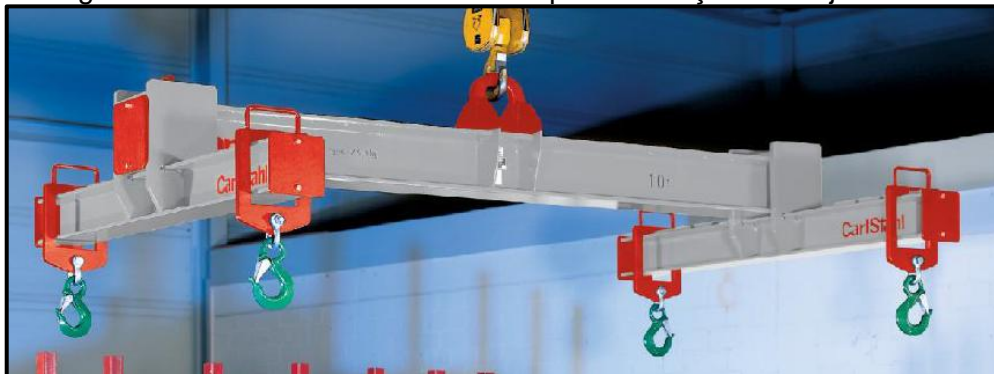
estabelecido de acordo com a tensão de ruptura e está ligado a capacidade da carga de trabalho, a qual deve ser quatro vezes menor que a carga de ruptura (coeficiente de segurança de 4x). Uma linga grau 8 por exemplo, tem a tensão de trabalho de 800 N/mm².

2.3.4 Travessas

De acordo com RUD (2010), as travessas, travessões e travessas do tipo balancim, são equipamentos de içamento para içar e movimentar cargas quando acoplados a um equipamento ou máquina de elevação de cargas, normalmente utiliza-se guindastes, pontes rolantes, ou os garfos da empilhadeira motriz. São desenvolvidos de acordo com as solicitações técnicas dos clientes, ou conforme padrões de mercado disponíveis em catálogo.

Os formatos segundo Carl Stahl (2012) são variados, dependem do tamanho, massa a ser içada e aplicação prática. Os pontos de engate podem ser fixos ou com suas distâncias variáveis para favorecer o içamento da carga com maior segurança conforme Figura 02.

Figura 02 – Travessa em formato H e pontos de içamento ajustáveis.



Fonte: Carl Stahl (2012), p.12.

2.4 SEGURANÇA NO TRABALHO DE MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS

Segundo Lida (2005), máquinas e equipamentos devem ser confiáveis e seguros. Geralmente possuem partes móveis e não deverão representar riscos potenciais ou falhas. Para isso devem ser adequadamente projetadas para tornarem-se seguras, as partes móveis deverão ser devidamente protegidas ou com

limitação de acessos, os cantos vivos devem ser eliminados, deve-se observar se pode haver possibilidade de erro humano que permita acidentes ou incidentes, e além das questões físicas deve-se observar quesitos musculares e ergonômicos.

De acordo com Filho e Nunes (2001), além do projeto prever partes que devem ser inacessíveis para o usuário, deve-se levar em conta as partes que necessitam interagir com usuário, ou seja, partes que devem ser acessíveis, como no caso de acessos para manutenção. O mesmo autor cita a necessidade de simulações, ensaios, modelos e protótipo, para melhor aproximar-se da situação física, obtendo uma situação para que possam ser visualizados possíveis detalhes que poderiam ser esquecidos, ou que poderiam ser melhorados antes da produção em escala real, evitando-se rompimento de material, riscos, dificuldades de operação, distâncias e acessos ruins, etc.

2.5 ERGONOMIA NA MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS

Sendo a ergonomia a ciência que deve ser aplicada ao projeto de equipamentos, máquinas, tarefas e sistemas com o intuito de melhorar questões de saúde, segurança, eficiência e conforto, Dul e Weerdmeester (2004) afirmam que os processos de produção devem ser prioritariamente projetados para que se empregue o maior número possível de equipamentos mecânicos, com a finalidade de aliviar o esforço realizado em todos os trabalhos manuais. Os autores afirmam que deve haver cuidado para que esses equipamentos não ofereçam problemas relacionados a movimentos, postura, ruído, monotonia, vibrações, tempo de exposição ou distâncias percorridas, dentre outros.

A movimentação de materiais está presente nos processos produtivos, e Abrantes (2004) explica que atualmente no mercado há diversas empresas com capacidade de oferecer soluções para minimizar esforços físicos provenientes da movimentação manual. Assim como os carrinhos de movimentação que estatisticamente reduzem 80% dos esforços físicos nas atividades de puxar e empurrar, o autor cita alguns equipamentos de movimentação de cargas com o mesmo propósito:

- Manipuladores tem grandes efeitos quando o objetivo é reduzir esforços de levantamento e transferência de cargas a pequenas distâncias ou para evitar esforços repetitivos dentro da estação de trabalho;

▪ Transportadores contínuos também podem auxiliar no deslocamento de cargas ao invés do operador necessitar se deslocar para transportar cargas, sendo que este equipamento permite deslocamento de cargas à distâncias maiores, e dependendo do nível de automação em determinadas atividades, quando associado o transportador contínuo com outros equipamentos pode-se trazer mais benefícios, reduzindo ainda mais esforços humanos;

▪ Mesas elevadoras também oferecem bons resultados quando é necessário aproximar objetos para uma altura mais confortável para o operador, evitando que o mesmo curve-se, pois o equipamento adapta uma necessidade de operação à necessidade do operador, melhorando também questões de produtividade.

A antropometria, segundo Lida (2005), trata do estudo das dimensões do corpo humano e suas proporções, de acordo com tipos físicos, sexo e etnia. Onde uma escala de alturas das pessoas que vai de 0% a 100%, os baixos representam 5%, os médios 90% e os altos 5%, a faixa intermediária (5% a 95%) é a de maior expressão populacional, e maior beneficiada pelos projetos de produtos.

De acordo com Guimarães e Biasoli (2002) por ser vago o levantamento antropométrico brasileiro, algumas empresas no Brasil realizaram seu próprio levantamento, como foi no caso da John Deere Brasil em Horizontina, Rio Grande do Sul. A empresa teve seu levantamento suportado pela UDESC (SC), que comparou dados da empresa (algumas variáveis) com outras populações, em busca de semelhanças e margens de erro. A pesquisa desenvolvida demonstrou que na empresa gaúcha, a população masculina possui medidas muito próximas às medidas da população norte-americana, possibilitando desconsiderar essas pequenas diferenças, e aplicá-las para projetos internos, que visam atender os colaboradores do chão de fábrica. A Figura 03 apresenta o comparativo.

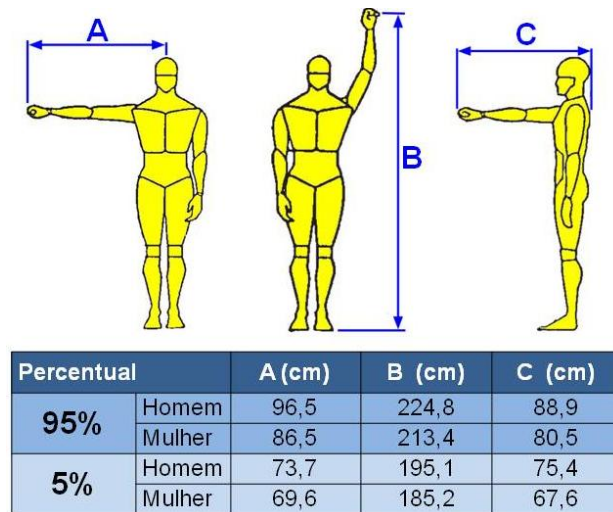
Figura 03 – Comparativo antropométrico de massa e estatura entre população norte-americana e da fábrica John Deere Brasil.

População	Massa (Kg)					Estatura (m)			
	John Deere Brasil (unidade Horizontina)		Norte-americanos			John Deere Brasil (unidade Horizontina)		Norte-americanos	
	Faixas	Média	Faixas	Média	Faixas	Média	Faixas	Média	
Baixos 5%	51,9 a 56,9	54,5	50,8 a 57,1	54,0	1,6 a 1,5	1,6	1,6 a 1,5	1,6	
Médios 90%	57,0 a 95,7	73,0	57,2 a 96,2	75,3	1,6 a 1,9	1,7	1,6 a 1,9	1,7	
Altos 5%	95,6 a 106,0	100,9	96,1 a 109,0	102,6	1,8 a 1,9	1,9	1,8 a 1,9	1,9	

Fonte: Adaptado de Guimarães e Biasoli (2002), p.04.

A antropometria dinâmica segundo Boueri (2008), que correlaciona movimentos musculares em pé com o alcance dos membros do corpo, auxilia na definição de funções a serem executadas pelo homem e as distâncias para o trabalho. Na Figura 04, pode-se observar algumas dimensões de alcance dos membros superiores na posição em pé, que permitem definir trabalhos com as mãos.

Figura 04 – Comparativo antropométrico dinâmico, membros superiores.



Fonte: Adaptado de Boueri (2008), p. 95 - 97.

Para Lida (2005), o ideal seria ter apenas um tipo de produto, padronizado, para que se reduzissem os custos de produção, mas devido isso não ser totalmente possível por haverem necessidades como de conforto e segurança, deve-se aplicar as medidas antropométricas, levando-se em conta a população que pretende-se atingir, a idade, o sexo, a raça e o tipo de trabalho. O autor cita 5 princípios para definir as medidas antropométricas mais adequadas:

- Quando os projetos serão dimensionados para servirem a média da população;
- Quando os projetos serão dimensionados para servirem a um dos extremos da população;
- Quando os projetos serão dimensionados para servirem determinadas faixas de população;
- Quando os projetos serão dimensionados para conterem partes reguláveis;
- Quando os projetos serão dimensionados para adaptarem-se ao indivíduo.

2.6 PINTURA INDUSTRIAL

Conforme Soares (2003), o aço-carbono tem sido intensamente utilizado pelas indústrias para diversos fins, por possuir de baixo custo de obtenção e alta aplicabilidade. Devido a corrosão quando exposto a intempéries, o sucesso de sua utilização é dependente de proteções eficazes, onde destacam-se os óleos protetivos e a pintura, que possui além da função estética a função de proteger superfícies contra oxidação e corrosão. Quando é necessário pintar o produto de aço carbono é necessário remover o óleo protetivo, que ocorre através de lavagens com produtos desengraxantes, enxague e pré-tratamento.

Villas (2006) contribui que o processo de pintura eletroforética, permite que grandes conjuntos soldados ou montados sejam pintados de uma vez só, por tratar-se de um processo de imersão onde as soluções dos estágios atingem praticamente todas superfícies expostas. Em um processo de pintura que possui o processo por eletroforese, a rota básica das peças pela linha de pintura se inicia no pré-tratamento, em seguida ocorre a primeira pintura que é por eletroforese, e ao final ocorre a pintura de acabamento, sendo que após as aplicações de tinta ocorre a aceleração da cura através de exposição em estufas de secagem de tinta, as quais atingem temperaturas superiores a 140C°.

Segundo a Associação brasileira de tratamentos de superfícies (ABTS, 2012) o processo de pintura eletroforética é uma pintura de primer (tinta de fundo), e é conhecido por outras denominações, como KTL (Kathodische TauchLackierung) que em português significa eletrodeposição catódica, eletroforese, eletropintura, eletrodeposição, e mais popularmente conhecida como E-Coat (eletrocoating) que em português significa eletrodeposição.

A pintura de acabamento com tinta líquida de acordo com Soares (2003) pode ser aplicada em uma ou mais demãos, contendo espessura final de 40 a 100 µm.

3. METODOLOGIA

Na metodologia, são demonstradas as técnicas aplicadas ao projeto de produto para gerar informações que serão utilizados na formulação para uma solução do problema.

O projeto do carro de movimentação utilizou a metodologia de projeto de produto até a fase de projeto conceitual. A pesquisa exploratória bibliográfica em livros trouxe também um maior conhecimento para aplicação da metodologia de projeto de produto, regras, normas e ergonomia, referente a projetos de carros de movimentação.

Ferramentas CAD (desenho auxiliado por computador) foram utilizadas como recurso para simulações do projeto. O Pro-Engineer versão 4.0 foi utilizado para modelar em 3D o carro de movimentação, de acordo com as atividades das últimas fases do projeto conceitual, havendo uma melhor definição e entendimento da utilização do carro de movimentação e suas funções.

Um padrão para a modelagem do conceito 3D foi seguido, contendo nomeação alfanumérica e sequencial dos componentes, de acordo com o padrão de codificação John Deere.

3.1 PROJETO DE PRODUTO

O projeto de produto é um processo que irá converter os requisitos e as necessidades do cliente, em informações necessárias para que um produto possa ser desenvolvido e produzido. (SMITH; MORROW, 1999, *apud* CODINHOTO, 2003).

Mantovani (2011) complementa que as fases que compõem a metodologia de projeto de produto, são as fases de projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado.

3.2 PROJETO INFORMACIONAL

O objetivo dessa fase para Amaral et. al. (2006), é realizar um levantamento de informações que é utilizado para orientar e gerar soluções, servindo de base para criar critérios de tomada de decisões e também para criar critérios de avaliação que são utilizados nas próximas etapas do projeto do produto.

Para Romano (2003), nessa fase são estabelecidas as especificações para o projeto do produto, informações são levantadas, e ao final da fase as características do produto estarão estabelecidas.

A metodologia exposta por Mantovani (2011) destaca as seguintes etapas:

- Pesquisa de informações sobre o tema do projeto;
- Identificar as necessidades dos clientes;
- Estabelecer os requisitos dos clientes;
- Estabelecer os requisitos do projeto;
- Hierarquizar os requisitos do projeto;
- Estabelecer as especificações do projeto.

3.2.1 Pesquisar informações sobre o tema do projeto

Nessa etapa, de acordo com Mantovani (2011), é estabelecido o ciclo de vida do produto, e realizada pesquisa de informações técnicas para obtenção de fonte de dados do projeto do produto em busca de produtos similares.

Para Back et. al. (2008), a tarefa de definição do ciclo de vida do produto gera informações para que se transforme o problema do projeto em especificações para o projeto. Essas especificações são influenciadas por usuários externos, intermediários ou internos, que são todas as pessoas, instituições ou órgãos, que de alguma forma expressam necessidades que afetam as características do produto.

3.2.2 Identificar as necessidades dos clientes

Mantovani (2011) destaca nessa é aplicado um questionário para obter as necessidades dos clientes. O resultado do questionário deve ser interpretado de forma a listar as necessidades dos clientes.

3.2.3 Estabelecer os requisitos dos clientes

Os requisitos dos clientes são obtidos transformando-se as necessidades dos clientes em linguagem de engenharia, onde são identificadas nas fases do ciclo de vida do produto. Essas necessidades são desdobradas e transformadas em

linguagem de engenharia, procurando entender a real necessidade do cliente, a qual poderá tornar-se uma das funções do produto (MANTOVANI, 2011).

3.2.4 Estabelecer os requisitos do projeto

Os requisitos do cliente segundo Back et. al. (2008), são transformados em características de engenharia que são os requisitos do projeto, onde características físicas que irão satisfazer os requisitos dos clientes começam a ser atribuídos ao produto gerando uma lista de requisitos de projeto.

3.2.5 Hierarquizar os requisitos do projeto

Segundo Mantovani (2011), aplica-se nesta etapa o diagrama de Mudge e a matriz QFD, ou matriz da casa da qualidade, a qual tem o objetivo de auxiliar a transformação das necessidades dos clientes em características possíveis de serem mensuradas. Os requisitos dos clientes e do projeto são valorados definindo-se o grau de importância e relacionamento de cada um.

A aplicação da matriz da casa da qualidade de acordo com Amaral et. al. (2006), é muito importante para o projeto de produto, pois terá total influência no decorrer do projeto.

3.2.6 Estabelecer as especificações do projeto

No final da fase de projeto conceitual, Mantovani (2011) descreve que deve-se aplicar o quadro de especificações do projeto.

3.3 PROJETO CONCEITUAL

A fase de projeto conceitual de acordo com Ferreira et. al. (2010), transforma a linguagem verbal em linguagem geométrica. Os princípios de solução para as funções são definidos, e a arquitetura do produto é concebida. Isto é, o arranjo esquemático dos componentes e partes que formam o produto é esboçado.

Ignora-se o que é particular ou casual e enfatiza-se o que é geral e essencial (PAHL; BEITZ, 1996, *apud* BASSETTO, 2004, p. 13).

Romano (2003) comenta que durante essa fase, é obtido um determinado número de conceitos alternativos, onde os mais promissores são selecionados para se tornarem modelos físicos ou virtuais.

Nessa fase Mantovani (2011) afirma que trabalhadas as etapas de verificação do escopo do problema, é estabelecida estrutura funcional, realiza-se pesquisas por princípios de solução, combina-se os princípios de solução, seleciona-se as combinações, e evolui-se em variantes de concepção e analisa-se as concepções.

3.3.1 Verificar o escopo do problema

Deve-se nesta etapa, de acordo com Mantovani (2011) deve-se compreender de melhor forma a natureza do problema, focando no que é realmente importante. Não é recomendado considerar uma solução de imediato ou o que esteja parecendo óbvia, e sim entender como as especificações do projeto poderão contribuir proveitosamente para a solução do problema.

A reformulação do problema deve ser realizada para vários fins, obtendo-se somente o essencial, havendo o cuidado para não direcionar a solução do problema de maneira precoce ou pessoal (Pahl; Beitz, 1996, *apud* Mantovani, 2011).

3.3.2 Estabelecer estrutura funcional

Para Amaral et. al. (2006) a elaboração e o desdobramento da função global em função auxiliar, conforme a estrutura de funções e após o desdobramento da função auxiliar para chegar-se a outro nível de complexidade da estrutura funcional, e é de grande importância para que se defina as funções básicas do produto.

3.3.3 Pesquisar princípios de solução

De acordo com Mantovani (2011), parte-se nesta etapa para um direcionamento da seleção das funções estabelecidas no tópico anterior, buscando informações para comparativo de sistemas e funções que poderiam caracterizar um produto já existente. Compara-se experiências já obtidas, conhecimentos, bibliográficas, patentes, dentre outros. Métodos diversos dos tipos convencionais, intuitivos e discursivos são aplicados.

3.3.4 Combinar princípios de solução

Conforme Back (2008), após finalizadas as descrições da função do produto que geram a função global que é decomposta para chegar-se as funções elementares, chega-se a um número limitante das funções típicas e aplica-se o método da matriz morfológica combinando os princípios de solução que irão gerar soluções alternativas.

3.3.5 Selecionar combinações

Como algumas vezes são geradas muitas soluções alternativas, Ulmann (1992) *apud* Mantovani (2011), comentam que nesta etapa aplicam-se técnicas para selecionar as soluções mais promissoras.

Para Back (2008) a matriz de avaliação, confronta alternativas de princípios de solução para facilitar uma definição final quanto ao melhor modelo funcional.

3.3.6 Evoluir em variantes de concepção

Durante essa etapa Pahl et. al. (2005) nessa etapa ocorre a elaboração do conceito do produto, onde é gerado seu esboço e detalhes funcionais.

3.3.7 Avaliar as concepções

Aplica-se nesta etapa, segundo Mantovani (2011), a matriz de avaliação. A escolha do conceito final deve ocorrer comparando-se as concepções, procurando por pontos fracos, e que no resultado da avaliação tenha o equilíbrio entre os requisitos, para que na próxima fase (projeto preliminar) não ocorram surpresas ou verificação tardia dos pontos fracos.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nos capítulos seguintes apresentam-se as informações geradas e os resultados obtidos com a aplicação da metodologia de projeto de produto até a fase de projeto conceitual, com a contribuição da revisão da literatura que também foi importante para o desenvolvimento do trabalho.

O trabalho foi realizado na empresa John Deere Brasil, na unidade de Horizontina no estado do Rio Grande do Sul, na área de manufatura abrangendo os setores de Pintura e Montagem.

4.1 SÍNTESE DA ATUAL MOVIMENTAÇÃO DO MÓDULO ALIMENTADOR

Antes da movimentação do módulo alimentador entre os processos, ocorre na linha de montagem denominada pré-pintura, a montagem parcial de subconjuntos ao módulo alimentador, fixados por parafusos, pinos e dispositivos de sustentação dos subconjuntos. As peças são posicionadas no carro de movimentação de forma a ficarem afastadas, para possibilitar a maior cobertura possível de tinta durante o processo de pintura. Desta forma, as peças não são fixadas ao módulo alimentador da maneira necessária para montar diretamente à colheitadeira. Na Figura 05 demonstra-se o processo atual do carro de movimentação e das peças.

Figura 05 – Processo atual do carro de movimentação e das peças.

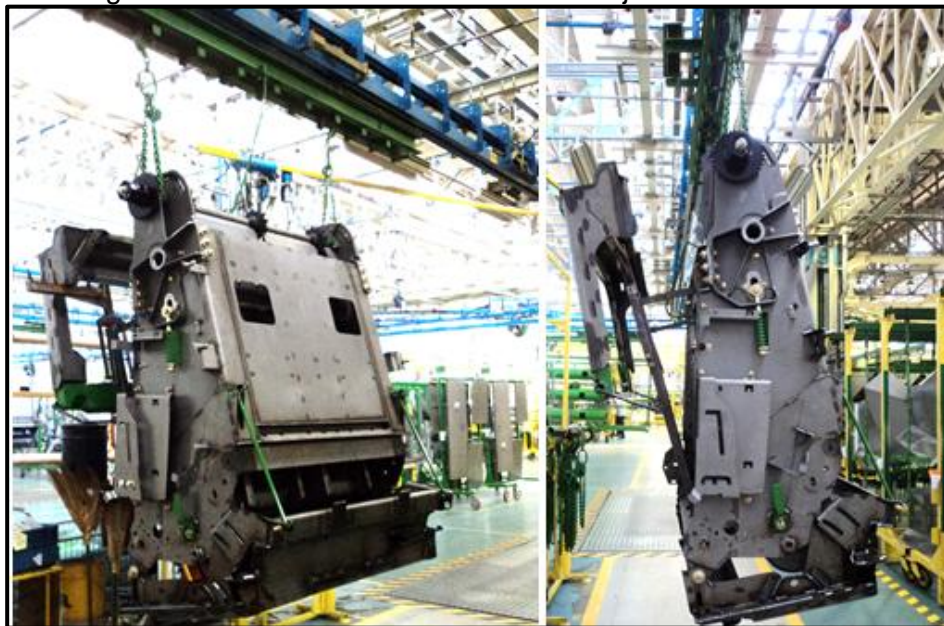


Fonte: O autor.

Para melhor entendimento, indicou-se as peças na Figura 05 através de números, sendo que módulo alimentador está representado pela peça indicada com o número 01, o subconjunto intermediário pelo número 02, o subconjunto frontal pelo número 03, o frame pelo número 04 e o eixo pelo número 05

Após posicionadas as peças ao carro, o mesmo é movimentado até a linha de pintura, neste local o módulo alimentador com as peças é pendurado ao transportador aéreo da pintura e o carro é retirado. Como pode ser verificado na Figura 06, as peças inclinam-se após serem retiradas do carro, dificultando as atividades de carga e descarga da pintura durante a retirada do carro, e a colocação das peças novamente ao carro.

Figura 06 – Módulo alimentador e subconjuntos ao carro.



Fonte: O autor.

O carro retirado é armazenado em uma área dentro da linha de pintura, e após as peças retornarem pintadas do processo, estas são colocadas novamente ao carro.

Após pintura, o carro é movimentado para a linha de montagem denominada pós-pintura, onde somente o subconjunto intermediário permanece fixado ao módulo alimentador durante o processo de montagem, os demais são desmontados antes mesmo de retirar o módulo alimentador do carro, pois são montados ao final do processo.

4.2 PROJETO INFORMACIONAL

4.2.1 Pesquisar informações sobre o tema do projeto

Procurando entender o ciclo de vida do produto, o qual bibliograficamente se define por fases em que o produto é submetido, desde o projeto até o seu descarte, definiu-se as fases do ciclo de vida, identificando os clientes do produto que serão essenciais para estabelecer as necessidades. Conforme a metodologia estudada no capítulo anterior, baseia-se em produtos que abrangem similaridade funcional ou que o antecederam.

O Quadro 01 demonstra as fases do ciclo de vida do carro de movimentação do módulo alimentador projetado e os clientes do produto.

Quadro 01 – Fases do ciclo de vida do carro de movimentação e clientes.

Fases do ciclo de vida do produto	Clientes Internos	Clientes Externos
Projeto	Acadêmico	
Fabricação	Fornecedor	
Utilização		Colaboradores dos processos
Manutenção		Departamento de manutenção de dispositivos

Fonte: O autor.

Definido o ciclo de vida, procurou-se identificar produtos de similaridade funcional no mercado, observando características e aplicabilidade para o problema do projeto.

O rack da empresa Multicase Systems (2012) que está demonstrado na Figura 07, apresenta em sua configuração a possibilidade de suspender cargas através de um travessão central fixado na parte superior do dispositivo e apresenta rodízios centrais fixos que facilitam manobras em áreas com obstáculos ou de pouco espaço dentro de uma estação de trabalho. O modelo de rack em questão pode servir de referência para diversas situações de elevação e movimentação de carga, pois sua configuração permite adaptações em função de variáveis como, por exemplo, diferentes massas, rodízios, estruturas, formas geométricas e dimensões.

Figura 07 – Rack de suspensão e movimentação.



Fonte: Multicase Systems, 2012.

Um pouco diferente da movimentação de cargas visto anteriormente, avaliou-se outra forma de sustentar uma carga e ao mesmo tempo transportá-la, utilizando-se o cavalete de um pórtico manual também existente no mercado. O cavalete da empresa Dahcar Equipamentos (2012) representada pela Figura 08 permite pendurar a peça pela parte superior onde antes seria utilizada a talha, e assim como no projeto do rack anterior, é possível desenvolver o cavalete de acordo com as especificações do cliente, para capacidades de carga de 120 Kg a 3000 Kg, altura máxima de 5000 mm, rodízios com banda de ferro fundido, revestidos em poliuretano ou borracha, com ou sem trava, dentre outras especificações.

Figura 08 – Cavalete metálico (pórtico manual).



Fonte: Dahcar Equipamentos, 2012.

4.2.2 Identificar as necessidades dos clientes

Após especificado o ciclo de vida, as necessidades dos clientes foram identificadas. Compreendendo o que as áreas buscavam solucionar, foi elaborado o questionário que está disponível no Apêndice A. O questionário foi aplicado em forma de entrevistas aos envolvidos no ciclo de vida do produto, no caso, o carro de movimentação dos módulos alimentadores e seus subconjuntos. Algumas perguntas de múltipla escolha foram elaboradas considerando a experiência da Engenharia de Manufatura da John Deere, com a finalidade de manter o padrão existente para fabricação e utilização de carros de movimentação na empresa.

A partir das respostas do questionário foi possível formular as necessidades dos clientes que são:

- **Produtividade:** O carro de movimentação deve permitir que os colaboradores realizem suas atividades no menor tempo de operação possível;
- **Ergonomia:** A estrutura do carro deve ser adequada as funções e caracterizada por um nível de interferência reduzido nos acessos e movimentações realizadas nas operações manuais;
- **Manutenção:** Deve ser de fácil operação, composto por componentes simples e passíveis de substituição;
- **Custo:** Primeiramente deve atender a todas as necessidades dos clientes e posteriormente procurar minimizar os custos;
- **Segurança:** As peças a serem movimentadas pelo carro devem estar bem presas e a movimentação entre os processos, assim como dentro dos postos de trabalho de cada processo deve ser segura e com sistemas de segurança adequados;
- **Fabricação:** Além de resistente aos esforços aplicados durante as operações, o carro deve atender às restrições de cada processo.

4.2.3 Estabelecer os requisitos dos clientes

As necessidades dos clientes foram decompostas nesta etapa e transformadas em linguagem de engenharia.

Classificando e ordenando-as de acordo com as fases do ciclo de vida do produto, estabeleceram-se os requisitos dos clientes apresentados no Quadro 02.

Quadro 02 – Requisitos dos clientes

REQUISITOS DOS CLIENTES	
Fases do ciclo de vida	Requisitos
Projeto	1 - Ser um projeto simples
	2 - Atender restrições dos processos
	3 - Ter confiabilidade
Fabricação	4 - Ter materiais robustos e leves
	5 - Baixo custo
Utilização	6 - Produtividade
	7 - Fácil acesso às peças
	8 - Ergonomia
	9 - Segurança
Manutenção	10 - Praticidade
	11 - Componentes simples
	12 - Fácil manutenção
	13 - Componentes móveis serem removíveis

Fonte: O autor.

Com o desdobramento das necessidades dos clientes em requisitos dos clientes, Back (2008) diz que para compreender da melhor forma as reais necessidades dos clientes deve-se transformá-las em linguagem de engenharia.

- Ser um projeto simples: A estrutura do carro de movimentação, bem como sua funcionalidade devem ser claras e objetivas;
- Atender restrições de processos: O projeto deve atender limitações de cada processo, principalmente para a linha de pintura onde não deve permitir acúmulo de fluidos do pré-tratamento na estrutura do carro de movimentação, e atender dimensões da silhueta da linha de pintura e capacidade de carga;
- Ter confiabilidade: Permitir que as peças sejam colocadas e retiradas sem dificuldades, e utilizar sistemas à prova de erro;
- Ter materiais robustos e leves: Optar por materiais padronizados de aço carbono com formas geométricas de menor massa, que atendam aos esforços solicitados e apresentem boa durabilidade;
- Baixo custo: O carro de movimentação deve ser seguro, ergonômico, produtivo e prático, possuindo boa qualidade e baixo custo de fabricação;
- Produtividade: Permitir ser colocado e retirado rapidamente do transportador aéreo da pintura, baixa quantidade de movimentos dos operadores e pouca movimentação das peças;

- Fácil acesso às peças: Ter o mínimo possível de barreiras que poderiam atrapalhar na pintura de acabamento com pistola eletrostática manual, e para içamento das peças pelos montadores;
- Ergonomia: Atender requisitos de ergonomia para as operações dos colaboradores nos processos de manufatura;
- Segurança: Deve-se garantir integridade física das pessoas envolvidas nos processos de manufatura durante a utilização do carro de movimentação;
- Praticidade: Atividades com as peças e carro de movimentação deverão ser simples e práticas;
- Componentes simples: Componentes de fixação das peças devem ser simples, com o menor número possível de componentes;
- Fácil manutenção: Permitir utilização de ferramentas simples, e elementos de fixação dos componentes de fácil aquisição no mercado;
- Componentes móveis serem removíveis: Componentes com movimentos devem ser removíveis e permitir fácil montagem e desmontagem.

4.2.4 Estabelecer os requisitos do projeto

Para Fonseca (2000), os requisitos dos clientes são inseridos em uma lista de verificação atrelando-os a atributos gerais e específicos, obtendo-se então os requisitos do projeto em uma lista detalhada, tomando-se decisões quanto à forma física do produto e características técnicas.

O estabelecimento dos requisitos do projeto é uma das principais atividades, a partir das informações geradas nessa etapa, tem-se um montante de informações que são utilizadas para gerar novas informações e servir de embasamento das demais etapas.

O Quadro 03 demonstra os requisitos do projeto conforme sugerem as bibliografias, atribuindo-se o ciclo de vida do produto aos atribuídos gerais e específicos, procurando alocar corretamente os requisitos do projeto obtendo-se uma lista detalhada.

Quadro 03 – Requisitos do Projeto.

Requisitos do Projeto			
Atributos Gerais	Básicos	Funcionamento	Fácil acesso às peças
			Tracionado por veículo rebocador
			Passar pendurado no processo de pintura
			Módulo alimentador deve ser pendurado ao carro
			Sub-conjuntos devem ficar apoiados ao carro
		Econômico	Custo de manutenção
			Custo de operação
			Vida útil
			Custo de fabricação
		Ergonômico	Fácil fixação das peças
	De acordo com normas JD		
	Confiabilidade	Acúmulo de fluidos do pré-tratamento da pintura	
		Extravio de componentes removíveis	
	Modularidade	Posicionamento dos sub-conjuntos do módulo alimentador	
Segurança	Integridade física das pessoas		
Ciclo de vida	Usabilidade	Prático	
	Mantenabilidade	Manutenção simples	
	Fabricabilidade	Processos usuais na metalmecânica	
	Montabilidade	Elementos de fixação padronizados	
Atributos Específicos	Materiais	Geométrico	Tolerâncias grandes
			Dimensões compatíveis às solhetas dos processos
		Peso	Capacidade de carga da linha de pintura
	Material	Materiais padronizados	
	Energéticos	Cinético	Velocidade na movimentação
	De controle	Controle	Acondicionamento de diferentes modelos de peças

Fonte: O autor.

4.2.5 Hierarquizar os requisitos do projeto

Realizou-se nesta etapa a hierarquização dos requisitos dos clientes através da aplicação do diagrama de Mudge, demonstrado no Apêndice B. Essa primeira hierarquização é necessária para entender a importância de cada um dos requisitos dos clientes, e facilitar a hierarquização dos requisitos do projeto tomando as melhores decisões.

Aplicou-se desta forma o método QFD, conhecido também como matriz da casa da qualidade, apresentada no Apêndice C, valorando-se os requisitos dos clientes com os requisitos do projeto conforme seu grau de relacionamento, obtendo-se então a hierarquização dos requisitos do projeto, que será utilizada para elaboração da próxima etapa do projeto informacional.

4.2.6 Estabelecer as especificações do projeto

As especificações do projeto conforme Fonseca (2000), são a complementação dos requisitos do projeto através de metas, objetivos, avaliação da meta, e fatores que deverão ser evitados.

Através da aplicação do quadro de especificações do projeto, Mantovani (2011) destaca que são obtidas as especificações do projeto, que terão como base a classificação obtida pelo cruzamento dos requisitos do projeto com os requisitos dos clientes da etapa anterior. As especificações de projeto serão as principais informações que serão levadas para a próxima fase de projeto de produto, a fase de projeto conceitual.

Os Quadros 04, 05 e 06 representados pelo terço superior, médio e inferior respectivamente, apresentam as especificações do projeto do carro de movimentação, ordenadas conforme avaliação realizada na matriz da casa da qualidade. Os requisitos de maior relevância estão identificados no terço superior e terão um foco maior, os de média relevância encontram-se no terço médio, e os requisitos que receberam menor pontuação estão situados no terço inferior.

Quadro 04 – Terço superior.

	Requisitos (terço superior)	Meta	Forma de avaliação da meta	Aspectos indesejados
1	Passar pendurado no processo de pintura	≥ 80%	Teste de campo	Não melhorar condições de carga e descarga na pintura
2	Posicionamento dos sub-conjuntos do módulo alimentador	≥ 70%	Simulação virtual	Comprometer a aplicação da pintura de acabamento
3	Operações com livre acesso às peças	≥ 80%	Simulação virtual	Estrutura do carro limitar acesso às peças
4	Integridade física das pessoas	100%	Teste de campo	Tombamento do carro na movimentação
5	Acondicionamento de diferentes modelos de peças	100%	Simulação virtual	Não atender todos modelos de peças
6	Tracionado por veículo rebocador	≥ 90%	Simulação virtual	Sistemas de movimentação complexos
7	Custo de operação	≤ R\$100,00/unid	Análise de tempos atuais e futuros	Aumento de custos nas operações
8	Capacidade de carga da linha de pintura	≤ 1185 Kg	Pesagem das peças e verificação da massa do carro em software	Não atender a capacidade de carga
9	Dimensões compatíveis às silhuetas dos processos	≥ 90%	Simulação virtual	Exceder as dimensões dos layouts atuais dos processos

Fonte: O autor.

As especificações de projeto do terço superior e representadas no Quadro 04, representam as informações mais importantes para o desenvolvimento das próximas etapas. São estas informações que influenciam diretamente na determinação das características principais do carro de movimentação e das funções, que ao final da fase contribuem diretamente para as definições do conceito físico do produto. Algumas das informações mais importantes são:

- Passar pendurado pelo processo de pintura;
- Posicionamento dos subconjuntos do módulo;
- Operações com livre acesso as peças;
- Integridade física das pessoas;
- Acondicionamento de diferentes modelos de peças, dentre outras.

Assim como no terço superior, para o terço médio e o inferior, foram determinadas metas para cada uma das especificações de projeto e a forma de avalia-las. A meta corresponde a um valor mínimo ou máximo que pretende-se alcançar, a partir de cada requisito de projeto hierarquizado anteriormente. Foram também identificados os aspectos indesejados para cada especificação de projeto, como forma de auxiliar na compreensão e atendimento da meta.

Quadro 05 – Terço médio.

Requisitos (terço médio)		Meta	Forma de avaliação da meta	Aspectos indesejados
10	Prático	≥ 80%	Teste de campo	Dificultar içamento do módulo alimentador nas linhas de montagem
11	Fácil fixação das peças	≥ 70%	Teste de campo	Sistemas de fixação de difícil utilização
12	Módulo alimentador deve ser pendurado ao carro	≥ 90%	Teste de campo	Balanço durante a movimentação
13	Extravio de componentes removíveis	≥ 90%	Simulação virtual	Componentes do carro serem extraviados
14	Custo de fabricação	≤ R\$3.200,00/unid	Análises de custo de materiais e processos de fabricação	Impacto na vida útil
15	Sub-conjuntos devem ficar apoiados ao carro	≥ 75%	Simulação virtual	Retirar primeiro os sub-conjuntos para conseguir retirar o módulo alimentador do carro na montagem
16	Manutenção simples	≥ 90%	Simulação virtual	Utilização de ferramentas especiais
17	De acordo com normas JD	≤ 120 pontos	Aplicação da análise SERA para Ergonomia e Segurança	RPN da análise de SERA ficar acima da meta

Fonte: O autor.

Não menos importantes, as informações contidas no terço médio e representadas pelo Quadro 05, também contribuem para o desenvolvimento das etapas posteriores, e possuem detalhes necessários para que se estabeleçam ao final da fase, conceitos que possam atender ao máximo todos os requisitos.

Quadro 06 – Terço Inferior.

Requisitos (terço inferior)		Meta	Forma de avaliação da meta	Aspectos indesejados
18	Custo de manutenção	≤ R\$1000,00/ano	Simulação virtual	Pontos com excesso de acúmulo de tinta
19	Acúmulo de fluídos do pré-tratamento da pintura	≤ 5%	Teste de campo	Acúmulo ou entrada de fluídos líquidos na estrutura do carro
20	Processos usuais na metalmecânica	≥ 90%	Análise de processos de fabricação	Aumento de custo
21	Materiais padronizados	≥ 70%	Pesquisa de fornecedores	Necessidade de utilizar materiais não padronizados
22	Tolerâncias grandes	≥ 80%	Simulação virtual	Dificuldade de acondicionar diferentes peças
23	Elementos de fixação padronizados	≥ 90%	Não será avaliada. Durante o desenvolvimento será observado o atendimento da meta	Sustituição por elementos de fixação de menor resistência
24	Vida útil	≥ 5 anos	Não será avaliada. Durante o desenvolvimento será observado o atendimento da meta	Baixa resistência aos esforços de utilização como choques ou batidas
25	Velocidade na movimentação	10 Km/h	Pesquisa de fornecedores	Especificações dos rodízios não atenderem as áreas

Fonte: O autor.

O terço inferior representado pelo Quadro 06, contém as informações de menor foco para o desenvolvimento das próximas etapas do projeto conceitual, mas são informações que não serão descartadas, pois elas também são importantes para obter-se sucesso ao final da fase, e contém informações que os clientes esperam no produto.

Procurando contemplar ao máximo todas as especificações de projeto na próxima fase, então as informações identificadas como menos relevantes e que compreendem o terço médio e inferior, de alguma forma deverão fazer parte do desenvolvimento do carro de movimentação.

Desta forma concluiu-se a fase de projeto informacional.

4.3 PROJETO CONCEITUAL

4.3.1 Verificar o escopo do problema

A fase de verificação do escopo do problema utilizou dados adquiridos na fase de projeto informacional, onde as especificações para o projeto do carro de movimentação do módulo alimentador foram novamente avaliadas formando uma lista de requisitos.

Nesta lista de requisitos conforme Pahl & Beitz (1996) *apud* Mantovani (2011), deve-se omitir requisitos que não possuem relações diretas com a função e restrições essenciais, eliminar possíveis preferências pessoais ou induções à solução, e após reduzir ao máximo as informações que foram transformadas para qualitativas, possuindo ao final uma lista de requisitos mais enxuta possível.

Desta forma obteve-se uma reformulação do problema e criou-se a lista de requisitos, contendo somente os atributos funcionais e restrições essenciais para o projeto do carro de movimentação do módulo alimentador, seguindo as orientações propostas pelas bibliografias para atendimento da etapa que são:

- Passar pendurado no processo de pintura;
- Posicionamento dos subconjuntos do módulo alimentador;
- Operações com livre acesso às peças;
- Integridade física das pessoas;
- Acondicionamento de diferentes modelos de peças;
- Custo de operação;
- Capacidade de carga da linha de pintura.

A próxima tarefa nesta etapa foi a continuidade da análise para verificação do escopo do problema, seguindo novamente orientações das bibliografias para obter uma lista contendo somente informações essenciais. Então, transformou-se a lista anterior descrita de forma quantitativa em informações qualitativas que são:

- Apropriada transposição ao processo de pintura e posição dos subconjuntos;
- Grande acesso às peças durante as operações;
- Grande disposição de diferentes modelos de peças similares;
- Baixo custo de operação.

Enfim, descreveu-se de forma mais enxuta possível o escopo do problema, evitando-se preferências pessoais e suas influências, que poderiam direcionar para a solução do problema:

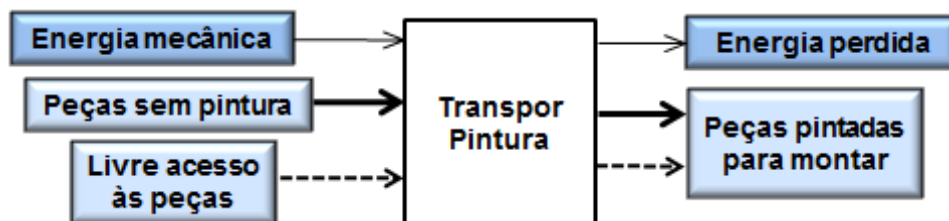
- Transportar adequadamente ao processo de pintura, contendo bom acesso às peças e aos demais processos, obtendo-se baixos custos de operação.

4.3.2 Estabelecer estrutura funcional

Para Amaral et. al. (2006), nesta etapa inicia-se a definição da estrutura funcional do produto a partir da análise de informações obtidas na especificação do produto. Inicialmente é estabelecida a função global que é composta pelas entradas e saídas (sinais, materiais e energia), e então, essas informações são decompostas em funções mais simples até que se atinja um nível de complexidade ideal, definindo-se as funções básicas do produto que auxiliarão a revelar soluções para o problema.

A Figura 09 apresenta a estrutura da função global estabelecida para o carro de movimentação do módulo alimentador.

Figura 09 – Função global do carro de movimentação.



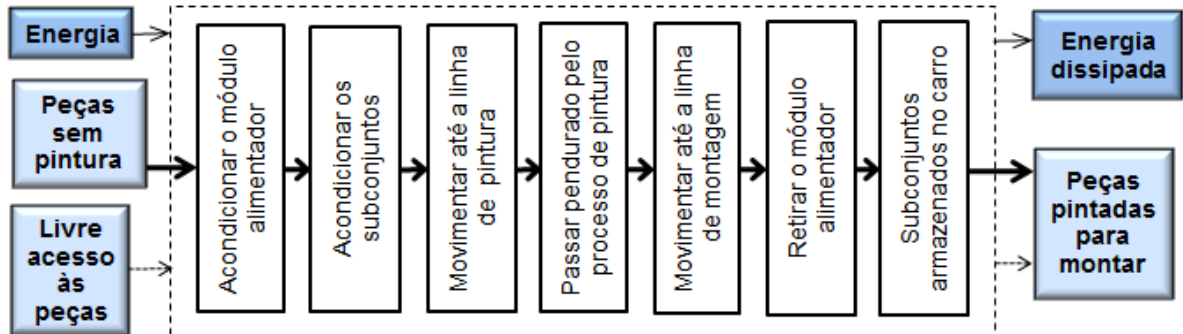
Fonte: O autor.

A informação transportar pintura da Figura 09 corresponde a função global do carro, definida pela análise das especificações do projeto e escopo do problema, que permitiram definir como principal função do carro de movimentação do módulo alimentador, a função transportar ao processo de pintura.

Compõem como entradas a energia mecânica utilizada na movimentação das peças, as peças que serão pintadas e o livre acesso às peças, para que na saída desse fluxo permita-se obter as peças pintadas, e prontas para montar. E ao final do fluxo se perderá a energia elétrica inicial, transformada em energia mecânica para movimentar o veículo rebocador elétrico que fará a movimentação das peças.

A decomposição da função global é apresentada na Figura 10. Essa decomposição para Back et. al. (2008), torna mais fácil o entendimento da função global, obtendo-se funções simplificadas que auxiliam a entender as entradas que deverão atender às saídas.

Figura 10 – Estrutura funcional simplificada.

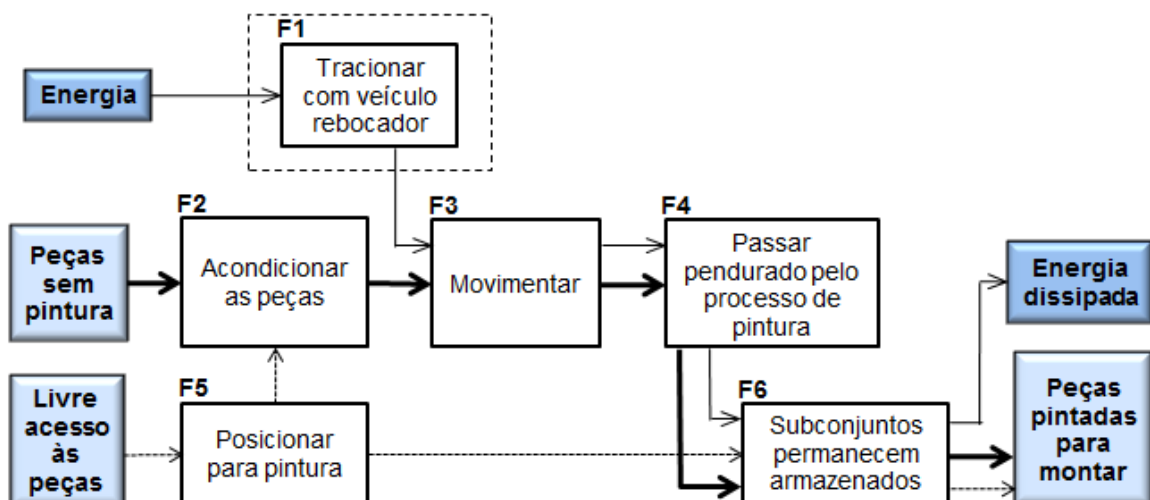


Fonte: O autor.

O desdobramento das funções é então realizado, obtendo-se as funções auxiliares que de acordo com Pahl et. al. (2005) são determinantes para a elaboração do projeto e devem ser simples para que se direcione à sistemas simples e viáveis economicamente.

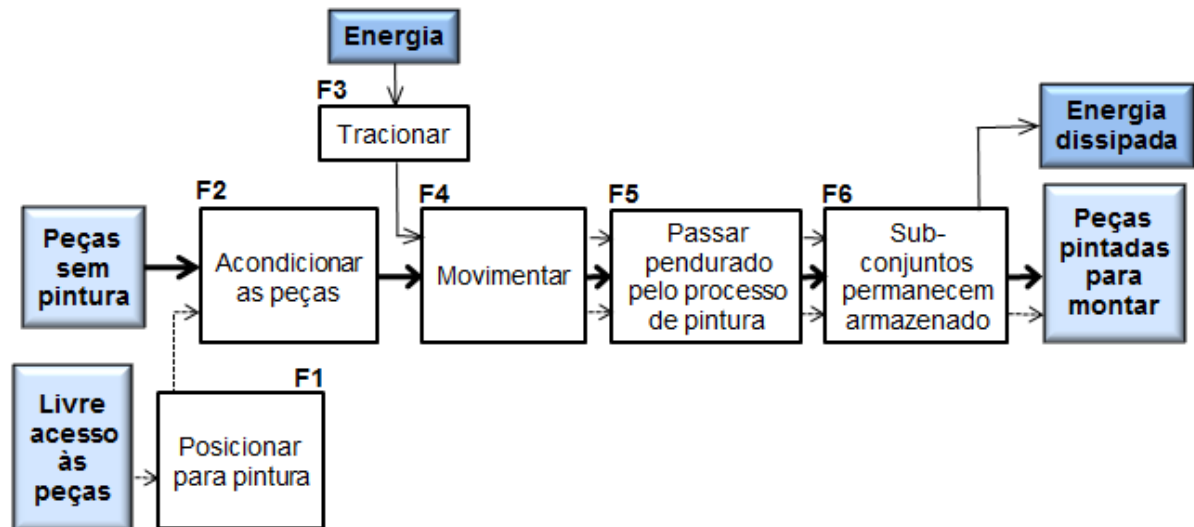
As Figuras 11 e 12 demonstram o desdobramento das funções em funções auxiliares, contendo os fluxos necessários e compatíveis às funções auxiliares encontradas.

Figura 11 – Primeiro nível de desdobramento da estrutura funcional.



Fonte: O autor.

Figura 12 – Segundo nível de desdobramento da estrutura funcional.



Fonte: O autor.

O segundo nível de decomposição das funções apresentado na Figura 12, permitiu definir o nível de detalhamento da estrutura funcional do carro de movimentação. Essas funções denominadas básicas estão demonstradas no Quadro 07, finalizando o estabelecimento da estrutura funcional.

Quadro 07 – Funções básicas do carro de movimentação.

Funções	Descrição da função	Entradas	Saídas
F1 - Posicionar para pintura	Posicionar as peças adequadamente para pintura	Peças à serem pintadas	Peças posicionadas para melhor acesso dos pintores durante a pintura de acabamento
F2 - Acondicionar as peças	Fixar as peças para movimentar e transpor ao processo de pintura	Peças à serem pintadas	Peças à serem movimentadas
F3 - Tracionar	Tracionar carro com veículo rebocador	Energia potencial	Energia mecânica
F4 - Movimentar	Realizar o deslocamento das peças entre os processos	Peças à serem movimentadas	Peças entregues ao processo seguinte
F5 - Passar pendurado pelo processo de pintura	Pendurar o carro com peças à serem pintadas ao transportador aéreo da pintura	Movimentação de peças à serem pintadas	Peças pintadas
F6 - Sub-conjuntos permanecem armazenados	Peças montadas ao final do processo de montagem ficam armazenadas no carro que permanece no local até as peças serem retiradas	Movimentação de peças pintas	Peças pintadas prontas para serem montadas

Fonte: O autor.

4.3.3 Pesquisar princípios de solução

De acordo com Pahl et. al. (2005), para cada função básica da estrutura funcional encontrada na etapa anterior, são atribuídos princípios de solução, tornando identificável a função básica. Os princípios de solução incluem efeitos físicos, geométricos e materiais.

A busca por princípios de solução conforme metodologia de Mantovani (2011) inclui a utilização de métodos de busca discursivos, intuitivos e convencionais.

4.3.3.1 Aplicar métodos de busca discursivos

O método de busca discursivo utilizado para auxiliar na identificação de princípios de solução, foi a aplicação da matriz morfológica que permitiu a geração de concepções alternativas quanto as funções básicas do produto, a qual é apresentada no Apêndice D.

4.3.3.2 Aplicar métodos de busca intuitivos

Para aplicação do método de busca intuitivo, foi aplicado um brainstorming, onde reuniu-se pessoas dos departamentos de Engenharia de Manufatura, Pintura, Montagem, Manutenção de Dispositivos e Segurança do Trabalho, todas com envolvimento no projeto do carro de movimentação e experiência na área. As ideias e sugestões foram registradas e após analisadas por um grupo menor de pessoas e dessa análise foi possível gerar as seguintes informações:

- O subconjunto frontal poderia ser fixado a um braço móvel para reposicioná-lo para dentro do carro quando o módulo alimentador for retirado para montagem;
- Utilizar um travessão com dupla função, possibilitando sustentar o subconjunto intermediário durante toda movimentação e após servir de ponto de içamento para retirar o módulo alimentador na montagem;
- Uma das duas lingas que sustentam o módulo alimentador no carro poderia ser mais curta, inclinando-o para não acumular fluidos do pré-tratamento da pintura;
- A geometria do carro poderia permitir que vários carros fossem encaixados uns nos outros para ocuparem menos espaço em algum momento.

4.3.3.3 Aplicar métodos de busca convencionais

Quanto à aplicação de métodos de busca convencionais, realizou-se a busca por sistemas técnicos em bibliografias, catálogos digitais e impressos, biblioteca digital contendo sistemas padrão utilizados para carros de movimentação na John Deere e em páginas de internet de empresas que desenvolvem projetos e produtos com funções próximas ou similares ao do carro de movimentação do módulo alimentador.

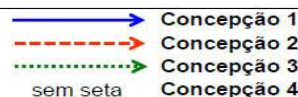
4.3.4 Combinar princípios de solução

Utilizando a matriz morfológica, procurou-se combinar os princípios de solução às funções básicas definidas nas etapas anteriores, demonstradas no Quadro 08.

Quadro 08 – Combinação dos princípios de solução.

Funções básicas		Matriz morfológica - Princípios de solução			
		1	2	3	4
F1	Posicionar para pintura				
F2	Acondicionar as peças				
F3	Tracionar				
F4	Movimentar				
F5	Passar pendurado pelo processo de pintura				
F6	Sub-conjuntos permanecem armazenados				

Legenda:



Fonte: O autor.

4.3.5 Selecionar combinações

Com a proposta de minimizar riscos de eliminar alguma solução considerada promissora devido a impossibilidade de apreciar-se todas soluções, nesta etapa Mantovani (2011) através de analogia de diferentes bibliografias, sugere a aplicação de técnicas para redução das variáveis em uma menor quantidade de informações:

- A primeira técnica refere-se ao de julgamento de viabilidade e nesta utilizou-se a experiência de pessoas envolvidas no projeto do carro de movimentação, definindo-se quais soluções se enquadrariam como condicionalmente viáveis para serem utilizadas na próxima técnica;
- A técnica seguinte refere-se a verificação de disponibilidade de tecnologia, onde verificou-se as condições de processos, parâmetros e restrições de fabricação dos princípios de solução, procurando identificar se há tecnologia disponível e acessível para empregar no projeto;
- Para a técnica de passa/não-passa, foi verificado se as soluções atendem ou não as necessidades dos clientes;
- Na última técnica, aplicou-se a matriz de avaliação demonstrada no Quadro 09, que propõem comparar as soluções que restaram entre si, de acordo com as necessidades dos clientes. Neste caso todos os princípios de soluções puderam ser avaliados, devido não terem recebido avaliação negativa nas técnicas anteriores.

Quadro 09 – Matriz de avaliação - Combinação dos princípios de solução.

Matriz de avaliação					
Requisitos dos clientes	Alvo	Concepção 1	Concepção 2	Concepção 3	Concepção 4
Ser um projeto simples	≥ 80%	0	Melhor	Pior	Igual
Atender restrições dos processos	≤ 1185 Kg	0	Igual	Pior	Igual
Ter confiabilidade	≥ 80%	0	Igual	Igual	Igual
Ter materiais robustos e leves	≥ 70%	0	Igual	Pior	Pior
Baixo custo	≤ R\$3.200,00/unid	0	Melhor	Igual	Igual
Produtividade	≥ 70%	0	Pior	Pior	Pior
Fácil acesso às peças	≥ 80%	0	Pior	Pior	Pior
Ergonomia	≤ 120 RPN	0	Pior	Pior	Pior
Segurança	100%	0	Pior	Igual	Igual
Praticidade	≥ 80%	0	Pior	Pior	Pior
Componentes simples	≥ 90%	0	Igual	Igual	Igual
Fácil manutenção	≥ 90%	0	Igual	Igual	Igual
Componentes móveis serem removíveis	≥ 90%	0	Igual	Igual	Pior
Resultado final			-3	-7	-6

Fonte: O autor.

A matriz de avaliação possui a variante de solução definida como preferencial nas avaliações das etapas anteriores utilizada como referência para avaliar as demais, e denominou-se de concepção1. Desta forma o resultado final da matriz, que comparou as concepções 2, 3 e 4 com a concepção 1, demonstra que a concepção 1 é a mais adequada para a continuidade do projeto, já que nenhuma outra concepção atingiu resultado final positivo.

4.3.6 Evoluir em variantes de concepção

Os princípios de solução são representados por conceitos e esboços com um nível de detalhamento que permita a continuidade do projeto na fase de projeto preliminar.

Deve preocupar-se em representar cada função e obter um composto de diferentes partes, que de acordo Amaral (2006) define a arquitetura do produto e a relação dos componentes físicos.

Com a utilização do software de CAD denominado Pro-Engineer, foram criados conceitos a partir das decisões tomadas nas etapas anteriores. Esses conceitos compreendem três alternativas para acondicionar o módulo alimentador e seus subconjuntos ao carro de movimentação, bem como sua estrutura principal, e são denominadas de conceito A, conceito B e conceito C, que estão demonstrados nas Figuras 13 e 14.

Figura 13. Conceitos para acondicionar o módulo alimentador.



Fonte: O autor.

Em análise realizada entre os conceitos, o conceito A tem maior altura que os demais, já os conceitos B e C tem a estrutura rebaixada para reduzir a altura das peças com o chão. Estruturalmente o conceito B é mais pesado e possui duas colunas para sustentar a parte superior, sendo que nos demais concentrou-se em utilizar apenas uma coluna para simular os acessos laterais.

A diferença entre as Figuras 13 e 14, é apenas na forma de se representar as peças. Na Figura 13 estão demonstradas as peças que precisam ser retiradas por primeiro na linha de montagem pós-pintura. Na Figura 14 estão demonstradas as peças que precisam ficar armazenadas no carro, pois são montadas ao final do processo de montagem.

Então a Figura 14 demonstra os mesmos conceitos de carros de movimentação da Figura 13, ilustrando somente o posicionamento dos subconjuntos que são consumidos por último no processo de montagem. Onde o conceito A possui uma extensão a partir da estrutura superior para posicionar o subconjunto frontal ao lado do módulo alimentador, para o conceito B essa peça ficou posicionada na parte traseira do carro, e para o C o posicionamento ficou da mesma forma que o A na lateral do módulo alimentador, havendo diferenças na extensão em que neste conceito é fixada na coluna central e é articulável.

Figura 14. Posicionamento dos subconjuntos.



Fonte: O autor.

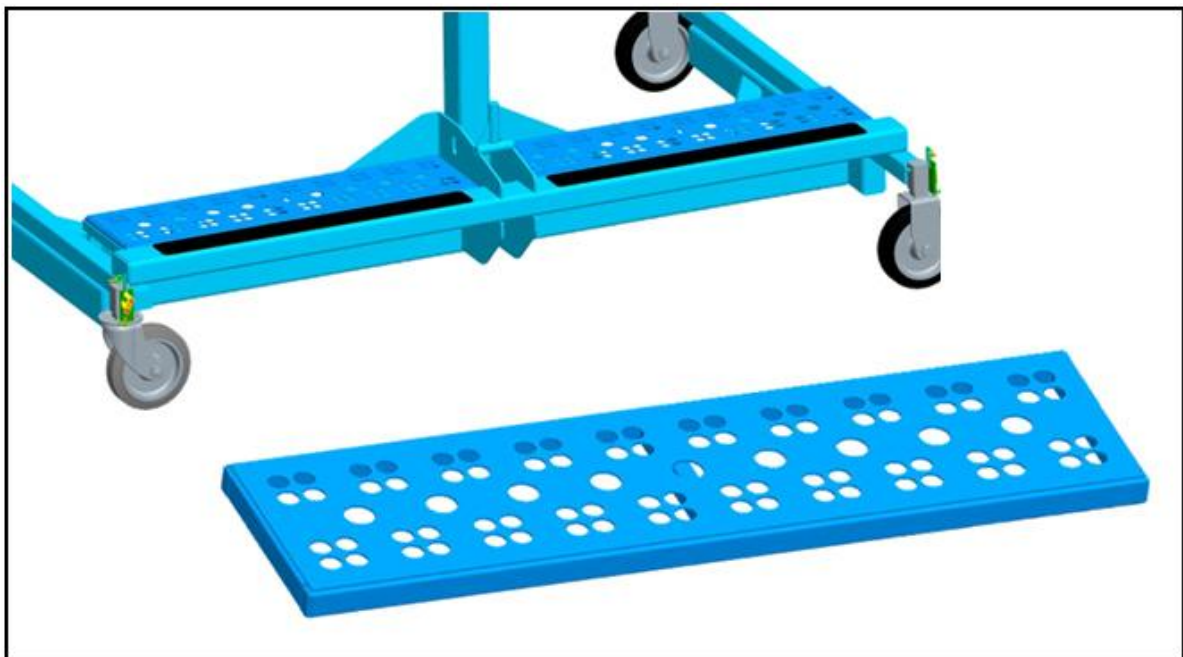
Quanto ao posicionamento do subconjunto frame, no conceito A ele fica posicionado horizontalmente na parte traseira do carro e próximo aos rodízios, no

conceito B também fica posicionado horizontalmente, mais um pouco mais abaixo que o conceito anterior, e no C fica posicionado verticalmente atrás da coluna central do carro.

O posicionamento do subconjunto eixo no conceito A é atrás da coluna central, no B e no C o eixo é posicionado horizontalmente na parte interna do carro.

Todos os conceitos foram montados observando-se os trabalhos manuais e as dimensões ergonômicas para os usuários. Os conceitos B e C possuem plataformas acopladas na base do carro para que os colaboradores tenham acesso com as mãos aos pontos de engate do módulo alimentador ao carro, já o conceito A necessita de uma escada auxiliar por ser mais elevado que os demais, não possibilitando utilizar somente um nível de plataforma no próprio carro. A Figura 15 demonstra a plataforma disponível para os conceitos B e C.

Figura 15. Plataforma na base do carro.



Fonte: O autor.

Desta forma definiu-se três conceitos (A, B e C) para o carro de movimentação do módulo alimentador e seus subconjuntos.

Estes conceitos apresentaram diferentes possibilidades de posicionamento das peças, todos possuirão o mesmo conceito de rodízios, lança de reboque e gancho para pendurar o carro ao transportador aéreo da pintura, devido esses itens serem padronizados na empresa John Deere.

4.3.7 Avaliar as concepções

Na etapa final do projeto conceitual, de acordo com Mantovani (2011), aplica-se novamente a matriz de avaliação, desta vez são avaliadas as alternativas geradas para o conceito que anteriormente foi definido como preferencial. Essas alternativas são as variações de concepções realizadas na etapa anterior, e devem ser avaliadas entre si em busca de pontos fracos, obtendo-se a escolha final a ser utilizada no projeto detalhado que contenha o equilíbrio com os requisitos.

A aplicação da matriz de avaliação relacionou as nove especificações do projeto mais importantes com as alternativas geradas para o conceito funcional de número 1, definido como preferencial na etapa de seleção das combinações e é apresentada no Quadro 10.

Quadro 10 - Matriz de avaliação – Alternativas geradas para o Conceito 1.

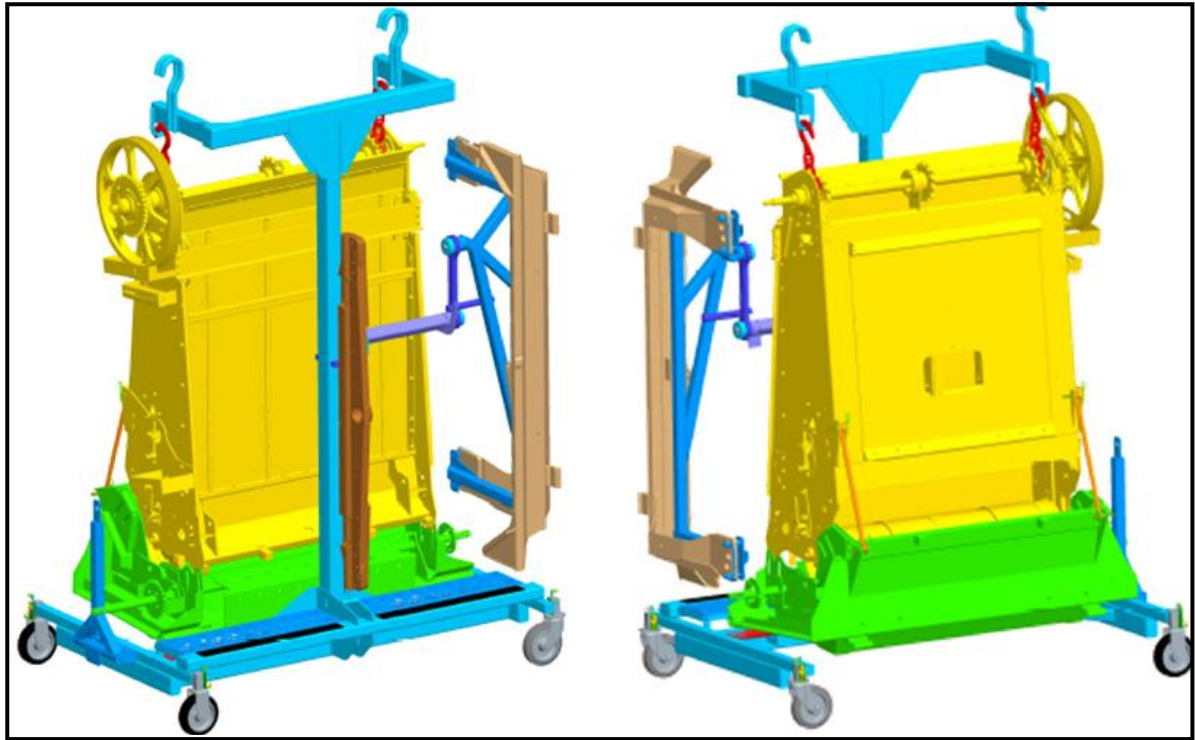
Matriz de avaliação das alternativas para o Conceito 1					Forma de avaliação
Especificações do projeto	Alvo	Concepção A	Concepção B	Concepção C	
Passar pendurado no processo de pintura	≥ 80%	1	5	5	5 = Relação forte
Posicionamento dos sub-conjuntos	≥ 70%	5	3	5	
Operações com livre acesso às peças	≥ 80%	5	3	5	
Integridade física das pessoas	100%	3	3	3	3 = Relação média
Acondicionar diferentes modelos/peças	100%	5	5	5	
Tracionado por veículo rebocador	≥ 90%	3	5	5	1 = Relação fraca
Custo de operação	≤ R\$100,00/unid	5	5	5	
Capacidade de carga da linha de pintura	≤ 1185 Kg	3	3	3	
Dimensões compatíveis aos processos	≥ 90%	1	1	3	
Resultado final		31	33	39	

Fonte: O autor.

Algumas literaturas recomendam não adotar a concepção de maior valoração, e definir a próxima de maior valoração como a concepção a ser adotada. Neste caso preferiu-se adotar o conceito de maior valoração na avaliação, sendo o conceito C o selecionado, por entender-se que atende melhor aos requisitos, funções e especificações de projeto. Outro fator que contribui para escolha do conceito C foi o fato de ter não recebido pontuação de relação fraca nas especificações, já os conceitos A e B que receberam pontuação de relação fraca, poderiam não apresentar resultados esperados, gerando dificuldades e incertezas que poderiam prejudicar o desenvolvimento do projeto preliminar.

A Figura 16 demonstra duas vistas do carro de movimentação escolhido, contendo todas as peças posicionadas conforme irá transpor ao processo de pintura, e da forma que será movimentado entre os processos.

Figura 16. Carro de movimentação escolhido.



Fonte: O autor.

Como forma de avaliar o fechamento da fase, analisou-se o conceito definido quanto ao atendimento de processos de fabricação, parâmetros e seu custo de fabricação. A estrutura do carro utiliza materiais disponíveis no mercado, as geometrias são de fácil fabricação para processos comumente utilizados. Prevendo a viabilidade econômica da fabricação do produto, há grande perspectiva de que atenda o custo previsto. E a possibilidade de realizar-se alterações para atender melhorias caso seja verificada a necessidade nas fases seguintes, torna-se outro aspecto que viabiliza a continuidade do projeto conceitual de carro de movimentação do módulo de alimentação das colheitadeiras John Deere.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o cumprimento de todas as atividades a conclusão deste trabalho é apresentada com embasamento nos objetivos gerais, específicos e os resultados alcançados.

Através do desenvolvimento de um projeto de produto, até a fase de projeto conceitual, cumpriu-se com a proposta do objetivo geral, demonstrando que o carro projetado permite que ele possa transpor ao processo de pintura suspenso ao transportador aéreo juntamente com as peças. Possibilita a sua utilização na armazenagem das peças após a retirada do módulo alimentador na linha de montagem, melhora o manuseio de peças e atividades de carga e descarga na pintura.

Quanto aos objetivos específicos também foram alcançados os resultados esperados, onde empregou-se a metodologia de projeto de produto.

A aplicação da metodologia durante a fase de projeto informacional identificou os clientes, suas necessidades e requisitos, também foram identificados os requisitos e as especificações do projeto. Estas informações foram então utilizadas na fase de projeto conceitual para estabelecer a estrutura funcional do produto, e seus princípios de solução que geraram um conceito. Deste gerou-se alternativas das variações conceituais, das quais foram avaliadas obtendo-se o conceito final do carro de movimentação, atendendo as especificações e requisitos.

O acompanhamento de pessoas da empresa e do orientador do trabalho foi importante para a aplicação da metodologia e as tomadas de decisões que levaram ao resultado do projeto conceitual com um conceito de produto bem definido.

O trabalho desenvolvido compreendeu um problema real, que necessitou a realização de pesquisas e envolvimento com áreas de Engenharia e chão de fábrica desde a identificação do problema até a definição final do conceito do produto. Desta forma conclui-se que a concepção do carro de movimentação adotada permitirá ao processo de manufatura redução de tempos e movimentos em relação ao processo anterior, melhor acesso às peças e maior agilidade na utilização do carro.

O projeto apresentou-se como promissor para sua continuidade, sendo economicamente viável e com o uso de tecnologias conhecidas para sua fabricação. Desta forma, a resolução dos problemas em relação ao processo anterior traz melhorias para a empresa que tem relação direta aos custos de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. **Lingas de correntes montadas por métodos não soldados – Grau 8.** (Projeto 50:002.03-005). Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/cb50/Projeto%2050.002.03.005%20-%20Consulta%20Nacional.pdf>>. Acessado em 27 set. 2012.
- ABTS. **Curso de processos industriais de pintura.** Apostila. Horizontina: John Deere Brasil Ltda. 2012. 12º Curso de processos industriais de pintura.
- ABRANTES, A. F. **Atualidades em ergonomia – Logística, movimentação de materiais, engenharia industrial, escritórios.** São Paulo: IMAM, 2004.
- AMARAL, C. D. et al, **Gestão de desenvolvimento do produto – Uma referência para a melhoria do processo.** 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.
- BACK, N. et. al, **Projeto integrado de produto e processos – Planejamento, concepção e modelagem.** Barueri: Manole, 2008.
- BASSETTO, E. **Proposta de metodologia para o ensino das fases de projeto informacional e projeto conceitual.** 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <<http://www.tede.ufsc.br/teses/PEMC0811.pdf>>. Acessado em 08 abr. 2012.
- BOUERI, F. J. J. **Antropometria aplicada à arquitetura urbanismo e desenho industrial.** Manual de Estudo. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2008. Disponível em: <http://www.estacaolettras.com.br/pdfs/ebook_antropometria.pdf >. Acessado em: 19 set. 2012.
- BRASIL, H. V. **Máquinas de Levantamento.** Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1985.
- CARL, STAHL. **Catálogo técnico – Içamento e elevação.** Catálogo. Horizontina: Biblioteca John Deere, 2012.
- CODINHOTO, R. **Diretrizes para o planejamento e controle integrado dos processos de projeto e produção na construção civil.** 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5516/000427385.pdf?sequence=1>>. Acessado em: 09 abr. 2012.
- COLSON. **Guia Prático – Como selecionar um Rodizio.** 2012 Disponível em: <<http://www.colson.com.br/guia-como-selecionar-um-rodizio.php>>. Acessado em 24 set. 2012.
- DAHCAR. **Caveleto metálico – Pórtico manual.** 2012. Disponível em: <http://www.dahcar.com.br/porticos_talha.html>. Acessado em: 17 out 2012.
- DUL, J.; WEERDMEEESTER, B. **Ergonomia Prática.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.
- FAZENDA, J. M. R. **Tintas – Ciência e tecnologia.** 4. ed. São Paulo: Blücher, 2009.
- FERREIRA, C. et. al. **Projeto do produto.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

FIESP. **Equipamentos de Movimentação**. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/infra-estrutura/transporte/default_equipamentos.aspx>. Acessado em: 20 ago. 2012,

FILHO, BARBOA; NUNES, ANTONIO. **Segurança do trabalho & gestão ambiental**. São Paulo: Atlas, 2001.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. 2000. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. Apostila. Horizontina: Faculdade Horizontina, 2011.

GALVÃO, S. L. **Movimentação de Material**. 2004. Disponível em: <<http://www.portaladm.adm.br/AM/AM6.htm>>. Acessado em: 20 Ago. 2012.

GUIMARÃES, L. B. M.; BIASOLI, P. K. **Levantamento antropométrico: o Brasil ainda precisa o seu?**. 2002. Disponível em: <<http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/arquivos/ergodesign2.pdf>>. Acesso em: 17 Set. 2012.

HELEVAR. **Super alloy – Grau 80**. 2012. Disponível em: <http://www.helevar.com.br/catalogos/Catalogo_KWBSuperAlloy.pdf>. Acessado em: 27 set. 2012.

LAGOS, E. A. et. al, **Um estudo de caso sobre a implantação de um sistemas logístico flexível em uma indústria de embalagens plásticas**. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 2008, Marau. p. 1.

LIDA, ITIRO. **Ergonomia: projeto e produção**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

MANTOVANI, C. A, **Metodologia de Projeto de Produto**. Apostila. Horizontina: Faculdade Horizontina, 2011. Baseada em Reis.

MOREIRA, W. **Revisão da literatura e desenvolvimento científico – Conceitos e estratégias para confecção**. 2004. Disponível em: <[http://www.nesc.ufg.br/uploads/19/original_Revis_o_de_Literatura_e_desenvolvimento_ci ent_fico.pdf](http://www.nesc.ufg.br/uploads/19/original_Revis_o_de_Literatura_e_desenvolvimento_ci_ent_fico.pdf)>. Acessado em 20 Out. 2012.

MULTICASE SYSTEMS. **Projetos**. 2012. Disponível em: <http://www.multicase.com.br/index.php?pageNum_servicos=2&totalRows_servicos=43&pagina=produtos&tipo=2>. Acessado em 17 Out. 2012.

PAHL, G. et. al, **Projeto na engenharia: Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produto, métodos e aplicações**. 6. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

PASSOS, I. A. **Administração de Materiais**. 2012. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAF6sAB/administracao-materiais>>. Acessado em 20 Ago. 2012.

PEDELHES, G. J. 2005. **Embalagem: Funções e Valores da Logística**. Grupo de Estudos Logísticos (Estudos Realizados) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <http://www.gelog.ufsc.br/joomla/attachments/053_2006-1%20-%20Embalagem%20-%20Fun%C3%A7%C3%B5es%20e%20Valores%20na%20Log%C3%ADstica.pdf>. Acessado em 16 ago. 2012>.

PEREIRA, F. O. R. **Gerenciamento Logística do Fluxo de Informações de Materiais em Unidade Industrial Aeronáutica**. 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Taubaté, São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.ppga.com.br/mestrado/2002/pereira_filho_orlandino_roberto.pdf>. Acessado em: 07 abr. 2012.

ROD CAR. **Rodas e rodízios**. 2010. Disponível em: <<http://www.rodcar.com.br/wp-content/uploads/rodcar/2012/01/Catálogo-Rodas-e-Rodízios-em-PDF.pdf>>. Acessado em: 26 set. 2012.

ROMANO, L. N. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

RUD. **Sistemas de elevação e amarração de cargas – Qualidade grau 8**. 2010. Disponível em: <<http://www.rud.com.br/pdf/catalogo-sistemas-icamento-grau8.pdf>>. Acessado em: 26 set. 2012

SCHIOPPA. **Como selecionar rodas e rodízios**. 2012. Disponível em: <<http://schioppa.com.br/produtos/PORTUGUES/GUIAPRATICO.pdf>>. Acessado em: 24 set. 2012.

SOARES, V. L. M. **Aplicação e implementação do controle estatístico de processo em pintura industrial**. 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <http://www.qualimetria.ufsc.br/dissertacoes_arquivos/valentina.pdf>. Acessado em 19 set. 2012.

VIANA, J. **Administração de materiais**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

VILLAS, M. R. A. **Processo de deposição de tintas catódicas por eletroforese e suas correlações com a qualidade**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006. Disponível em: <http://www.btdt.ndc.uff.br/tde_arquivos/14/TDE-2007-06-01T141326Z-835/Publico/Dissertacao%20Marcia%20Villas.pdf>. Acessado em 19 set. 2012.

APÊNDICE A – Questionário aplicado aos clientes

01- Dentre as opções, qual o seu envolvimento com o projeto do carro de movimentação?	<input type="checkbox"/> Pintor <input type="checkbox"/> Carga/Descarga da pintura <input type="checkbox"/> Supervisor de Produção <input type="checkbox"/> Manutenção de dispositivos <input type="checkbox"/> Segurança no trabalho <input type="checkbox"/> Logística interna <input type="checkbox"/> Montador <input type="checkbox"/> Fornecedor <input type="checkbox"/> Engenharia de Produção
02 - Assinale 2 opções que considera mais importante:	<input type="checkbox"/> Ter uma estrutura robusta <input type="checkbox"/> Ter fácil acesso para pintura <input type="checkbox"/> Ter fácil posicionamento dos sub-conjuntos
03 - Sabendo-se que a complexidade do projeto pode afetar seu custo de fabricação, escolha 3 opções que melhor descrevem o melhor sua utilização:	<input type="checkbox"/> Segurança e ergonomia <input type="checkbox"/> Produtividade <input type="checkbox"/> Durabilidade e resistência <input type="checkbox"/> Integridade da pintura das peças <input type="checkbox"/> Não deve-se preocupar com custos
04 - Em sua opinião, para manutenção e limpeza do excesso de tinta dos carros, qual a melhor opção para os elementos de fixação das peças?	<input type="checkbox"/> Serem removíveis <input type="checkbox"/> Serem fixos ao carro
05 - Havendo partes móveis no carro de transporte, em sua opinião qual a opção preferível para manutenção?	<input type="checkbox"/> Serem removíveis <input type="checkbox"/> Serem fixos ao carro <input type="checkbox"/> Indiferente
06 - Qual em sua opinião é a melhor solução para não acumular água do pré-tratamento da pintura na estrutura do carro de transporte se fabricado com tubos de aço carbono?	<input type="checkbox"/> Vedar bem ao soldar e tampar pontas <input type="checkbox"/> Fazer recortes <input type="checkbox"/> Indiferente
07 - Durante a movimentação do carro de transporte entre os processos, qual a sua opinião quanto ao módulo alimentar que está pendurado no carro movimentar-se ou balançar?	<input type="checkbox"/> Deve ficar bem preso, restringido de movimentos <input type="checkbox"/> Pode movimentar-se um pouco desde que limite-se os movimentos <input type="checkbox"/> Pode movimentar-se livremente desde que não comprometa segurança
08 - Dentre as alternativa, marque 2 opções que são mais importantes para o processo em geral:	<input type="checkbox"/> Sub-conjuntos estarem bem posicionados <input type="checkbox"/> Praticidade de uso <input type="checkbox"/> Qualidade de pintura <input type="checkbox"/> Segurança na movimentação
08 - Dentre as alternativa, marque a opção que são mais importantes para os custos de operação:	<input type="checkbox"/> Passar pendurado pela pintura <input type="checkbox"/> Agilidade para operações nas peças <input type="checkbox"/> Pouca manutenção

09 - Quais as restrições de uso para o seu processo?

10 - Quais as suas preferências ou sugestões de melhoria?

APÊNDICE B – Diagrama de Mudge

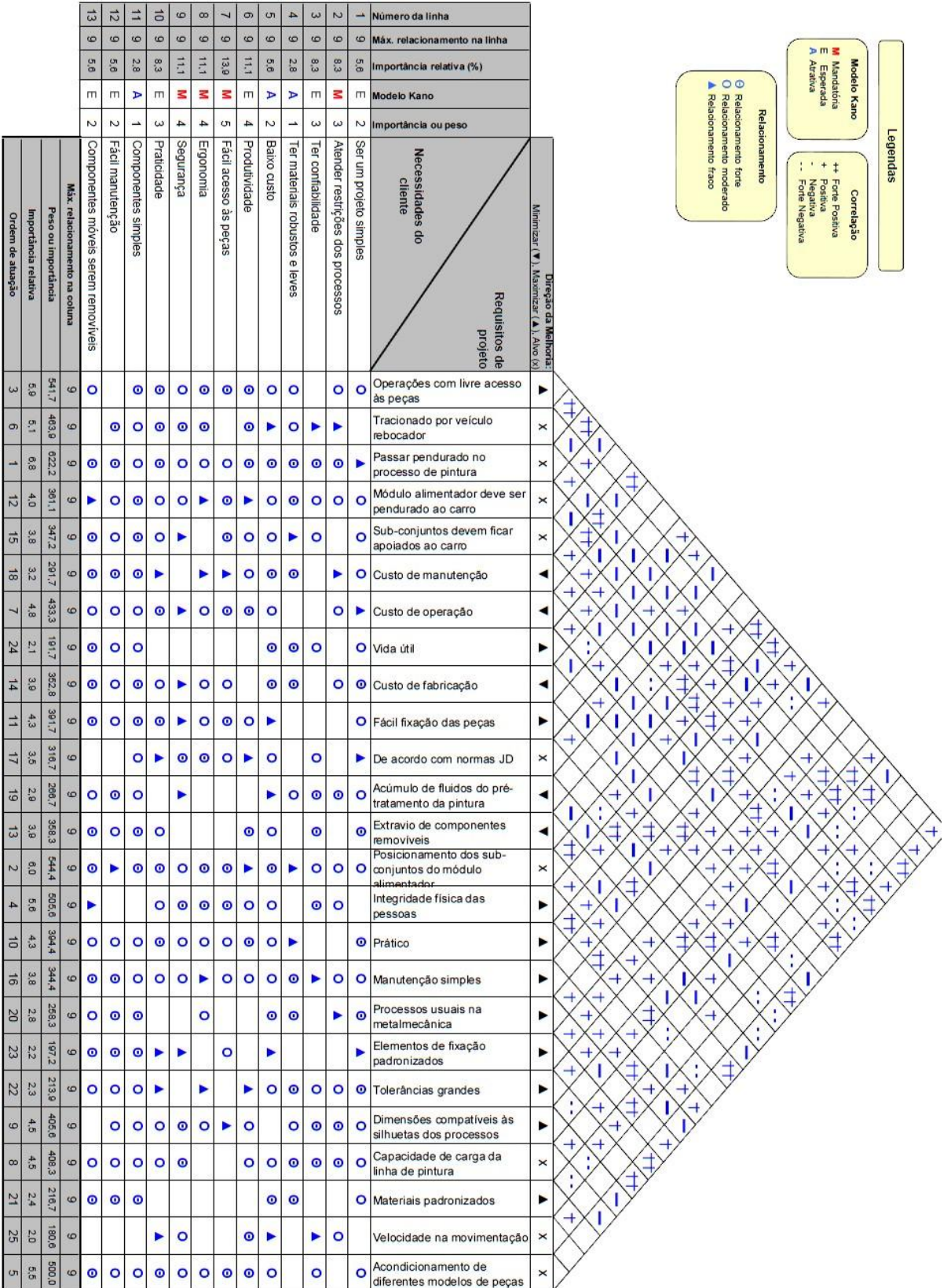
Requisitos	
1	Ser um projeto simples
2	Atender restrições dos processos
3	Ter confiabilidade
4	Ter materiais robustos e leves
5	Baixo custo
6	Produtividade
7	Fácil acesso às peças
8	Ergonomia
9	Segurança
10	Praticidade
11	Componentes simples
12	Fácil manutenção
13	Componentes móveis serem removíveis

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N
1	2B	3B	4B	5C	6A	7A	8A	9A	10B	11B	12C	13C
	2	3C	4C	5C	6B	7A	8B	9B	10C	11A	12B	13A
		3	4	5C	6B	7A	8C	9C	10B	11C	12B	13C
			4	5C	6A	7A	8A	9B	10B	11C	12B	13C
				5	6A	7A	8B	9C	10C	11C	12C	13C
					6	7B	8C	9B	10B	11C	12B	13C
						7	8C	9B	10B	11C	12B	13C
							8	9C	10B	11C	12B	13C
								9	9B	10B	11C	13C
									10	10B	11C	13C
										11	11C	13C
											12	12C
												13

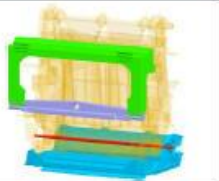

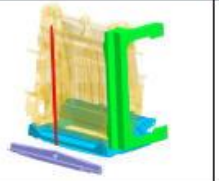













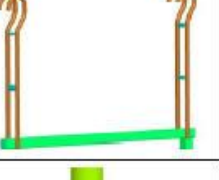







Diagrama de Mudge

Total	%	Rank
37	5,7%	8
54	8,3%	5
54	8,3%	5
18	2,8%	12
37	5,7%	8
72	11,0%	2
91	13,9%	1
72	11,0%	2
72	11,0%	2
54	8,3%	5
18	2,8%	12
37	5,7%	8
37	5,7%	8
652	100%	8

APÊNDICE C – Matriz da casa da qualidade



APÊNDICE D – Matriz morfológica

Funções básicas		Matriz morfológica			
		1	2	3	4
F1	Posicionar para pintura				
F2	Acondicionar as peças				
F3	Tracionar				
F4	Movimentar				
F5	Passar pendurado pelo processo de pintura				
F6	Sub-conjuntos permanecem armazenados				

ANEXO A – 20 princípios da movimentação de materiais

20 princípios da movimentação de materiais - Adaptado de Galvão (2004)
Planejamento: Identificação de materiais que necessitem movimentação, ou proposta de modificação da embalagem do material com potencialidade de eliminação de operações.
Sistema integrado: Quando todas as áreas estiverem envolvidas e suportadas, o equipamento deve ser o mais versátil possível, deve-se nestes casos pensar na utilização do mesmo em outras áreas quando houver a possibilidade de remanejo, ou quando não estiver sendo utilizado na área inicialmente destinada.
Fluxo de materiais: Deve ser o mais retilíneo possível, visando na redução de combustível ou energia utilizado na movimentação, hora/máquina e hora/homem.
Simplificação: É de grande importância que haja a redução de movimentos, a eliminação ou combinação de equipamentos que possam ser desnecessários. Para isso deve haver um estudo que possa definir tempos e movimentos, medida de trabalho, distribuição de trabalho, técnicas de segurança do trabalho e métodos padrões de movimentos.
Força da gravidade: A força gravitacional pode ser utilizada para facilitar a movimentação de materiais, ou para favorecer o posicionamento de cargas durante a movimentação.
Utilização de espaço: Economias de espaço, utilizando-se ocupações verticais de materiais também favorece a movimentação de materiais, pois obtém-se áreas limpas e organizadas para o armazenamento, e melhora do fluxo.
Tamanho da carga: Deve estar de acordo com o equipamento, observando-se dimensões e massa do material a ser transportado, procurando sempre a economia em movimentação e equipamentos proporcionais que permitam a movimentação sem desequilibrar ou que exijam desvios no percurso.
Segurança: Dois pontos deverão ser observados, sendo eles o fator dimensionamento do equipamento, e o outro o fator humano, para que evite-se acidentes. Também a atenção do ser humano deve ser observada, pensando-se nas possibilidades de incidentes que podem ser evitados.
Ergonomia: Deve-se reconhecer e respeitar as limitações humanas, buscando-se a partir do projeto do equipamento de movimentação que assegure-se operações mais seguras e confortáveis.
Meio ambiente: O equipamento de movimentação de material deverá atender critérios ambientais, que devem ser analisados durante o projeto de utilização. Pontos como consumo de energia ou resíduos gerados pelo equipamento devem ser analisados.
Mecanização: Onde ocorrer a utilização de esforço humano, pode ser aplicada a mecanização, que poderá tornar o trabalho mais confortável, ou poderá ser substituído o trabalho humano, tornando o processo mais e econômico.
Seleção do equipamento: Deve ocorrer a melhor seleção possível do equipamento, contemplando os requisitos do material que irá ser movimentado e do trajeto, propondo as melhores condições de custo de manuseio.
Padronização: A padronização do equipamento de movimentação e seus componentes é outro fator importante. Deverão ser observadas as marcas e modelos padrões praticadas/adquiridas pela empresa, evitando problemas para repor componentes sobressalentes (disponibilidade, tempo de espera, alto custo, necessidade de estocar vários itens diferentes, memorização ou necessidade de novas instruções de trabalho para manutenção), além do processo padronizado o qual o colaborador está familiarizado e conhece as limitações e sua aplicabilidade.
Flexibilidade: O equipamento deve estar planejado e adaptado para permitir ser utilizado em diferentes situações à que for exigido durante sua operação na empresa.
Peso morto: É o peso que o equipamento carrega sem necessidade além da carga. Pode-se citar os adaptadores de tração temporária de veículos, que somente são utilizados quando o equipamento está em movimentação, puxando uma carga, ou sendo tracionado por um veículo de movimentação.
Tempo ocioso: Recomenda-se eliminar o tempo ocioso, deve ser observado que o equipamento de movimentação não se torne improdutivo, ou que fique parado enquanto aguarda a tarefa seguinte ser executada.
Trabalho: Deve ser observado que o equipamento de movimentação contemple várias atividades por dia, tenha maior rendimento e menor utilização por tarefa.
Automação: Para maior agilidade nas operações, pode ser empregada a automação do equipamento de movimentação, aplicando tecnologia com elementos eletromecânicos.
Movimentação: Conforme observado nos itens anteriores, a movimentação deverá ocorrer de forma constante, e o montante dos tempos ociosos deverá ter tendência à zero.
Manutenção: Deverão ser definidos quais planos de manutenção serão empregados, para que se evitem desgastes ou paradas desnecessárias.