

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**SISTEMATIZAÇÃO DAS FASES DE PROJETO PRELIMINAR E DETALHADO DO  
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E SUA APLICAÇÃO NO PROJETO DE UM  
MULTICULTOR MODULAR**

**Dissertação submetida à**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

**para a obtenção do grau de**

**MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**ENG. LUCAS AREND**

**Florianópolis, Outubro de 2003.**

## **ANEXO D**

- Resultados da aplicação do método de ULLMAN (1992) para verificação da montabilidade.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**SISTEMATIZAÇÃO DAS FASES DE PROJETO PRELIMINAR E DETALHADO DO  
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E SUA APLICAÇÃO NO PROJETO DE UM  
MULTICULTOR MODULAR**

**ENG. LUCAS AREND**

**Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de**

**MESTRE EM ENGENHARIA**

**ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA  
sendo aprovada em sua forma final.**

---

**Professor Fernando A. Forcellini, Dr. Eng. - Orientador**

---

**Professor André Ogliari, Dr. Eng. – Co Orientador**

---

**Professor José A. Bellini da Cunha Neto, Dr. Eng. - Coordenador do Curso**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Professor Acires Dias, Dr. Eng.**

---

**Professor Augusto Weiss, Dr. Eng.**

---

**Professor Rodrigo Lima Stoeterau, Dr. Eng.**

*“É muito impertinente querer adivinhar o que é Deus,  
assim como é muito ousado, querer negar o que Ele é.”  
Platão*

*“Todo o animal deixa vestígio do que ele foi.  
O homem é o único que deixa pistas do que criou. ”  
Jacob Bronowski (1908-1974).*



**Dedico este trabalho a meus pais  
Hugo e Martha, a minha noiva  
Cristiane, e aos meus irmãos  
André, Eduardo e Simone.  
Obrigado a todos  
pelo incentivo.**

## AGRADECIMENTOS

Aos Mestres

Prof. Fernando A Forcellini e Prof. André Ogliari pela paciência e sabedoria com que orientaram este trabalho e também pelos extraordinários ensinamentos transmitidos neste período. Ao Prof. Augusto Weiss, pelo precioso auxílio no planejamento e execução dos testes de campo.

Aos Colegas

Franco e Roberto (cabeças) pela amizade e parceria durante estes dias, tanto nas atividades acadêmicas quanto nos churrascos, cervejadas, almoços e nos momentos “psicologicamente” difíceis.

Ao Luiz Alberto (Beto, cabecinha) pela participação e contribuições ao trabalho sem medir esforços.

Ao Giovano Mazetto e Luis Fernando (Feca) pelas informações e conhecimento implícito transmitido a respeito da dissertação anterior a esta e, a qual, pode-se dar continuidade.

Ao Eng. Fabrício, André e ao Sr. José Elias Beltrame da empresa IADEL pela hospitalidade nos dias em que estive na empresa e pela participação no deesenvolvimento, fabricação e testes do protótipo.

Aos amigos Valdeon e Alexandre pelas dicas e caronas para o RS, incluindo discussões filosóficas, técnicas, etc, às 03:00h da manhã com direito, também, a alguns sustos devido às piscadas demoradas nas curvas.

Aos amigos Ângelo, Romano e Airton pela simplicidade e espontaneidade em contribuir valiosamente em várias fases do trabalho.

Aos (as) amigos (as) do NeDIP: Leonardo (Léo Lima), Graci, Vanessa, Cristiano, André Wilbert, André Novaes, Roberto, Vinadé, Andréia, Gitirana, Vinícios, Régis, Irano, Zuín, Giovana, Cíntia, Cláudio, e Ivo pelo convívio.

A EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina.

E ao CnPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	x
LISTA DE TABELAS .....	xiii
LISTA DE TABELAS .....	xiii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	xiv
RESUMO .....	xv
ABSTRACT .....	xvi

### CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Generalidades .....	1
1.2 Considerações relacionadas ao projeto, processo de projeto e metodologia.....	2
1.3 Objetivos do Trabalho.....	5
1.4 Justificativas .....	6
1.5 Contribuições.....	7
1.6 Estrutura do trabalho .....	8

### CAPÍTULO 2

2 ESTADO DA ARTE .....	10
2.1 Introdução.....	10
2.2 Metodologias para as fases de projeto preliminar e detalhado.....	11
2.2.1 O processo de projeto e as fases de projeto preliminar e detalhado.....	11
2.2.2 O projeto preliminar .....	12
2.2.3 O projeto detalhado .....	17
2.2.4 Comparativo entre as metodologias .....	20
2.3 Estudo dos DFX Projeto para X.....	26
2.3.1 Surgimento e generalidades .....	26
2.3.2 O que são os DFXs .....	28
2.3.3 Como, onde, quando e qual DFX utilizar.....	32
2.3.4 Alguns casos de aplicações de DFX.....	36
2.3.5 Benefícios e considerações.....	38
2.3.6 Tendências futuras.....	40

2.3.7 Observações finais da revisão bibliográfica sobre DFX .....	41
2.4 A Mecanização Agrícola em Pequenas Propriedades .....	42
2.4.1 O preparo do solo .....	42
2.4.2 Implementos empregados e fontes de potência .....	43
2.4.3 Considerações finais da revisão sobre mecanização agrícola em pequenas propriedades.....	46

## CAPÍTULO 3

3 SISTEMATIZAÇÃO DAS FASES DE PROJETO PRELIMINAR E DETALHADO .....	47
3.1 Introdução.....	47
3.2 Considerações iniciais .....	47
3.2.1 Diretrizes para a sistematização .....	48
3.2.2 A utilização de DFX na sistematização.....	50
3.3 Sistematização da fase de Projeto Preliminar.....	50
3.4 Sistematização da fase de Projeto Detalhado .....	59
3.5 Considerações finais da sistematização proposta .....	67

## CAPÍTULO 4

4 PROJETO PRELIMINAR DE UM IMPLEMENTO AGRÍCOLA MODULAR.....	68
4.1 Generalidades .....	68
4.2 Atividade 1 - Planejar Projeto Preliminar do Produto.....	68
4.3 Atividade 2 - Definir Estrutura do Produto .....	72
4.4 Atividade 3 - Configurar Preliminarmente SSC.....	79
4.5 Atividade 4 - Decidir por Fazer ou Comprar SSC .....	99
4.6 Atividade 5 - Desenvolver Protótipo .....	99
4.7 Comentários finais do projeto preliminar.....	102

## CAPÍTULO 5

5 PROJETO DETALHADO DE UM IMPLEMENTO AGRÍCOLA MODULAR .....	103
5.1 Generalidades .....	103
5.2 Atividade 6 – Planejar o Projeto Detalhado do Produto.....	103
5.3 Atividade 7 – Finalizar Configuração de SSC do Produto.....	104
5.4 Atividade 8 – Finalizar Atualizar Desenhos e Documentos.....	110

5.5 Atividade 9 – Projetar Embalagem.....	111
5.6 Atividade 10 – Criar Material de Suporte do Produto.....	111
5.7 Atividade 11 – Homologar Produto .....	113
5.8 Atividade 12 – Finalizar o Processo de Projeto – Disponibilizar Documentação para a Produção .....	114
5.9 Comentários finais do projeto detalhado.....	114

## CAPÍTULO 6

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	115
6.1 Introdução.....	115
6.2 O desenvolvimento da sistemática .....	115
6.3 A aplicação da sistemática e sua eficácia.....	117
6.4 A aplicação de métodos DFX.....	121
6.4.1 A aplicação do DFA e planilha de Ullman.....	121
6.4.2 A aplicação do DFM.....	122
6.4.3 A aplicação do FMEA .....	122
6.5 O desenvolvimento do protótipo .....	123
6.5.1 Principais resultados .....	124
6.5.2 Oportunidades identificadas .....	125
6.6 Recomendações finais para trabalhos futuros .....	128
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	130

## ANEXOS

ANEXO A - ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO

ANEXO B - PRINCÍPIOS DE SOLUÇÕES

ANEXO C - RELATÓRIOS DFA

ANEXO D - PLANILHA ULLMAN

ANEXO E - DESENHOS ESQUEMÁTICOS

## APÊNDICES

APÊNDICE A - MÉTODOS DFX

APÊNDICE B - DESDOBRAMENTO SSC

APÊNDICE C - DESDOBRAMENTO E INTERFACES

APÊNDICE D - FICHAS TÉCNICAS

APÊNDICE E - ESFORÇOS NO IMPLEMENTO

APÊNDICE F - POSIÇÃO ENGATE TRAÇÃO

APÊNDICE G - FMEA RODAS

APÊNDICE H - PLANEJAMENTO, EXECUÇÃO E AVALIAÇÃO DOS TESTES DE CAMPO

APÊNDICE I - RELATÓRIO DE ENSAIO (NORMA)

APÊNDICE J - FMEA RABIÇA

APÊNDICE L - CUSTOS E MATERIAIS

APÊNDICE M - DESENHOS DE CONJUNTO DO IMPLEMENTO

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Influência do projeto no custo da manufatura. ....	03
Figura 1.2 - Ilustração dos objetivos na sistematização das fases finais do processo de projeto.....	06
Figura 2.1 - Representação do ciclo de desenvolvimento de produtos, o processo de projeto e a localização do projeto preliminar e detalhado nesses.....	11
Figura 2.2 - Representação dos passos da fase do projeto preliminar. PAHL e BEITZ (1996).....	13
Figura 2.3 - Fases do projeto do produto. ULLMAN (1992) .....	15
Figura 2.4 -Diagrama da fase de projeto detalhado. PAHL & BEITZ (1996) .....	17
Figura 2.5 - Entradas e resultados da fase de projeto detalhado. BAXTER (1998).....	18
Figura 2.6 - Delineamento de um consenso entre as metodologias.....	21
Figura 2.7 - Ciclo de trabalho de um DFX. Adaptado de OLESEN (1992) <i>apud</i> HUANG (1996) .....	32
Figura 2.8 - Envolvimento de diferentes funções e aplicações de um envelope de DFX. Adaptada de MCGRATH <i>et al</i> (1992) <i>apud</i> HUANG (1996) .....	34
Figura 2.9 - Distribuição gráfica das fontes de potência levantadas. WEISS (1998). ....	45
Figura 3.1 - Convenção básica para a representação do fluxo da sistematização do processo de projeto. MARIBONDO (2000) .....	48
Figura 3.2 - Representação da sistematização do Projeto Preliminar.....	51
Figura 3.3 - Atividade de Planejamento do Projeto Preliminar do Produto .....	54
Figura 3.4 - Atividade de Definição da Estrutura do Produto.....	54
Figura 3.5 - Atividade de Configurar Preliminarmente SSCs.....	57
Figura 3.6 - Atividade de Decidir por Fazer ou Comprar SSCs.....	58
Figura 3.7 - Atividade de Desenvolvimento do Protótipo.....	59
Figura 3.8 - Representação da sistematização do Projeto Detalhado.....	60
Figura 3.9 - Atividade de definição do plano de projeto detalhado do produto .....	62
Figura 3.10 - Atividade de Configuração final de SSC do Produto.....	63
Figura 3.11 - Atividade de finalização e atualização de desenhos e documentos do produto..	64
Figura 3.12 - Atividade de projeto da embalagem do produto .....	65
Figura 3.13 - Atividade de criação do material de suporte do produto .....	66
Figura 3.14 - Atividade de homologação do produto.....	67
Figura 4.1 - Planejamento da integração, escopo e tempo do projeto.....	69

Figura 4.2 –Escarificador com disco de corte. WEISS (1998).....	73
Figura 4.3 - Sulcador com disco de corte. WEISS (1998).. .....	73
Figura 4.4 - Semeadora adubadora com duplo cinzel. WEISS (1998).....	74
Figura 4.5 - Semeadora adubadora com cinzel para adubo e disco duplo a semente. WEISS (1998).. .....	74
Figura 4.6 – Variantes do sistema modular desenvolvido. MAZETTO (2000).....	75
Figura 4.7 - Desenho representativo com dimensões principais e identificação das interfaces do sistema semear/adubar solo. ....	77
Figura 4.8 - Estimativas de comprimentos de partes do corpo em pé, em função da estatura H. Fonte: CONTINI e DRILLIS (1966) <i>apud</i> IIDA (1990).....	83
Figura 4.9 - Força máxima em função do peso próprio. Fonte: BACK (1983). ....	84
Figura 4.10 - Dimensões para a análise ergonômica. ....	84
Figura 4.11 - Ilustração das inclinações adicionadas às agarradeiras.....	89
Figura 4.12 - Gráfico de área FMEA para o subsistema rodas motoras e disco de corte.....	91
Figura 4.13 - Tempo de montagem das partes do produto .....	92
Figura 4.14- Figura representativa do reprojeto, sendo: a: Contra chapa; b: Chapa de interface com o tubo; c: Chapa suporte; d: Contra chapa; e: Chapa suporte.....	93
Figura 4.15 - Figura comparativa entre o projeto antigo e o reprojeto.....	94
Figura 4.16 - Representação da proporção das operações adicionais relacionada com outros fatores .....	95
Figura 4.17 - Planilha gerada durante as respostas às considerações do DFM .....	97
Figura 4.18 - Simplificação da barra suporte do disco de corte “a” para a forma “b” .....	98
Figura 4.19 - Simplificação da regulagem de altura do disco de corte, sendo: a: barra de regulagem; b: barra suporte; c: pino limitador; d: pino limitador; e: chapa de rotação; f: parafuso de fixação; g: barra suporte do disco; h: pino de regulagem; i: barras limitadoras; j: parafuso de fixação.....	98
Figura 4.20 – Fabricação do protótipo do implemento .....	100
Figura 5.1 - Cronograma da fase de projeto detalhado.....	104
Figura 5.2 - Subsistema Rabiça MC04 fabricado e montado no implemento.....	105
Figura 5.3 - Modificação do suporte “U” do subsistema rabiça, eliminando-se as peças “b”, “c” e “d” pela “f” que é soldada a peça “a”.....	106
Figura 5.4 - Gráfico de área do FMEA para o subsistema rabiça .....	107
Figura 5.5 - Ilustração da modificação realizada na haste do disco de corte “a” .....	108
Figura 5.6 - Alteração no subsistema rodas compactadoras.....	108



Figura 5.7 - Elemento adicionado entre o cinzel de adubo e o cano condutor de adubo .....	109
Figura 6.1 - Multicultor Modular montado com a opção semeadora-adubadora .....	125
Figura 6.2 – Adubadeira .....	126
Figura 6.3 – Conjunto Adubadeira .....	126
Figura 6.4 – Cultivadores tipo enxadas .....	126
Figura 6.5 – Abacelador com Asas.....	127
Figura 6.6 – Arado Aterrador .....	127

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Planejamento dos custos.....	70
Tabela 4.2 - Riscos da fase de projeto preliminar .....	70
Tabela 4.3 - Definição dos nomes para os módulos .....	75
Tabela 4.4 - Aspectos críticos do produto .....	80
Tabela 5.1 - Resultado final do atendimento das especificações de projeto .....	112
Tabela 6.1 – Resultados da comparação entre as metodologias para as fases de projeto preliminar e detalhado.. .....	116
Tabela 6.2 – Comparativo entre o custo da matéria prima em R\$ do implemento Multicultor Modular desenvolvido e implementos comerciais .....	124

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Características das fases finais do processo de projeto segundo diversos autores.....	24
Quadro 2.2 - DFX e áreas envolvidas, formas encontradas e algumas referências para pesquisa. ....	35
Quadro 2.3 - Fonte de potência animal encontrada nas propriedades pesquisadas.WEISS.....	45
Quadro 4.1 - Equipamento/processo de fabricação da empresa e numeração definida .....	87
Quadro 4.2 - Subsistemas e equipamentos/processos envolvidos na fabricação .....	88
Quadro 4.3 - Quadro representativo do reprojeto.....	93
Quadro 4.4 - Resultados da aplicação do método de verificação da montabilidade e comparação com a escala de avaliação do potencial de melhoria (PM) proposta por ULLMAN.....	96
Quadro 5.1 - Custo da matéria prima para cada subsistema.....	110

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- DFX – Projeto para “X” (*Design for “X”*);
- CAD - Projeto auxiliado por computador;
- CAM - Manufatura auxiliada por computador;
- CAE - Engenharia auxiliada por computador;
- CALS - Dados de logística auxiliada por computador;
- CAPP - Planejamento do processo auxiliado por computador;
- MESCRAI - Modificar, Eliminar, Substituir, Combinar, Rearranjar, Adaptar e Inverter;
- BOM – Lista de materiais (*Bill of materials*);
- DR – Revisão do projeto (*Design Review*);
- PM - Método de Pareto;
- QFD – Casa da qualidade;
- FMEA – Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (*Failure Mode and Effects Analysis*);
- RePMA - Metodologia para o reprojeto de produtos para o meio ambiente;
- PDM – Gerenciamento de dados do produto (*Product Data Management*);
- FMECA – Análise dos Modos de Falha, Efeitos e Criticalidade (*Failure Modes, Effects and Criticality Analysis*);
- NeDIP – Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos;
- FTA – Análise da árvore de falhas (*Fault Tree Analysis*);
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina;
- SAE – Sociedade dos Engenheiros Automotivos (*Society of Automotive Engineers*);
- PMBOK – Conjunto de Conhecimento em Gerência de Projetos (*Project Management Body of Knowledge*);
- SSC – Sistemas, subsistemas e componentes;
- PP –Projeto Preliminar;
- PD – Projeto Detalhado;
- IADEL – Indústria de Implementos e Máquinas Agrícolas;
- MC – Módulo Construtivo;
- BDI - *Boothroyd Dewhurst, Inc*;
- PM – Potencial de melhoria;
- EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina.

## RESUMO

No processo de desenvolvimento de produtos, o processo de projeto compreende uma série de atividades que, bem organizadas, auxiliam projetistas e equipes de desenvolvimento em suas tarefas. O desenvolvimento sistematizado tem como finalidade obter produtos, maximizando qualidade, minimizando custos e tempo. Com o intuito de focalizar as fases finais desse processo que se propõe este estudo, tendo, como objetivo, a sistematização das fases de projeto preliminar e projeto detalhado, envolvendo métodos e ferramentas de apoio pertinentes a essas fases do desenvolvimento de produtos.

A sistematização proposta consiste no desdobramento do projeto preliminar e detalhado, em atividades e em tarefas que orientam o projetista ou equipe de projeto na execução de seu trabalho, dentro de um ambiente de desenvolvimento integrado (Engenharia Simultânea). Com relação aos mecanismos de auxílio ao projeto preliminar e projeto detalhado, estão alocadas posições para a aplicação de métodos DFXs, como Projeto para Manufatura, Projeto para Montagem, Projeto para Confiabilidade, Projeto para Manutenibilidade, entre outros; ferramentas e softwares, gráficos de dimensionamento, modelagem, simulações, gerenciamento e sistemas CAD/CAM/CAE de forma geral.

O trabalho compreendeu, também, o estudo de métodos DFXs, sendo proposta uma abordagem específica para o Projeto para Manufatura (DFM). Foi aplicada a sistemática proposta no desenvolvimento de um implemento agrícola denominado Multicultor Modular para as fases de projeto preliminar e detalhado, com os métodos Projeto para Montagem (DFA), Projeto para Fabricação (DFM) e a ferramenta de Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) em meio às atividades do desenvolvimento definidas pela sistemática.

Além das atividades de projeto, foi realizada a fabricação do implemento em parceria com uma empresa do setor agrícola, sendo posteriormente, realizados os testes de campo para verificação do desempenho global do mesmo. O implemento desenvolvido teve seu projeto transferido para a empresa com que se estabeleceu parceria, contribuindo, assim, com o setor de mecanização agrícola em pequenas propriedades rurais, com sua disponibilização para o mercado.

## ABSTRACT

During the products development process, the design process includes a series of activities which, when well organized, help designers and their team to develop their tasks. The systematized development reaches for products with better qualities and less cost and time. This systematization intends to focus the last phases of this process, having as the goal the realization of the preliminary and detailed design phases, using methods and tools related to them in the products development.

The proposed systematization consists in dividing the preliminary and detailed design phases into activities and tasks that lead the designer or the team in order to do the work in an environment of integrated development (Simultaneous Engineering). Related to the mechanisms that help the preliminary and detailed design, there are situations for applying DFX Methods, such as Design for Manufacture, Design for Assembly, Design for Reliability, Design for Maintainability, etc, tools and softwares, measurements charts, modelling, simulations, management and CAD/CAM/CAE systems in general.

The work also includes the study of DFX Methods and an approach for the design for manufacture (DFM) was proposed. This proposal was applied for developing an agricultural implement for the preliminary and detailed design phases, with the methods: Design for Assembly (DFA), Design for Manufacture (DFM), Failure Mode and Effects Analysis, during the activities of development present in the systematization.

Besides the design activities, an implement was manufactured with the partnership of a company of the agricultural sector, and practical tests were applied, in order to certify the whole performance. The factory, that worked as a partner for the manufacture of this implement, assumed the design, having it available in the market, improving the agricultural mechanized sector in small rural properties.

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Generalidades

As constantes transformações e exigências do mercado tornam os produtos industriais cada vez mais complexos e sofisticados, exigindo dos projetistas e engenheiros conhecimentos mais acurados. Com o aumento da competitividade entre os mercados, a complexidade e o número de informações agregadas aos produtos, surge a necessidade da sistematização de metodologias que auxiliem o processo de desenvolvimento de produtos. Sistematizar, no contexto do assunto, é o ordenamento e sequenciamento metódico, coerente com determinada linha de pensamento, levando em conta técnicas, métodos e ferramentas disponíveis e a serem desenvolvidas.

Vários pesquisadores vêm sugerindo metodologias que abordam o processo de projeto para os diferentes ramos industriais, bem como ferramentas e métodos que podem ser aplicados no andamento do projeto como, ASIMOW (1968), CORYELL (1967), PAHL & BEITZ (1996), BACK (1983), BLANCHARD & FABRYCKY (1990), PUGH (1991), CLARK & FUJIMOTO (1991), ULLMAN (1992), ULRICH & EPPINGER (1995), HUBKA (1987), entre outros. Para PAHL & BEITZ (1996), uma metodologia de projeto que integre os diferentes aspectos do projeto é um meio pelo qual o processo se torna lógico e compreensível. Alguns benefícios, que a utilização de metodologias proporciona, podem ser citados, tais como: a redução do tempo de projeto, o auxílio na formalização do processo de projeto e na produção de soluções bem definidas e precisas, facilitação de implementações computacionais, organização e ordenamento das atividades, entre outras.

É nesse sentido que o presente estudo se direciona, concentrando-se mais especificamente nas fases finais do processo de projeto, denominadas, pela maioria dos autores, como fase de projeto preliminar e de projeto detalhado. Dessa forma, buscam-se o entendimento e o detalhamento dessas fases, a fim de contribuir com o processo de desenvolvimento de produtos por meio da proposição de uma sistemática para as mesmas.

## 1.2 Considerações relacionadas ao projeto, processo de projeto e metodologia

Faz-se necessário apresentar algumas considerações relacionadas ao projeto de produtos, ao processo de projeto e à metodologias de projeto, a fim de introduzir o assunto e, posteriormente, tratá-lo de maneira mais específica.

A primeira questão que se coloca é: o que é projeto?

Vários autores definem o termo projeto e, entre algumas definições, pode-se destacar:

- **projeto** é um processo criativo que inicia de um requisito e define uma invenção ou sistema e os métodos de sua realização ou implementação para satisfazer o requisito, ou ainda é uma atividade humana primária e é central para a engenharia e artes aplicadas; FINKELSTEIN & FINKELSTEIN (1983) *apud* MARIBONDO (2000);

- **projeto** de engenharia é uma atividade orientada para o atendimento das necessidades humanas, principalmente daquelas que podem ser satisfeitas por fatores tecnológicos de nossa cultura; ASIMOW (1968);

- **projeto** do produto pode ser formulado como uma atividade de planejar, sujeito às restrições de resolução, uma peça ou um sistema para atender de forma ótima às necessidades estabelecidas, sujeito, ainda às restrições de solução. Entende-se como restrições de solução aquelas que se relacionam com o conhecimento disponível, o tempo, facilidades de laboratório e de computação para resolver problema e, as restrições de solução que englobam aspectos de custos, disponibilidade de materiais, equipamentos de fabricação, de uso, manutenção e descarte; BACK (1983).

De maneira geral, pode-se observar que as definições têm em comum um aspecto, que é partir de alguma necessidade humana e buscar, por meio de diferentes formas, soluções que possam ser fabricadas e produzidas para o atendimento dessa necessidade primitiva.

A diversidade de conhecimento, que envolve a ação de projetar, pode ser justificada pela diversidade de produtos que podem ser projetados. Assim, o processo de projeto, dentro de sua magnitude, tem características importantes as quais, segundo EVBUOMWAN (1996) *et al apud* MARIBONDO (2000), podem ser divididas em: uma atividade oportunística; uma atividade incremental; uma atividade exploratória; um processo criativo (arte); um processo racional (baseado na lógica); um processo de decisão-fabricação (baseado no valor); um processo iterativo; e um processo interativo.

Independente da característica assumida pelo processo de projeto, seja qual for o ramo industrial, sua importância é comprovada frente à competitividade imposta pelo mercado.

Um estudo realizado por ULLMAN (1992), na *Ford Motor Company*, demonstra a influência do processo de projeto nos custos finais da manufatura do produto. De acordo com a figura 1.1, a primeira coluna mostra que 5% dos custos de manufatura são referentes às atividades de projeto. Já na segunda coluna, está demonstrado que as decisões tomadas durante o processo de projeto afetam em 70% os custos de manufatura. Neste exemplo, verifica-se a responsabilidade do projeto na competitividade e, conseqüentemente, na sobrevivência da empresa.

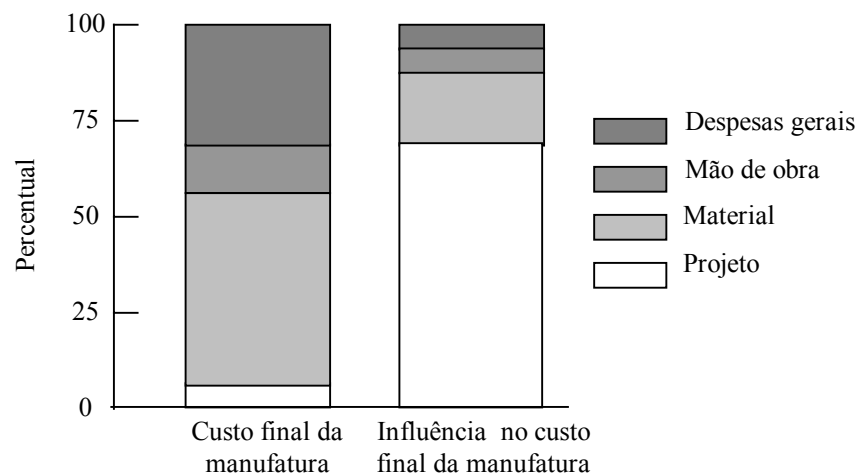


Figura 1.1 - Influência do projeto no custo da manufatura. Adaptado de ULLMAN (1992).

Projetar, portanto, não é uma tarefa trivial, pois capacidades, áreas, técnicas, métodos, entre outros, conferem importância ao projeto, transformando-o na base do processo de negócio da empresa. Considerando tais fatores e questões, surge a pergunta: como projetar de maneira organizada, armazenando e disponibilizando informações, garantindo a eficiência do projeto?

A resposta para essa questão pode ser encontrada no uso de metodologia de projeto, uma vez que esse é um ramo da ciência que visa estudar, desenvolver e ordenar o conhecimento sobre as atividades de projeto. Muitas definições podem ser encontradas para o termo, mas, de maneira geral, metodologia de projeto consiste no conhecimento organizado, configurado de tal maneira a suportar as atividades dos engenheiros e projetistas, orientando-os sobre determinados caminhos, na busca de melhores soluções para os problemas de projeto.

Um estudo realizado por GIFFIN (1997) *apud* BACK e OGLIARI (2000), demonstra que as empresas têm reduzido seu ciclo de desenvolvimento de produtos, devido à competição intensificada, procurando adequar-se à nova realidade do mercado. Para manter-se no



mercado, uma solução é a redução no ciclo de desenvolvimento dos produtos, associada à implementação de equipes multifuncionais e no uso de processos formais de desenvolvimento de produtos (metodologia). O autor recomenda que os desenvolvimentos teóricos, em projeto de engenharia, sejam mais adequados à prática industrial, desenvolvidos de maneira dedicada, capturando as principais características daquele contexto. Assim, observa-se a importância das metodologias de projeto, desde que essas reflitam a realidade do ambiente de trabalho nesse processo, bem como os fatores que o envolvem.

No que diz respeito aos fatores de projeto relacionados em metodologia, PIGHINI (1997) destaca que estes podem ser divididos em três categorias:

- Princípios de projeto: são recomendações ou sugestões que podem ser aplicadas para questões gerais ou em propriedades particulares de sistemas técnicos. Podem ser derivados de experiências de projeto, geralmente conhecidas pelos engenheiros e projetistas;

- Técnicas de projeto: são regras formalizadas, baseadas em definições, para um estudo específico relacionado a uma dada questão;

- Métodos de projeto: são meios ou procedimentos racionais para obter um resultado específico. Nesse campo podem ser encontrados inúmeros métodos em diferentes graus de complexidade, e que, por fins de terminologia, também podem compreender ferramentas de projeto.

Como o escopo deste trabalho está relacionado às fases finais do processo de projeto, as três categorias anteriores serão abordadas. Outra questão pertinente à metodologia de projeto está relacionada à sua forma de apresentação, sendo importante destacar a analogia entre a metodologia propriamente dita e os modelos para apresentação do processo de projeto. Assim, esses modelos, segundo EVBUOMWAN (1996) *apud* OGLIARI (1999), podem ser classificados em: prescritivos, descritivos e computacionais.

Modelos prescritivos apresentam-se, geralmente, na forma de fluxogramas das atividades de projeto. Representam aquelas filosofias em que o projeto é visto pela sua natureza procedural e interativa. São, em essência, os planos procedurais, os planos de ações, os algoritmos de projeto, entre outros, como comumente conhecidos na literatura.

Os modelos descritivos, por sua vez, são aqueles que procuram capturar o comportamento dos projetistas diante de determinadas situações ou problemas práticos de projeto, visando à construção de sistemas inteligentes que os simulem.

Por fim, os modelos computacionais são aqueles nos quais o projeto é considerado um processo que mapeia um conjunto de requisitos, numa descrição de um produto fisicamente realizável, o qual satisfaz tais requisitos. Tratam, em grande parte, de formulações

matemáticas para processos de projeto traduzidas na forma de algoritmos computacionais e de sistemas baseados no conhecimento.

Neste trabalho será utilizada a forma prescritiva para a formalização das fases de projeto preliminar e detalhado, envolvendo métodos e ferramentas de suporte ao processo de projeto. Também algumas metodologias clássicas, encontradas na literatura, serão estudadas e analisadas, a fim de gerar subsídios para a sistematização que se propõe, bem como métodos e ferramentas empregadas.

### 1.3 Objetivos do trabalho

Teve-se, como objetivo principal, propor uma sistematização para as fases de projeto preliminar e projeto detalhado do processo de projeto, integrando várias das abordagens de DFX (Projeto para X). Com essa sistematização definida, realizou-se a sua aplicação no projeto preliminar e detalhado de um implemento agrícola denominado Multicultor Modular. A sistematização compreende a prescrição, de maneira ordenada e coerente, do que fazer, quando fazer, como fazer e com que fazer o projeto para tais fases do processo. Assim, pode-se subdividir o objetivo principal em objetivos mais detalhados, como:

- análise do que já existe no assunto relacionado às metodologias e propor fases prescritas coerentes que contemplem todas as possibilidades no desenvolvimento do produto;
- propor meios para auxiliar nas atividades de projeto, em níveis de definições, decisões e avaliações;
- prescrever a sistematização, de forma que as atividades de desenvolvimento do produto permaneçam ligadas às demais fases do processo e dentro de um ambiente integrado;
- integrar, nessas fases, as informações vindas das fases iniciais (Projeto Informacional e Projeto Conceitual) de forma coerente;
- disponibilizar, na sistematização, caminhos que orientem equipe, engenheiro ou projetista, como e onde buscar informação para o aprofundamento de determinados assuntos específicos, que não estejam no escopo do estudo;
- desenvolver e identificar métodos e ferramentas que auxiliem nas fases finais do processo de projeto;
- aplicar a sistematização no desenvolvimento do projeto preliminar e detalhado de um implemento agrícola (estudo de caso), envolvendo uma empresa do setor;

- formalizar procedimentos para os métodos DFM (Projeto para Manufatura) e DFA (Projeto para Montagem), visando à posterior aplicação no projeto do implemento agrícola. Aplicar, também, o FMEA (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos) durante o desenvolvimento do projeto objetivando simplificar as partes do produto prevendo possíveis falhas e providenciando melhorias para evita-las.

A figura 1.2 retrata a abordagem referente aos objetivos deste trabalho, relacionando o estudo das metodologias para as fases finais de projeto e dos DFXs.

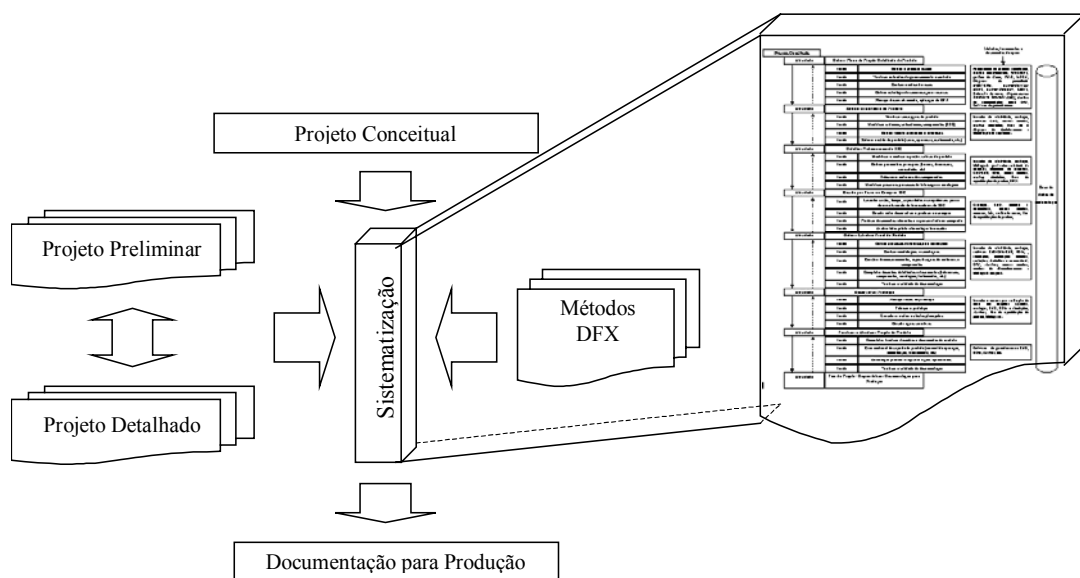


Figura 1.2 – Ilustração dos objetivos na sistematização das fases finais do processo de projeto.

#### 1.4 Justificativas

Em uma revisão bibliográfica, anterior à realização deste trabalho e na discussão com profissionais da área, foi observada a necessidade de estudos sobre as fases de projeto preliminar e detalhado. É importante enfatizar que este trabalho trata da sistematização das fases finais do processo de projeto e que, portanto, têm-se como elementos chaves do estudo: as atividades de projeto, metodologias, técnicas, ferramentas, métodos, a interação com a indústria de máquinas agrícolas, entre outros fatores que envolvem o modelamento e sistematização das atividades finais do processo de projeto.

Neste contexto, EDER (1998), *apud* ROMANO *et al* (2001), destaca que as clássicas metodologias de projeto são formuladas, obviamente, sob um nível muito generalizado e abstrato e que, portanto, devem ser adaptadas pelos projetistas às condições específicas, tais

como, empresa, economia, prazos, etc, isto é, à situação do projeto existente. Em outras palavras, a metodologia de projeto deve ser adaptada ao tipo de problema, à situação, aos diferentes tipos de produto e às características da empresa.

Num primeiro momento, a questão da adaptação da metodologia é abordada neste trabalho, restringindo-se ao domínio de máquinas agrícolas. O setor de máquinas agrícolas, segundo ROMANO *et al* (2001), está compreendido por um processo de projeto informal, orientado, normalmente, pela experiência e conhecimento prático dos engenheiros responsáveis pelo desenvolvimento, gerando produtos que, de acordo com pesquisa realizada por BRASIL (1984) *apud* ROMANO *et al* (2001), ou eram modelos tradicionais ou eram cópias desenvolvidas por terceiros, sobre os quais executavam-se alguns aperfeiçoamentos sob o ponto de vista funcional, sem maiores atenções aos aspectos de estética, segurança, fabricação, montagem, etc.

O que se tem observado, no que diz respeito às fases finais do processo de projeto, é que tanto na prática das indústrias, quanto nas metodologias clássicas encontradas na literatura, essas fases são tratadas basicamente como atividades de dimensionamentos e desenhos finais para serem lançados na produção. De certa forma, estas fases são menos assistidas e abordadas possivelmente, por envolverem questões práticas e o conhecimento implícito de engenheiros e projetistas.

Assim, destaca-se que muito se tem pesquisado e desenvolvido nessa área e que os conhecimentos podem ser sistematizados, agregando e tratando, com maior ênfase, as possibilidades de projetar produtos dentro dos requisitos de qualidade, custo e tempo.

## 1.5 Contribuições

Como contribuições, pode-se destacar que este trabalho disponibilizará informações e conhecimento explícito, de maneira ampla e organizada, para a realização das fases finais do processo de projeto. Alguns aspectos mais específicos podem ser destacados, como:

- melhor entendimento das fases finais do processo de projeto, suas interfaces e interações com áreas e domínios de conhecimento no desenvolvimento de produtos;
- agregação de conhecimento ao acervo de pesquisas na área de metodologia de projeto;
- melhor entendimento da utilização de DFXs e suas interfaces frente ao processo de projeto, mais especificamente nas fases tratadas neste trabalho;

- desenvolvimento e detalhamento de técnicas, métodos, ferramentas e outros pertinentes às fases que estão sendo tratadas;
- formalização do processo de projeto, de maneira a possibilitar uma sistematização que seja útil e coerente com as características e produtos da indústria de máquinas agrícolas;
- finalização e disponibilização das informações, conceitos e materiais gerados no projeto preliminar e detalhado, visando sua transferência para uma empresa do setor agrícola;
- adequação do implemento agrícola (estudo de caso), às condições de trabalho dos agricultores de pequenas propriedades rurais, servindo de estímulo às atividades conservacionistas de cultivo.

## 1.6 Estrutura do trabalho

### Capítulo 1 - Introdução

Neste capítulo são apresentados itens contendo generalidades referentes ao presente trabalho, considerações relacionadas ao projeto, processo e metodologias de projeto, definição de objetivos, justificativas e contribuições do trabalho, finalizando com a apresentação da estrutura da presente dissertação.

### Capítulo 2 - Estado da Arte

Aqui é apresentada a revisão bibliográfica das principais metodologias relacionadas às fases finais do processo de projeto, bem como uma análise das fases dessas metodologias. Da mesma forma, é apresentada uma revisão bibliográfica sobre DFX, de maneira a estabelecer alguns conceitos e aspectos desses métodos, finalizando com uma revisão sobre as atividades conservacionistas de cultivo no Estado de Santa Catarina.

### Capítulo 3 - Sistematização das Fases de Projeto Preliminar e Detalhado

Este capítulo aborda a sistematização propriamente dita, onde são estudadas generalidades, definições e diretrizes da sistematização. É realizado um desdobramento nas fases de projeto preliminar e detalhado, envolvendo atividades e tarefas, a fim de se estabelecer um modelo sistematizado, com informações pertinentes à finalização do processo de projeto.

### Capítulo 4 - Projeto Preliminar (Estudo de Caso)

Este capítulo aborda a aplicação da sistemática desenvolvida no Capítulo 3, sendo descritas as atividades envolvidas no projeto preliminar em relação ao desenvolvimento do implemento agrícola Multicultor Modular, objeto do estudo de caso. São aplicados, entre

outros métodos o DFA (Projeto para Montagem), DFM (Projeto para Manufatura) e a ferramenta FMEA (Análise dos Modos de Falha e Seus Efeitos) no desenvolvimento do implemento agrícola.

#### Capítulo 5 - Projeto Detalhado (Estudo de Caso)

Este capítulo aborda a aplicação da sistemática desenvolvida no Capítulo 3, sendo descritas as atividades envolvidas no projeto detalhado em relação ao desenvolvimento do implemento agrícola que se está realizando como estudo de caso. Neste capítulo também é aplicada a ferramenta FMEA, sendo que o objeto de estudo (subsistema do implemento agrícola) esteve presente nas reuniões.

#### Capítulo 6 - Conclusões e Recomendações

Para finalizar o trabalho, são apresentadas as conclusões finais da presente dissertação, onde são discutidos e analisados os resultados e contribuições obtidas durante o desenvolvimento da sistemática, a posterior aplicação, a utilização do DFA, DFM e FMEAs, bem como do estudo de caso (desenvolvimento do implemento para as fases de PP e PD envolvendo a fabricação do protótipo e testes). Por último, são feitas algumas considerações para trabalhos futuros, envolvendo a sistemática, métodos, ferramentas e o implemento desenvolvido, denominado Multicultor Modular.

# Capítulo 2

## Estado da Arte

### 2.1 Introdução

Este capítulo tem como objetivo analisar o estado da arte referente aos três assuntos pertinentes ao trabalho: as metodologias de projeto preliminar e detalhado, para o desenvolvimento de produtos; o estudo de DFX – (*Design for X*); e às atividades conservacionistas de cultivo em pequenas propriedades rurais.

Inicialmente são identificadas, no processo de projeto, as fases de projeto preliminar e detalhado, as principais metodologias, enfatizando características como procedimentos, fases, passos, métodos, ferramentas, documentos e softwares que auxiliam e orientam a atividade de projeto. Posteriormente, é estabelecido um comparativo entre as metodologias, visando à aquisição de subsídios necessários para atingir os objetivos deste trabalho.

Com relação aos DFXs, primeiramente é apresentada uma breve revisão do seu surgimento e algumas generalidades dessa abordagem. Em seguida, apresenta-se o que são, como, onde e quando são utilizados alguns resultados de aplicações e benefícios observados, finalizando com as tendências futuras em pesquisa na área e suas aplicações.

Por fim, é apresentada uma breve revisão bibliográfica das atividades conservacionistas de cultivo em pequenas propriedades rurais, destacando características do preparo do solo, tipos de solo, implementos utilizados e fontes de potência, tendo em vista o estudo de caso em um implemento desse setor e por ser a sistematização direcionada ao desenvolvimento de máquinas agrícolas.

## 2.2 Metodologias para as fases de projeto preliminar e detalhado

### 2.2.1 O processo de projeto e as fases de projeto preliminar e detalhado

A figura 2.1 mostra as fases de projeto preliminar e detalhado dentro do processo de projeto. Verifica-se que o processo de projeto, entre outros, é um dos processos que compreendem o processo maior de desenvolvimento de produtos como, por exemplo, processo de planejamento, processo de manufatura, etc. O presente trabalho, como citado no capítulo anterior, trata das abordagens de projeto preliminar e detalhado, sendo essas, portanto, fases finais do processo de projeto no desenvolvimento de produtos.

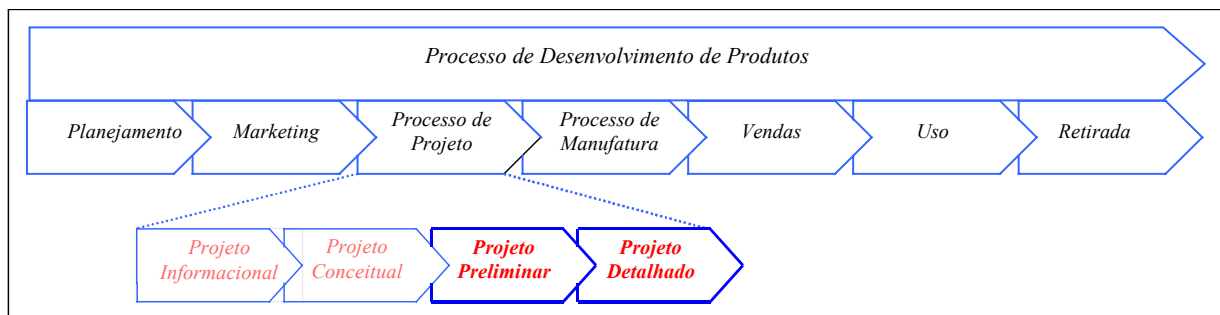


Figura 2.1 – Representação do ciclo de desenvolvimento de produtos, o processo de projeto e a localização do projeto preliminar e detalhado nesses.

Nas metodologias apresentadas por diferentes autores, entre eles, BACK (1983), HUBKA (1987), BLANCARD e FABRYCKY (1990), ULLMAN (1992), PAHL e BEITZ (1996), BAXTER (1998), MARIBONDO (2000), as fases finais do processo de projeto em geral são definidas como: projeto preliminar (*embodiment/preliminary design*) e projeto detalhado (*detail design*). Tais fases estão divididas em passos prescritos, onde cada qual tem sua especificidade dentro da atividade de projeto. Segundo os autores, a utilização dessas metodologias pode ser feita nos diferentes ramos industriais, ficando a critério do engenheiro e ou projetista a ênfase de aplicação dos passos.

O projeto preliminar é caracterizado por tratar da configuração do produto, tendo como entrada informações vindas das fases anteriores. Essas informações compreendem as especificações de projeto, uma ou mais concepções do produto para serem desenvolvidas, requisitos de projeto, informações de gerenciamento e controle, entre outros. Na fase de projeto preliminar, é feito o desdobramento ou estruturação do produto de forma detalhada,



compreendendo basicamente sistemas, subsistemas, peças e componentes, de maneira a serem desenvolvidos em separado. Realizam-se também atividades de dimensionamento, seleção de materiais, sendo utilizadas diferentes técnicas, métodos, ferramentas (softwares gráficos). Ocorrem também interações com outras áreas onde, envolve-se com inovações tecnológicas e outros recursos de maneira geral.

O projeto detalhado dá prosseguimento à fase anterior, tendo como objetivo desenvolver e finalizar o projeto, no sentido de serem concluídos desenhos, documentações e dimensionamentos para então serem encaminhados à manufatura. Alguns autores já consideram, nesta fase, a preparação e desenvolvimento de procedimentos para a fabricação, mas, por se estar tratando do processo de projeto, estas atividades podem ser realizadas em paralelo e pela área responsável pela produção do produto. Assim, de qualquer forma, a equipe de projeto exerce a função de projetar o produto, tendo em vista características que envolvem a manufatura do mesmo, bem como as que são relacionadas às outras áreas, encaminhando-se, por fim, a documentação gerada para a manufatura.

A seguir, serão descritas as principais características dessas fases do processo de projeto, segundo os principais autores encontrados na literatura, enfocando passos, métodos e ferramentas indicadas.

### 2.2.2 O projeto preliminar

Os autores dividem esta fase em diferentes atividades que, de acordo com a nomenclatura, pode estar compreendida em passos, tarefas, etapas e fases. Entretanto, verifica-se que os princípios, objetivos e atividades envolvidas são basicamente iguais em cada metodologia, conforme descrito a seguir.

O projeto preliminar inicia com informações vindas das fases antecedentes, tais como: a estrutura de funções e o(s) princípio(s) de solução(ões) advindo(s) da fase de projeto conceitual, ou seja, faz-se necessária a concepção do produto; informações de gerenciamento e controle; requisitos e especificações de projeto; e outros documentos que possam ser pertinentes. Em suma, pode-se dizer que a entrada desta fase é a concepção do produto e, segundo PAHL & BEITZ (1996), sua importância está no fato de envolver informações e decisões de projeto simultaneamente, bem como a repercussão dessas decisões em outras áreas.

Na figura 2.2 tem-se representada a fase de projeto preliminar segundo PAHL & BEITZ (1996), na qual se pode verificar a morfologia, estruturação e divisão para ela estabelecidas.

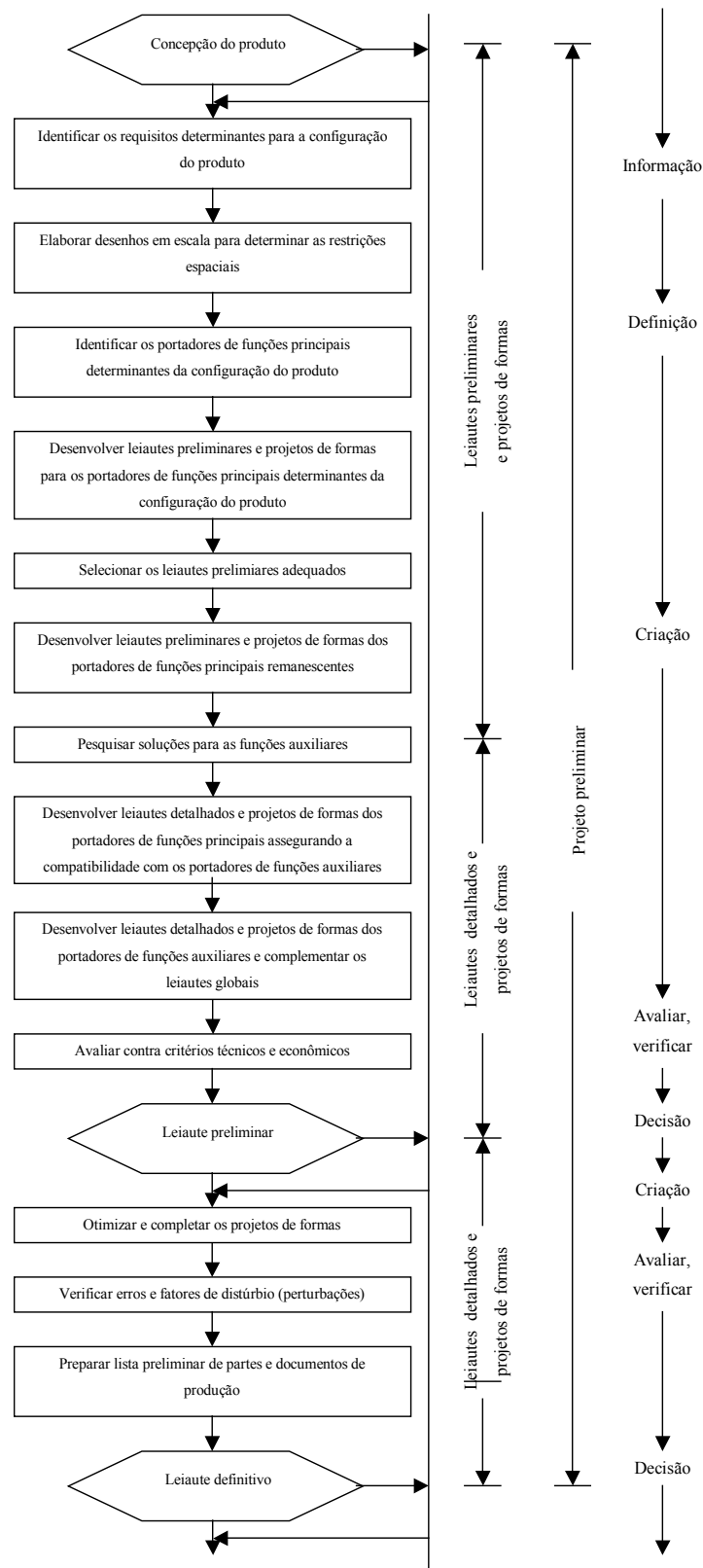


Figura 2.2 - Representação dos passos da fase do projeto preliminar. PAHL e BEITZ (1996).

Inicialmente é estabelecida uma divisão para as partes do produto, onde, de acordo com o tipo de funcionalidade e tecnologia envolvida (mecânica, hidráulica, elétrica, etc.), dividem-se as funções que devem ser realizadas pelo produto em sistemas, subsistemas ou portadores de funções principais e auxiliares, componentes e peças.

A partir daí, as partes do produto são tratadas e desenvolvidas de forma diferenciada dentro das tecnologias envolvidas em cada divisão (sistemas, subsistemas, etc.), pesquisando-se e aplicando-se os meios disponíveis para tal. Esses meios podem compreender ferramentas computacionais para o auxílio ao projeto com softwares e sistemas (CAD, CAM, CAE, CALS e CAPP)<sup>1</sup> que permitem também, a geração de modelamentos e simulações para diferentes fins. Também são realizadas atividades como a de seleção de materiais, seleção de processos de fabricação, entre outros.

Com relação à formulação de modelos, esses compreendem modelos icônicos, analógicos, matemáticos e simbólicos, tendo por finalidade, segundo BACK (1983), aproximar-se do problema real e obter uma solução prática em tempo razoável. Dessa forma, com a utilização de modelos, obtêm-se dados do desempenho para o produto, agora de maneira menos abstrata, verificando-se sempre a análise adequada desses, de maneira que sejam válidos e suficientes para seus objetivos.

Métodos, como projeto para X (DFX- *design for X*), são indicados para auxiliar a atividade de projeto, sendo mencionada na literatura a possibilidade de utilização em determinadas fases e com determinado enfoque (manufatura, meio ambiente, etc.) dentro de sua metodologia. De maneira geral, toda a gama que compreende a utilização desses métodos, será abordada posteriormente no item 2.2.

A figura 2.3 mostra a representação das fases finais do processo de projeto proposta por ULLMAN (1992). O autor trata das mesmas questões e atividades de projeto comentadas anteriormente, mas com uma denominação diferente para o projeto preliminar e detalhado. O autor trata essas fases como uma grande fase, chamada Gerar Produtos e, dentro dessa, o produto é projetado visando a garantir a qualidade da documentação para sua fabricação, utilizando, assim, procedimentos, métodos e ferramentas, conforme o que será apresentado no quadro 2.1.

---

<sup>1</sup> Sistemas tidos como: CAD (Projeto auxiliado por computador), CAM (Manufatura auxiliada por computador), CAE (Engenharia auxiliada por computador), CALS (Dados de logística auxiliada por computador), CAPP (Planejamento do processo auxiliado por computador). BLANCHARD B. S., FABRYCKY W. J. (1990).

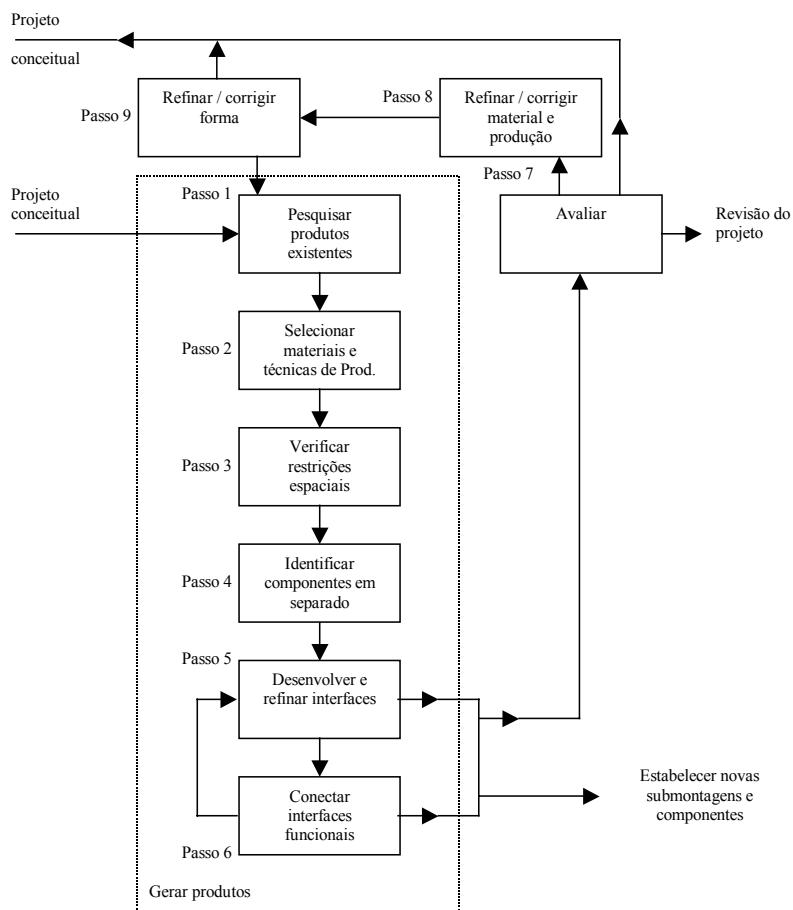


Figura 2.3 – Fases do projeto do produto. ULLMAN (1992).

Ainda na fase de projeto preliminar, são realizadas diferentes atividades de análise, entre elas, análise de viabilidade técnica e econômica segundo BACK (1983), e estudos de *trade-off*<sup>2</sup> segundo BLANCHARD e FABRYCKY (1990). Além dessas, são analisados aspectos relacionados à logística, armazenagem, ciclo de vida, análise dos modos de falha e efeitos (FMEA), análise dos princípios e características funcionais como, por exemplo, de estilo, utilizando-se a técnica de permutação das características do produto criada por TJALVE (1979)<sup>3</sup>, onde formam-se arranjos do produto para uma melhor configuração.

<sup>2</sup> *Trade-off* são regras baseadas, por exemplo, no custo de alterações devido a fatores internos ou externos do desenvolvimento. Por exemplo, qual é o custo de um mês de atraso no desenvolvimento de um produto, ou o custo da ultrapassagem de 10% do valor orçado para o desenvolvimento. Outro exemplo pode ser na relação estabelecida para diminuição de peso do produto, necessitando, porém, aumento na resistência mecânica.

<sup>3</sup> Técnica desenvolvida por Eskild Tjalve (1979), consiste em combinar todas as possíveis alternativas de arranjo para as características do produto (funções), sendo assim, uma forma de se gerar idéias para a configuração do produto levando em conta as funções do mesmo. BAXTER (1998).

Também relacionado a configuração, tem-se a ferramenta MESCRAI (Modificar, Eliminar, Substituir, Combinar, Rearranjar, Adaptar e Inverter) em BAXTER (1998), que consiste em uma lista de verificações que pode ser usada para gerar algumas mudanças superficiais no produto.

Todos os autores pesquisados e citados anteriormente deixam explícita a importância das questões relacionadas ao controle e gerenciamento do processo de projeto, bem como a interação, negociação e contato constante entre a equipe de projeto, desde que os seus integrantes representem todas as áreas da empresa.

Assim, o projeto preliminar compreende atividades que não necessariamente ocorrem ordenadamente, algumas sendo realizadas simultaneamente e, às vezes, sendo necessário retroceder, visando a melhorar o que já foi trabalhado anteriormente, ou avançar. A finalização dessa fase geralmente é feita na forma de revisão e avaliação da(s) alternativa(s) desenvolvida(s) preliminarmente, tendo como saída a documentação do produto, desenhos de leiautes preliminares, arquitetura ou estrutura do produto, desenvolvimento das partes, desenvolvimento de protótipo e seus testes, relação de fornecedores, etc., para a realização do projeto detalhado.

Algumas características das metodologias existentes, no que diz respeito ao projeto preliminar, são relacionadas a seguir:

- a ordenação lógica do desenvolvimento do projeto leva à divisão das partes do produto em funções principais e auxiliares e à distribuição dos problemas em subconjuntos; outra forma consiste na divisão em sistemas, subsistemas, funções, subfunções, (portadores de efeito principais e auxiliares), componentes e peças, visando facilitar o processo de desenvolvimento de tais partes do produto;

- não é muito explorada a questão de transformação das partes do produto da concepção (abstrato) para uma forma física (concreta), pois às vezes essa transformação ocorre e se confunde no estabelecimento da concepção;

- é dedicado um período de revisão e certificação das informações vindas de fases anteriores;

- a literatura apresenta um bom detalhamento de alguns DFXs, entretanto não fica determinado exatamente como ocorre a interação desses métodos com a metodologia durante a realização das fases;

- são apresentados também os chamado *guidelines* de projeto, fornecendo orientações técnicas importantes sobre assuntos como, por exemplo, corrosão, vibrações, deformações, etc;

- é enfatizada a questão do gerenciamento do projeto durante todo o processo, proporcionando, assim, o controle e, conseqüentemente, a qualidade do produto desenvolvido;
- o produto está em constante refinamento, ou seja, são geradas e avaliadas soluções de forma interativa, visando atender sempre as especificações de projeto e requisitos dos consumidores;
- também é enfatizada a importância do trabalho em equipe dentro dos conceitos de engenharia simultânea;
- o desenvolvimento de protótipos é vital para que sejam exploradas e experimentadas ao máximo as potencialidades do produto. Existem diferentes técnicas e características envolvendo o desenvolvimento e testes (funcionais, de campo, etc.) de protótipos.

Outros fatores e características das metodologias abordadas podem ser verificados no quadro 2.1 em detalhe.

### 2.2.3 O projeto detalhado

A fase de projeto detalhado é responsável basicamente pela finalização do processo de projeto e encaminhamento da documentação para a produção. Um exemplo das atividades dessa fase é apresentado por PAHL & BEITZ (1996) na figura 2.4.

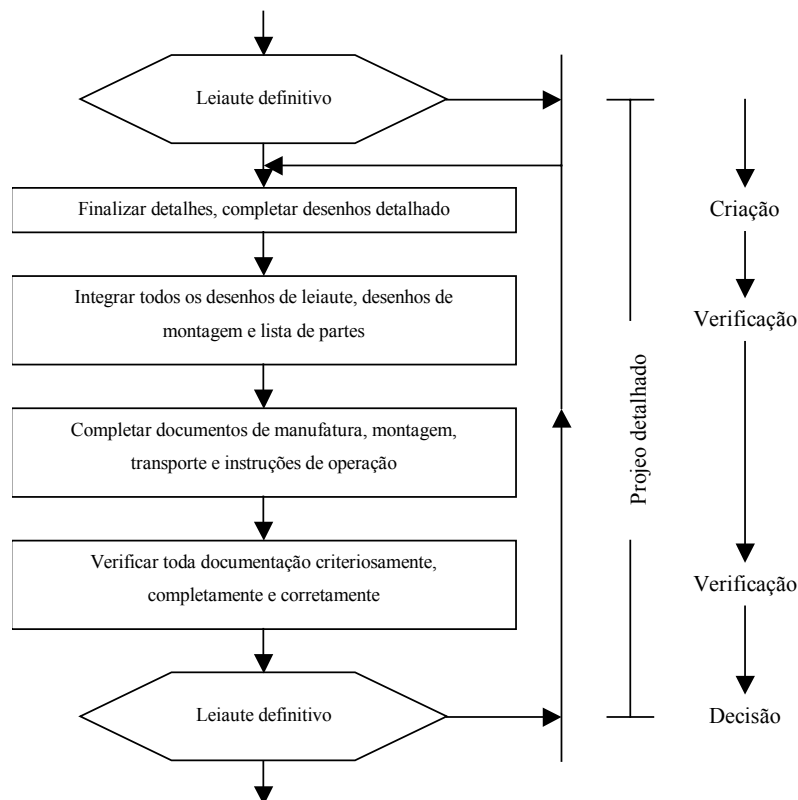


Figura 2.4 – Diagrama da fase de projeto detalhado. PAHL & BEITZ (1996).

O projeto detalhado pode ter algumas de suas atividades iniciadas em meio às atividades do projeto preliminar. Mais especificamente atividades que tratam do detalhamento de peças e componentes que já foram trabalhados anteriormente, cabendo agora a finalização dos dimensionamentos, desenhos técnicos de peças e conjuntos soldados e das especificações para a produção. Isso significa definir e especificar o material, as tolerâncias, os acabamentos necessários, podendo ser indicado como serão realizadas as montagens das partes, equipamentos de suporte, treinamentos, acerto final com fornecedores, etc.

Nessa fase fica claro o grande esforço técnico e criterioso de engenheiros e projetistas que, cada vez mais, são auxiliados por diferentes softwares como, por exemplo, os sistemas CAD que incorporam atividades dessa fase. Por outro lado, tem-se também, nessas atividades, o envolvimento de conhecimentos e técnicas práticas que podem e devem ser desdobrados e formalizados, a fim de concretizar uma base de conhecimento explícito sobre o desenvolvimento do produto. Isso fica evidenciado na forma de representação apresentada por BAXTER (1998) na figura 2.5, onde se têm as atividades divididas em agrupamentos de atividades separadas, não definindo ou estabelecendo uma seqüência obrigatória de realização para as mesmas, nem explicitando o conteúdo das atividades envolvidas.

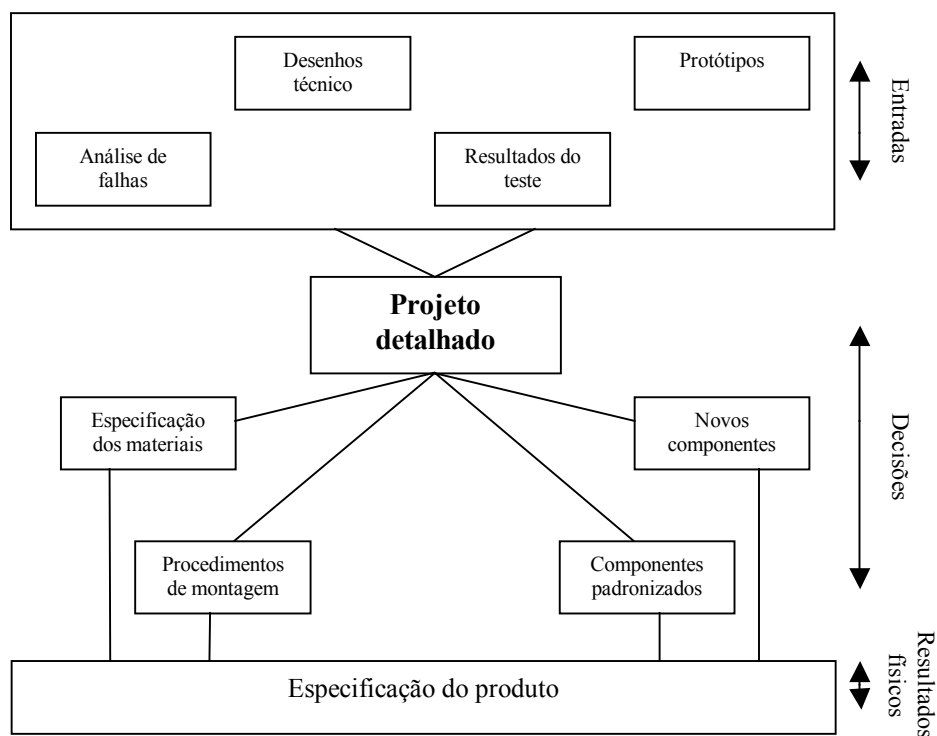


Figura 2.5 - Entradas e resultados da fase de projeto detalhado. BAXTER (1998).

Por outro lado, BAXTER (1998) menciona que as atividades deverão ser realizadas conforme as necessidades e o ambiente de desenvolvimento do produto, sendo que essas concorrem para um mesmo fim: gerar, como saída, as especificações do produto que, para o autor, são as informações finais de projeto para o encaminhamento à fabricação.

Em suma, o caráter de verificações e finalizações do projeto detalhado, pode abranger muitas outras questões. É nele, que é concretizada a validação do produto frente aos processos de fabricação, sendo garantidos e acertados os dimensionamentos e otimizações de componentes e peças; são finalizados os contratos de fornecimento, terceirizações e sua certificação de qualidade de serviços prestados; são feitas atualizações e registros relacionados às informações de desenvolvimento e de retorno de informações técnicas de clientes bem como o registro de lições aprendidas, além da formalização de manual de operações e textos técnicos para catálogos, treinamento com produto, verificação de resultados de testes de campo que demandam tempo maior, entre outros.

Para estabelecer uma análise das metodologias existentes, algumas considerações que as caracterizaram são listadas a seguir:

- observando-se os diagramas que apresentam os passos do projeto detalhado, pode-se notar a existência de interação entre eles, ou seja, quando necessário podem ser repetidos os passos até o atendimento dos requisitos necessários. Esse aspecto destaca a interatividade conferida na execução do processo de projeto, também o constante aperfeiçoamento frente às possibilidades e diversidade de fatores envolvidos;

- nota-se também uma preocupação constante nas metodologias estudadas, relacionada a avaliações e controle do andamento do projeto, como no projeto preliminar;

- PAHAL & BEITZ (1996) apresentam bibliografias e normas onde se encontra o conhecimento técnico tratado durante os passos, como exemplo, questões envolvendo elementos de máquinas, resistência dos materiais, entre outros;

- é enfatizada a realização do projeto com equipes dentro da filosofia de engenharia simultânea, bem como a busca pelo real entendimento do produto e pelo estado da arte sobre o mesmo;

- a pesquisa por componentes, tecnologias e processos de fabricação conhecidos e existentes, é recomendado por ULLMAN (1992), desde que seja garantida a qualidade e o custo do produto;



- não é dada ênfase à embalagem do produto, talvez por não ser considerada como atividade do desenvolvimento. Entretanto, esse é um fator importante, uma vez que todo o produto é transportado e até mesmo comercializado em suas embalagens;

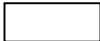



- a fase de projeto detalhado, como proposto na maioria das metodologias observadas, geralmente trata da finalização de desenhos e documentos. Por outro lado, observa-se, de um modo geral, que ainda não estão sendo consideradas outras práticas, técnicas, ferramentas e softwares nessa fase. Uma possível justificativa para a situação, é o desafio de ter uma equipe qualificada e com o devido suporte de ferramentas para aplicação no desenvolvimento de seu produto.

Outros fatores das metodologias abordadas podem ser verificados no quadro 2.1 em detalhe.

#### 2.2.4 Comparativo entre as metodologias

Com o objetivo de comparar as metodologias, é feita, na figura 2.6, uma representação para as principais atividades envolvendo as fases finais do processo de projeto para os autores estudados. Na horizontal, estão representadas as principais atividades segundo cada autor, estabelecendo-se uma divisão entre o que seria o projeto preliminar e o projeto detalhado por meio de uma linha centrada na vertical.

A divisão das tonalidades foi estabelecida para seguir uma seqüência, segundo um raciocínio lógico para a realização do projeto do produto. Desta forma, para as atividades apresentadas, estabeleceu-se a seqüência de tonalidades de cores cujo significado é definido a seguir:

-  - Arquitetura, arranjo, desdobramento da estrutura das partes do produto;
-  - Desenvolvimento das partes do produto, interfaces, previsão de materiais e processos de fabricação, etc;
-  - Desenvolvimento de protótipo, modelamentos, otimizações, refinamento das partes e interfaces do produto;
-  - Detalhamento das partes do produto visando à finalização do projeto (desenhos, listas de especificações, etc.) e, documentação para fabricação.

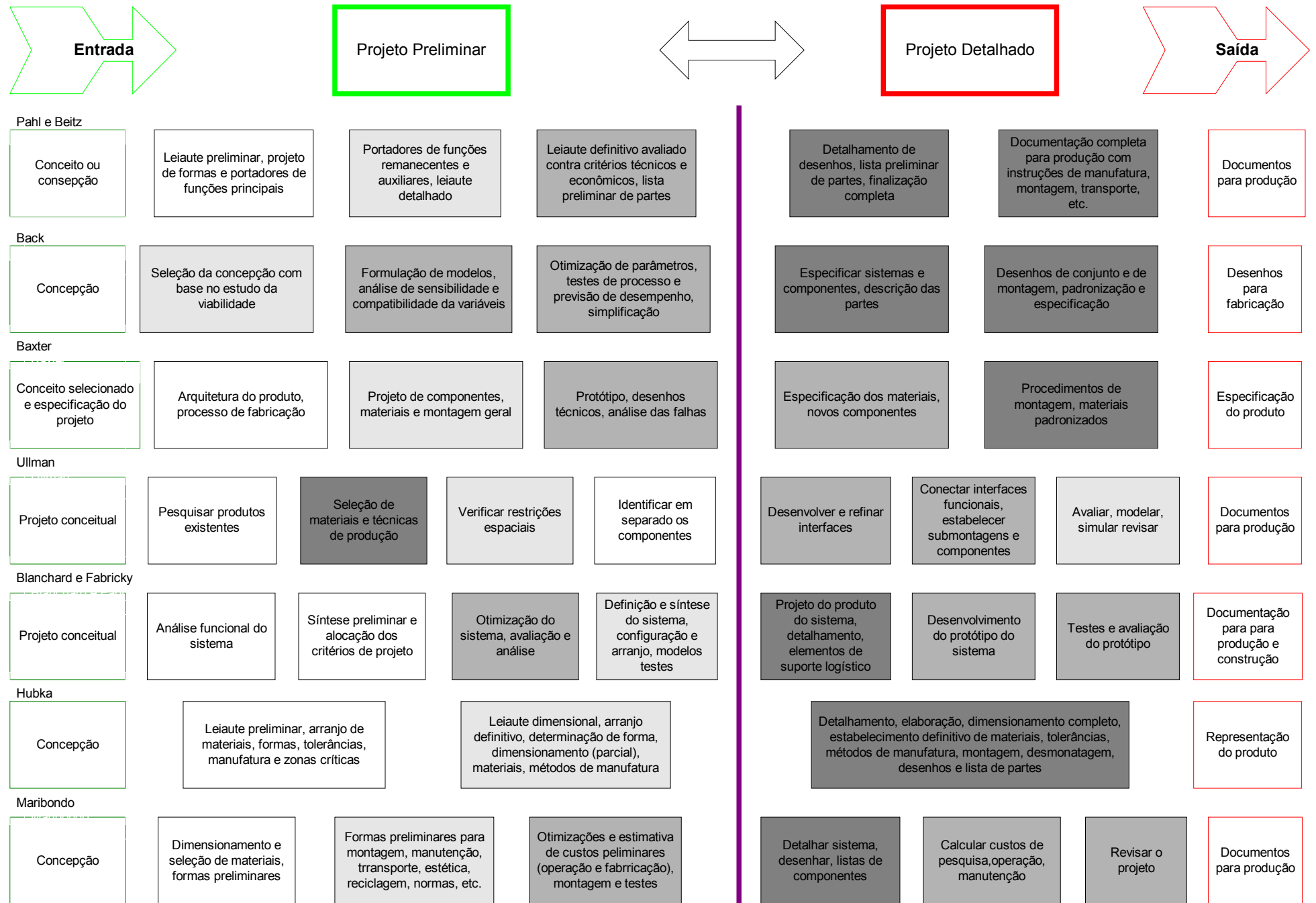


Figura 2.6 – Delimitamento de um consenso entre as metodologias.

A figura 2.6 possibilita a obtenção de algumas conclusões com relação às fases analisadas, tais como: a) a fase de projeto preliminar compreende basicamente a configuração do produto, envolvendo definição de arranjos e leiautes, sendo que, para a fase de projeto detalhado, são definidas especificações minuciosas das partes do produto para a produção; b) as atividades envolvidas nas fases de projeto preliminar e detalhado são apresentadas, de forma que engenheiros e projetista devam tomar frente nas ações de desenvolvimento, o que torna o processo vulnerável a falhas; c) o detalhamento e planejamento das operações/processo de manufatura não são abordados pelos autores dentro dessas fases, distinguindo assim, processos paralelos de manufatura e de projeto (ver figura 2.1).

Também foi possível identificar, pelas tonalidades da figura 2.6, as atividades que apresentam certas similaridades e, com isto, verifica-se que a realização das atividades são antecipadas ou adiadas ao comparar-se a proposta de cada autor. Assim, pode-se observar a importância de haver uma priorização de atividades durante a proposição da sistemática e, se for levado em conta que essas podem ser realizadas simultaneamente, de alguma forma tal priorização é necessária devido a determinadas informações serem restrição de entrada para atividades posteriores.

Dessa forma, serão levadas em conta essas considerações para a sistemática proposta no Capítulo 3, pois, com base nas pesquisas existentes na área, pode-se desenvolver uma abordagem que represente a finalização do processo de projeto, considerando de forma integrada as características levantadas. De maneira geral, todas as metodologias se direcionam para um mesmo fim, que é desenvolver as concepções do produto até um nível em que esse possa ser fabricado ou produzido.

Entretanto, em meio a esses dois extremos, concepção e produção, diferentes caminhos podem conduzir a um bom projeto, e os vários autores apresentam diferentes formas para auxiliar nessas atividades. Nesse sentido, o quadro 2.1 destaca um comparativo mais específico das características de cada autor para essas fases.

Quadro 2.1 – Características das fases finais do processo de projeto segundo diversos autores.

Autores	Atividades Gerais das Fases Finais	Ferramentas, Métodos e Técnicas	Documentos de Auxílio
PAHL & BEITZ (1996)	<p><b>Projeto Preliminar:</b> desenvolver leiautes e formas preliminares; selecionar o melhor leiaute preliminar; refinar e avaliar sob critérios técnicos e econômicos; otimizar e completar o projeto de formas; verificar erros e controlar custos; preparar lista das partes preliminares e documentos para produção.</p> <p><b>Projeto Detalhado:</b> finalizar detalhes; completar os desenhos detalhados e os documentos para produção; verificar todos os documentos.</p>	<p><i>Checklist</i>, projeto para modularização, projeto para ergonomia, projeto para estética, projeto para reciclagem, projeto para fácil montagem, projeto para fácil manutenção, projeto para mínimo risco, projeto para mínimo custo, projeto para padronização, tamanhos seriados, projeto para qualidade, métodos de avaliação, modelos (icônicos e matemáticos), auxílio de ferramentas computacionais.</p>	<p>Normas, bibliografia, lista de requisitos de projeto, estrutura de funções, regras de auxílio ao projeto.</p>
BACK (1983)	<p><b>Projeto Preliminar:</b> seleção da melhor solução, formulação do modelo matemático, análise de sensibilidade e compatibilidade das variáveis, otimização dos parâmetros, testar processo e prever desempenho, simplificação.</p> <p><b>Projeto Detalhado:</b> especificar subsistemas, especificar componentes, descrição das partes, desenho de conjuntos de montagem, verificar dimensões e a padronização, liberar projeto para a fabricação.</p>	<p>Função critério, análise de viabilidade física e econômica, análises de compatibilidade, estabilidade e sensibilidade, métodos de otimizações [pesquisa exaustiva, redução seqüencial do intervalo de pesquisa, método de Hooke e Jeeves, método de Cauchy, método de programação linear (método simplex), método de programação não-linear (método indiretos e diretos)], avaliação de desempenho, modelos (icônicos, analógicos, matemáticos e simbólicos), projeto para fabricação, projeto para exportação, projeto para modularização, projeto para ergonomia, auxílio de ferramentas computacionais.</p>	<p>Lista de concepções, documentos gerados durante o projeto, normas, técnicas de projeto, catálogos, informações de dimensionamentos, cronograma de preparação e elaboração de revisão, plano de reunião.</p>
BAXTER (1998)	<p><b>Configuração do Projeto:</b> geração de idéias, seleção das idéias, análise das possibilidades de falha e seus efeitos, construção e testes do protótipo.</p> <p><b>Projeto Detalhado:</b> especificação dos materiais, novos componentes, procedimentos de montagem, componentes padronizados.</p>	<p>Técnica de Tjalve (permutação das características do produto), técnica MESCRAI (modificar, eliminar, substituir, combinar, rearranjar, adaptar e inverter), <i>checklist</i>, matriz de seleção, modelos (computacionais, matemáticos e físicos), protótipo, análise das falhas.</p>	<p>Lista de necessidades do consumidor, lista de especificações do projeto, lista de funções básicas do produto.</p>
ULLMAN (1992)	<p><b>Projeto do Produto:</b> Gerar produto: pesquisar produtos existentes para atender às necessidades, selecionar materiais e técnicas de produção, verificar restrições espaciais, identificar em separado os componentes, desenvolver e refinar interfaces para função(ões), conectar interfaces funcionais com materiais.</p> <p>Avaliar o projeto do produto: avaliar para função e performance; avaliar para custo, fácil montagem e outras medidas.</p> <p>Refinar ou corrigir escolhas de materiais e produção.</p> <p>Refinar ou corrigir formas.</p>	<p>Avaliação e julgamento da viabilidade, avaliação da disponibilidade de tecnologia, <i>benchmarking</i>, exame passa / não passa, avaliação matriz de decisão – método Pugh, modelos físicos (laboratório, simulação de protótipo, produção do protótipo), modelos analíticos (análise de envelope, análise científica, análise de elementos finitos), modelos gráficos (desenhos de leiaute, <i>sketches</i>, modelagem em sólidos, desenhos de detalhes e montagem), confiabilidade e análise de falhas, <i>bill of materials</i> (BOM), projeto robusto, estimativa de custo, projeto para montagem.</p>	<p>Técnicas de manufatura e montagem, pesquisa em catálogos técnicos e bibliografia, requisitos de engenharia, requisitos do consumidor, patentes, normas, instruções de retirada do produto, documentos de registros (<i>engineering change notice</i> ECN e <i>engineering change order</i> ECO).</p>

BLANCHARD & FABRYCKY (1990)	<p><b>Projeto Preliminar:</b> análise funcional do sistema, síntese preliminar e locação de necessidades, <i>trade-off</i> e otimizações, avaliação, síntese e definições, síntese e revisão do projeto, avaliar para função e performance, avaliar para custo.</p> <p><b>Projeto Detalhado:</b> descrição dos subsistemas, preparação da documentação do projeto, definição e desenvolvimento de software (quando aplicável), desenvolvimento de modelos, testes e avaliação do modelo do sistema físico, reprojeto e reteste do modelo.</p>	Diagramas de fluxo de funções, métodos analíticos, avaliações (performance, custo, eficiência), <i>checklist</i> , <i>trade-off</i> , modelos matemáticos, <i>mock-ups</i> , projeto para performance funcional, projeto para confiabilidade, projeto para mantabilidade, projeto para suporte, projeto para viabilidade, projeto para aceitabilidade, projeto para fatores humanos, projeto para produção, métodos (CAD, CAE, CAM, CALS e CAPP), métodos de probabilidade e estatística, <i>Queuing</i> (modelo de análise para demanda de serviço), <i>Gantt</i> , <i>Pert-CPM</i> , <i>SEMP</i> .	Requisitos dos clientes, documentos gerados no processo, patentes, tabelas estatísticas, diagramas (gerenciamento e controle).
HUBKA (1987)	<p><b>Projeto do leiaute:</b> Estabelecer o leiaute preliminar: Estabelecer pontos de orientação para a determinação da forma; arranjar, reusar, dar forma aproximada, dimensionamento parcial; estabelecer tipos de materiais, classes de métodos de manufatura, tolerâncias e propriedades superficiais onde necessário; investigar zonas críticas de determinação de forma; representar o leiaute preliminar; melhorar, avaliar, decidir e verificar.</p> <p>Estabelecer o leiaute dimensional: Comprovar a concretização de características do projeto; arranjo definitivo, determinação da forma, dimensionamento (parcial); determinação definitiva e completa dos materiais, métodos de manufatura, determinação parcial das tolerâncias e propriedades superficiais; otimizar zonas críticas de determinação de forma; representar o leiaute dimensional; melhorar, avaliar, decidir, verificar.</p> <p><b>Detalhamento e elaboração:</b> Encaminhar a concretização; determinação de forma, dimensionamento completo e definitivo; determinar procedimentos de montagem e desmontagem; representar partes, dimensionamentos, tolerâncias, propriedades superficiais, especificações de materiais desenhos de montagem, lista de partes, e preparar documentos adicionais; melhorar, avaliar, decidir, verificar.</p>	Variação de características, inversões, análise de valor, reuso, pesquisa por componentes comerciais, modelos icônicos, grafo <i>Pert</i> , técnicas <i>CAD-CAM</i> , <i>checklist</i> .	Esquema conceitual, estrutura funcional, coleta de informações, monogramas, planilha de dados, catálogos, documentação gerada no projeto.
MARIBONDO (2000)	<p><b>Projeto preliminar do sistema modular:</b> Efetuar dimensionamentos; selecionar materiais; estabelecer formas preliminares do sistema modular; estabelecer formas preliminares de montagem do sistema modular; estabelecer formas preliminares de testes do sistema modular; estabelecer formas preliminares de manutenção do sistema modular; estabelecer formas preliminares de manuseio seguro para a utilização do sistema modular; estabelecer formas preliminares de reuso, reciclagem e disposição final do sistema modular; estabelecer formas preliminares do projeto estético do sistema modular; adequar o sistema modular à normas; otimizar o sistema modular.</p> <p><b>Projeto detalhado do sistema modular:</b> Detalhar o sistema modular; calcular os custos do sistema modular; revisar o projeto desenvolvido.</p>	Ferramentas de estimativa de custos, ferramentas CAD, ferramentas de auxílio ao cálculo de custos, formulários matemáticos.	Publicações nas diferentes áreas do ciclo de vida do produto, catálogos técnicos, código de defesa do consumidor, normas de desenhos, ajustes, tolerâncias, acabamentos.

No quadro 2.1 pode-se observar como cada autor aborda, no projeto preliminar e detalhado, as atividades, os métodos, ferramentas e documentos. Assim, com o presente levantamento, fica explícito o que existe em termos de pesquisa em metodologia de projeto para tais fases, vislumbrando-se, com isso, uma formalização capaz de reunir as qualidades

dessas metodologias em uma sistemática que possa ser utilizada na realização de projetos, como também para ensino.

## 2.3 Estudo dos DFX Projeto para X

Aqui será abordado o estudo dos DFX, *Design for X*, onde são considerados itens contendo o surgimento e generalidades, o que são, como, quando e onde utilizar, alguns resultados e benefícios observados na sua aplicação e as tendências das pesquisas na área. Desta forma, os próximos tópicos objetivam fornecer uma breve revisão bibliográfica para embasamento do assunto, possibilitando o entendimento de como utilizar esses métodos durante o desenvolvimento de produtos e conseqüentemente para abordá-los na sistemática que será proposta.

### 2.3.1 Surgimento e generalidades

Na literatura encontram-se indícios de que os DFX já vêm sendo estudados e aplicados na indústria desde 1957. O “X” do termo “projeto para X”, são as habilidades ou características abordadas nas áreas inerentes ao processo de desenvolvimento de produtos (manufatura, reciclagem, montagem, entre outros). O surgimento se deu, mais especificamente, nas décadas de 60 e 70, quando houve uma preocupação maior dos profissionais em reduzir custos na manufatura por meio do projeto. Com isso seria possível, por exemplo, antecipar a identificação de problemas de fabricação do produto, que antes eram identificados na linha de produção. Dessa forma, algumas companhias norte americanas, em 1960, desenvolveram diretrizes (*guidelines*) que auxiliavam nesse sentido e que eram utilizadas durante o desenvolvimento de produtos.

Um exemplo citado por HUANG (1996), é o *Manufacturing Productivity Handbook*, compilado para uso interno da *General Electric* nos Estados Unidos, o qual fornece muitas informações e dados acumulados pelos próprios engenheiros de produto, de maneira a dar suporte, por meio de informações, para a realização do projeto. Outro exemplo, nesse sentido, foi a conferência organizada em 1965 pela PERA (*Production Engineering Research Association*), onde os profissionais das indústrias se uniram para reportarem suas experiências com projeto para montagem mecanizada.

Inúmeros exemplos de trabalhos e publicações podem ser citados no decorrer dos anos, sendo que a forma de representação varia entre metodologias, métodos, diretrizes (*guidelines*), livros (*handbooks*), artigos, manuais, base de dados de empresas e softwares que auxiliam nas atividades do processo de projeto. Dentre as publicações, pode-se perceber que os autores referem-se a DFX, às vezes, como sendo uma técnica<sup>1</sup>, método<sup>2</sup>, ferramenta<sup>3</sup>, metodologia<sup>4</sup> ou como uma filosofia<sup>5</sup> e, portanto, todos podem estar certos, dependendo do contexto abordado.

Visando a uma hierarquização dessas definições, pode-se determinar que: metodologia abrange todos os conhecimentos sobre o assunto, estabelecendo sistemáticas para a utilização; método abrange a aplicação, de maneira organizada e metódica, para obter resultados em determinado aspecto ou característica; software compreende a implementação do método em ambientes computacionais; *guidelines*, *handbooks*, manuais, regras e considerações de projeto são formas adicionais de representação do conhecimento, fornecendo informações diversas sobre o assunto, não necessariamente ordenadas para uma aplicação lógica, podendo estar contidas nas metodologias e métodos e ainda serem consideradas sinônimos quanto ao significado.

Neste trabalho, DFXs serão tratados, portanto, como métodos, por melhor condizerem com o entendimento e com as definições para os termos apresentados anteriormente, sendo que, antes mesmo de se ter um software, é necessária a formalização e o conhecimento do método.

---

Segundo AURÉLIO (1999):

<sup>1</sup> Técnica: A parte material ou o conjunto de processos de uma arte; Maneira, jeito ou habilidade especial de executar ou fazer algo; Prática.

<sup>2</sup> Método: [Do gr. *méthodos*, 'caminho para chegar a um fim']; Caminho pelo qual se atinge um objetivo. Programa que regula previamente uma série de operações que se devem realizar, apontando erros evitáveis, em vista de um resultado determinado; Processo ou técnica de ensino; Modo de proceder; maneira de agir; meio.

<sup>3</sup> Ferramenta: Qualquer utensílio empregado nas artes e ofícios; Conjunto de utensílios de uma arte ou ofício; Agente mecânico na execução de qualquer trabalho.

<sup>4</sup> Metodologia: Estudo dos métodos e, especialmente, dos métodos das ciências; Conjunto de técnicas e processos utilizados para ultrapassar a subjetividade do autor e atingir a obra literária.

<sup>5</sup> Filosofia: Conjunto de estudos ou de considerações que tendem a reunir uma ordem determinada de conhecimentos (que expressamente limita seu campo de pesquisa, p. ex., à natureza, ou à sociedade, ou à história, ou a relações numéricas, etc.) em um número reduzido de princípios que lhe servem de fundamento e lhe restringem o alcance.

As constantes alterações mercadológicas a que companhias vêm sendo submetidas, mais especificamente seus produtos, forçam os profissionais a reverem seus conceitos frente à nova realidade e perspectivas de mercado. Com isso, ao longo do tempo, foram surgindo termos, como engenharia concorrente ou engenharia simultânea, tida como uma filosofia em algumas literaturas. Os DFXs apresentam alto grau de similaridade com engenharia simultânea em termos de definições e objetivos, segundo GATEMBY G.T. *et al* (1999) *apud* HUANG (1999).

Tal filosofia, a engenharia simultânea, acabou se tornando um diferencial em termos do processo de desenvolvimento de produtos, devido aos benefícios e resultados obtidos nos produtos em empresas. Os métodos DFXs apresentam melhores resultados em ambientes de engenharia simultânea, segundo HUANG (1996), que também considera o uso desses métodos ideais para tais ambientes. A mesma visão é destacada por BOOTHROYD (1994), onde o autor destaca a aplicação do DFMA (Projeto para Manufatura e Montagem), encoraja o diálogo entre as áreas da engenharia, influenciando diretamente no custo do produto.

A preocupação com engenharia simultânea é devida à influência dessa filosofia no sucesso de aplicação dos métodos DFXs. Devido a isto, ao falar-se em DFX, a engenharia simultânea é lembrada e citada em trabalhos referentes a esses métodos.

### 2.3.2 O que são os DFXs

Para melhor entender o que são e onde se aplicam esses métodos, pode-se primeiramente defini-los de forma mais específica, como sendo um conjunto de regras e procedimentos estabelecidos de forma organizada, para dar suporte a um determinado problema referente ao ciclo ou fase da vida de um produto nas diferentes áreas (projeto, manufatura, qualidade, etc.) de uma empresa.

BRALLA (1996) define DFX como sendo uma base de conhecimentos com o objetivo de projetar produtos que maximizem toda as características, como: alta qualidade, confiabilidade, serviços, segurança, usuários, meio ambiente e tempo de mercado – ao mesmo tempo em que minimiza os custos do ciclo de vida e de manufatura do produto.

A seguir serão apresentados os principais DFXs encontrados na literatura e utilizados na prática, de maneira a dar uma visão geral das principais características e o que aborda cada método.



Projeto para manufatura DFM: *design for manufacture*, se concentra no entendimento de como o projeto do produto interage com os elementos do processo de manufatura e na definição de alternativas no projeto, para a configuração deste, visando diminuir custos, aumentar a qualidade e produtividade. Pode ser encontrado com o nome de projeto para a produtividade.

Projeto para montagem DFA: *design for assembly*, envolve o projeto do produto, verificando funções, formas, materiais e o processo de montagem. Gera redução de custos devido ao menor tempo de montagem, redução de componentes e, muitas vezes, a simplificação da manufatura. Métodos envolvendo o processo de montagem podem ser citados de acordo com FORCELLINI (2001), como: Boothroyd & Dewhurst, Lucas, Poli & Graves, Poli & Fenoglio, Hitachi, General Eletric, e Soni.

Projeto para manufatura e montagem DFMA: *design for manufacture and assembly*, compreende a união dos princípios do DFM com DFA, sendo a sigla registrada oficialmente pela empresa BOOTHROYD DEWHURST, Inc.

Projeto para qualidade DFQ: *design for quality*, visa garantir o atendimento dos requisitos para a qualidade do produto. Implica um gerenciamento de todo o processo, definindo e controlando fatores que influenciam e garantam a qualidade.

Projeto para reciclagem DFR: *design for recycling*, envolve regras e recomendações que visam auxiliar no projeto do produto, a fim de reaproveitar o mesmo, ou partes dele, para outras finalidades, quando expirar seu prazo útil. Tem uma relação com o método de projeto para desmontagem.

Projeto para custo DFC: *design for cost*, implica, de maneira geral, o trabalho com os custos diretos (materiais, desenvolvimento, etc.) e indiretos (transporte, estoque, etc.) da empresa, que estão relacionados ao processo de projeto. Objetiva estimar e trabalhar para a redução dos custos, controlando, assim, o processo.

Projeto para ciclo de vida DFCL: *design for cycle of life*, trata de fatores que envolvem o ciclo de vida do produto, baseado nos custos e incertezas, de maneira a fornecer um modelo otimizado para especificação do produto e parâmetros do processo.

Projeto para o meio ambiente DFE: *design for environment*, tem o propósito de minimizar o impacto ambiental do produto e de sua produção. Apresenta aspectos relacionados com o domínio de estratégias de *marketing* e política de decisões (gerenciamento), e em um nível operacional, com o domínio de projeto de produtos

(projetistas). Assemelha-se com conceitos de projeto para sustentabilidade e toda a gama de eco-ferramentas, *eco-design* e *green design*.

Projeto para controle dimensional DDC: *design for dimensional control*, objetiva reconhecer e gerenciar o controle dimensional durante o projeto, manufatura e montagem, abrangendo fatores como redução do tempo do ciclo de vida, complexidade do produto, etc.

Projeto para serviço DFS: *design for service*, compreende a adequação do produto para a operação, manutenção, fácil acesso a componentes, etc, de maneira a garantir a performance frente aos conflitos entre diferentes serviços que possam ser executados no produto.

Projeto para confiabilidade DFR: *design for reliability*, visa à identificação de fatores que influenciam na confiabilidade do produto. Dessa forma, os engenheiros e projetistas podem modelar seus produtos de maneira a identificar possíveis falhas e tornar o produto confiável.

Projeto para desmontagem DFD: *design for disassembly*, engloba as técnicas de projetar, visando à desmontagem do produto, preocupando-se também com o descarte das peças. Este método apresenta uma similaridade de conceitos com os de projeto para reciclagem.

Projeto para manutenibilidade DFMT: *design for maintainability*, se concentra em projetar o produto visando manter o mesmo em funcionamento durante seu ciclo de vida, levando em conta a manutenção, inspeção, reparo, padronização, etc. Possui forte relacionamento com métodos que tratam da ergonomia, estética, confiabilidade e montagem.

Projeto para fatores humanos: *design for manability*, se concentra na relação entre o homem e o produto. Assim, tem-se o envolvimento de fatores psicológicos (reações para com o meio ambiente, expectativas, necessidades, etc) e antropométricos (dimensões físicas, humanas, etc). Em algumas literaturas é denominado também como projeto para ergonomia.

Projeto para mínimo risco: *design for minimum risk*, objetiva analisar em detalhe as incertezas a respeito do produto com base em informações técnicas e econômicas de fatores que poderão provocar algum distúrbio no mesmo, providenciando, assim, uma nova configuração e diminuição das incertezas.

Projeto para competição: *design for competition*, trata diretamente de fatores relacionados ao processo de desenvolvimento de produtos e à equipe de projeto. É abordado o uso de ferramentas como FMEA (Análise dos modos de falhas e seus efeitos), DFA (Projeto

para montagem), QFD (Casa da qualidade) e EPS (Priorização de estratégias ambientais), no sentido de implementá-las no processo de maneira eficiente, obtendo bons resultados.

Projeto para modularidade: *design for modularity*, é tido como um método sistemático de geração e seleção de conceitos modulares para produtos, utilizando, para isso, ferramentas como QFD, matriz de seleção de Pugh, método DFMA, entre outras.

Projeto para inspeção: *design for inspection*, está voltado para o controle dos processos envolvidos com o produto, sendo esse um método que disponibiliza rapidamente e precisamente um feedback, por exemplo, do controle do processo de fabricação.

Projeto para padronização: *design for standards*, tem por objetivo a unificação e determinação de soluções por meio da limitação de suas possibilidades, sem causar conflitos. Utiliza, para isso, normas nacionais ou internacionais para a padronização de elementos, componentes, materiais, procedimentos de testes, etc.

Projeto para estética: *design for aesthetics*, este método trata da adequação entre função do produto e suas formas, levando em conta áreas de engenharia, produção, vendas, distribuição, uso, e descarte, sempre objetivando a melhor estética do produto.

Projeto para armazenagem e distribuição: *design for storage and distribution*, trata da questão da armazenagem e distribuição do produto. Envolve também a área de embalagens, tratando de questões sobre como projetar, visando à apresentação, segurança, etc., do produto pela embalagem.

Projeto para mérito técnico: *design for technical merit*, método que suporta a tomada de decisões antes da realização das fases do processo de projeto. É tido como uma métrica para a previsão de riscos, limites de desempenho, confiabilidade e economia.

Projeto para compatibilidade eletromagnética: *design for electromagnetic compatibility*, tem por objetivo trabalhar com equipamentos eletrônicos, levando em conta as interferências eletromagnéticas que tais equipamentos podem gerar e a que estão sujeitos.

Projeto para segurança: *design for safety*, trata da segurança do usuário do produto, ou seja, todas as questões voltadas à segurança (também atendendo a normas), que o produto deve fornecer para quem estiver envolvido com o mesmo em seu ciclo de vida.

Projeto para auxílio na logística: *design for supportability*, consiste no gerenciamento dos recursos, suprimentos, instalações, equipamentos etc., compondo todas as considerações necessárias para que o projeto seja um efetivo e econômico auxílio durante todo o ciclo de vida do produto.

As referências para os métodos citados anteriormente encontram-se no quadro 2.2

### 2.3.3 Como, onde, quando e qual DFX utilizar

A utilização de DFX vai ao encontro das particularidades e necessidades de aplicação de cada empresa e de cada problema específico. Como o próprio nome destaca, cada DFX tem suas aplicações.

Na figura 2.7, tem-se um exemplo de OLESEN (1992) *apud* HUANG (1996), que ilustra, de maneira geral, o ciclo realizado na aplicação de um DFX. Na figura, o ciclo inicia na fase de diagnóstico, onde se tem um problema a ser resolvido. Identificado o problema, na fase de recomendações, são utilizadas regras (conteúdo), que são disponibilizadas pelo DFX que está sendo utilizado. Fazendo uso destas regras e efetuando as devidas alterações no projeto, verifica-se, então, na fase seguinte, se os propósitos do projeto foram atendidos. Caso contrário, é realizada uma análise para identificação das causas e então, repetido o ciclo.

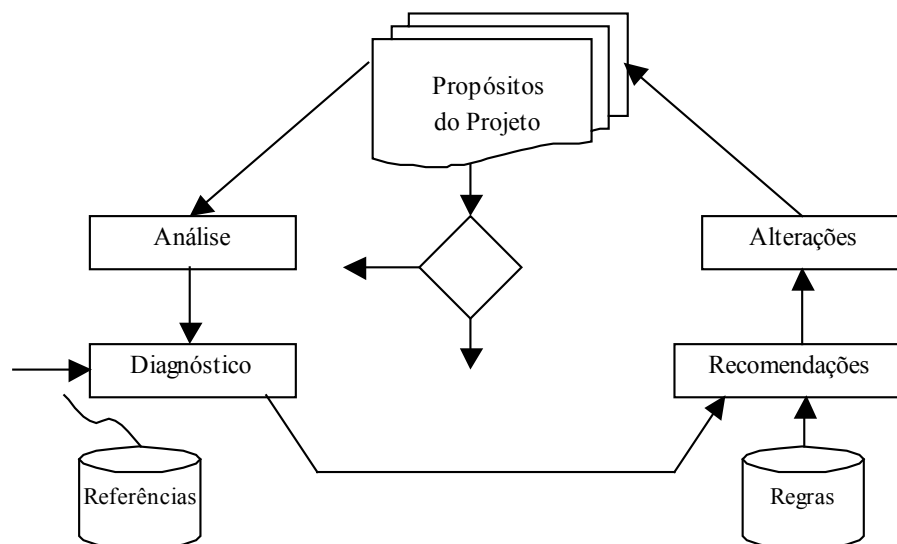


Figura 2.7 – Ciclo de trabalho de um DFX. Adaptado de OLESEN (1992) *apud* HUANG (1996).

A efetiva utilização de um ou outro método está a cargo do usuário do mesmo, com base no tipo de produto e dos objetivos para seu processo de desenvolvimento. Desta forma, são selecionados os métodos que contemplam esses objetivos e, assim, feito o emprego do método ou dedicado algum esforço da empresa para o desenvolvimento e posterior implementação e aplicação desse. Isso se torna mais claro ao verificar-se, na figura 2.6, que,

na fase de orientações, são indicadas regras disponibilizadas pelos métodos, requerendo, assim, os ditos esforços.

Um fator importante, referente à aplicação desses métodos, está relacionado com a forma como estão disponibilizados para os usuários, podendo-se citar: na forma de livro (*handbook*), na forma de manual com procedimentos, na forma de diretrizes (*guidelines*), e na forma de ambientes virtuais (softwares). Todas essas possíveis formas de disponibilização baseiam-se em um conjunto de regras e procedimentos estabelecidos de maneira organizada, fundamentado em normas e experiências anteriores a respeito do processo. A exemplificação pode ser feita com figuras ou *features*, fornecendo meios para a realização de análises baseadas em dados conhecidos, como por exemplo, a comparação entre custos de produção, estimativa do reaproveitamento de materiais, etc.

Dados e informações contidas no método (custos de processos, materiais disponíveis, informações de reciclagem, questionários, etc.), podem ser desenvolvidas e/ ou retroalimentadas pelas empresas ou equipe de projeto. No Apêndice A têm-se dois métodos DFXs exemplificados, que serão aplicados no Capítulo 4.

Também com relação à aplicação desses métodos, pode-se citar a combinação com outros métodos, técnicas e ferramentas como QFD, FMEA, ou mesmo outros DFXs. Conforme já mencionado, os DFXs podem ser aplicados em diversas áreas de uma empresa, o que pode gerar confusões por tratar-se de diferentes estágios do ciclo de vida e do desenvolvimento do produto.

Na figura 2.8, obtida de MCGRATH *et al* (1992) *apud* HUANG (1996), está representada a aplicação geral do que os autores denominam “envelope” de DFX para quando e onde são aplicados. “Onde”, é o eixo que corresponde ao ciclo de vida envolvido no desenvolvimento de produto. “Quando”, é o eixo que corresponde aos diferentes estágios do projeto do produto. As barras horizontais sombreadas indicam o nível de envolvimento que cada elemento do ciclo de vida do produto tem com os estágios do desenvolvimento.

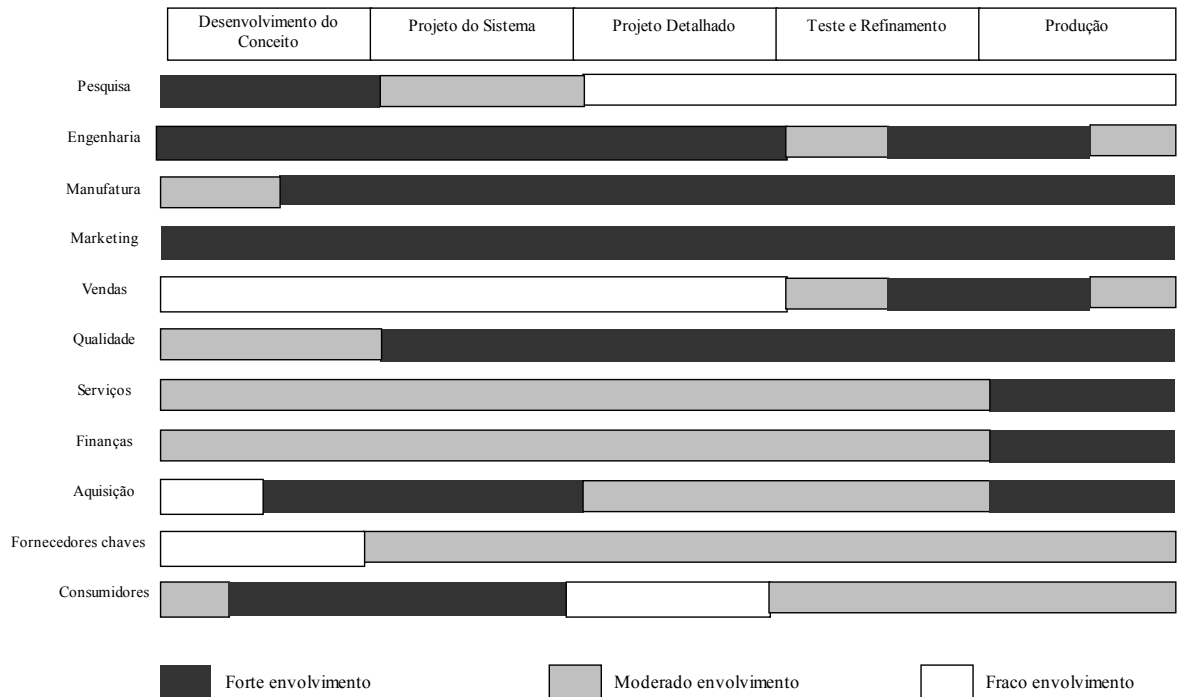


Figura 2.8 - Envolvimento de diferentes funções e aplicações de um envelope de DFX. Adaptada de MCGRATH *et al* (1992) *apud* HUANG (1996).

Dessa forma, algumas questões podem ser levantadas visando definir qual DFX utilizar no processo de desenvolvimento:

- quais as estratégias da companhia para o desenvolvimento de seus produtos (qualidade, custos, modularidade, etc.)?
- quais as fases compreendidas no desenvolvimento (planejamento, marketing, processo de projeto, processo de manufatura, etc.)?
- quais as características de seu processo de desenvolvimento (tipos de ferramentas ou outros métodos empregados)?
- quais os problemas encontrados no produto ou ciclo de vida, que estão relacionados a alguma fase do processo de desenvolvimento (falhas no produto, grande quantidade de retrocessos no desenvolvimento, reclamações de consumidores, etc.)?
- em quais áreas estão os problemas identificados na questão anterior (marketing, vendas, engenharia, manufatura, etc.)?

Com base nas respostas, podem-se mapear pontos chaves do desenvolvimento e selecionar o método e o enfoque que será dado para projetar o produto, atendendo às características delineadas. Também é necessário planejar as questões organizacionais da

empresa para utilizar os DFXs, bem como o paralelismo com o ambiente simultâneo de desenvolvimento (engenharia simultânea) em que a equipe de projeto trabalha.

No quadro 2.2, tem-se exemplificado (dentro do contexto de projeto para X), métodos encontrados na literatura e citados anteriormente, com as respectivas referências e principais formas em que são encontrados. Neste quadro também é possível verificar onde e qual método pode ser aplicado nas fases do processo de projeto.

Quadro 2.2 – DFX e áreas envolvidas, formas encontradas e algumas referências para pesquisa.

Áreas envolvidas	Fases relacionadas	Principais formas	Exemplos	Referências
Projeto e Desenvolvimento	Todas do processo de projeto	<i>Guidelines</i> , método  Manuais	Projeto para competição  Projeto para mérito técnico	Norell M., Andersson S., apud *; Huthwaite 1992;  Murdoch T. N. S, Wallace K. M. apud *;
	Todas do processo de projeto	Metodologia, método, software, <i>guidelines</i>	Projeto para modularidade	Pahl & Beitz 1996; Erixon G. apud *;
	Todas do processo de projeto	Recomendações	Projeto para a padronização	Pahl & Beitz 1996;
Compras				
Fabricação	Todas do processo de projeto	<i>Guidelines</i> , métodos, recomendações, softwares, manuais, <i>handbooks</i>	Projeto para manufatura	Boothroyd <i>et al.</i> , 1994; Huang 1996; Pahl & Beitz 1996; Corbett <i>et al.</i> , 1991; Ulrich Eppinger 1995; Back 1983;
Montagem	Todas do processo de projeto	<i>Guidelines</i> , métodos, recomendações, softwares, manuais, <i>handbooks</i>	Projeto para montagem	Boothroyd <i>et al.</i> , 1994; Leaney P. G., apud 1996; Pahl & Beitz 1996; Ullman 1992; Roozemburg & Eekels 1995; Paupitz 2000; Souza 1998;
Logística de materiais	Todas do processo de projeto	Recomendações e softwares	Projeto para auxílio na logística	Blanchard Fabrycky 1990;
Manuseio de materiais				
Inspeção e teste	Preliminar, detalhado e manufatura	Sistemática regras, metodologias	Projeto para inspeção Projeto para controle dimensional	Drury G. C., apud *; Leaney P. G., apud *;
Estoque e distribuição	Todas do processo de projeto	Regras, softwares, metodologias	Projeto para armazenagem e distribuição	Blanchard Fabrycky 1990; Gapalakrishnan B., <i>et al</i> , apud *; Romano L. N. 1996;
Vendas e marketing				
Instalações				
Uso / operações	Todas do processo de projeto	<i>Guidelines</i> , recomendações, manuais, normas, <i>handbooks</i>	Projeto para confiabilidade	Blanchard Fabrycky 1990; Stephenson J. A., Wallace K. M., apud *; Sakurada 2001; Carter 1986;

	Todas do processo de projeto	<i>Guidelines, Recomendações, manuais, normas, handbooks</i>	Projeto para segurança Projeto para fatores humanos	Burgess 1986; Blanchard Fabrycky 1990; Pahl & Beitz 1996; Burgess 1986; Back 1983;
	Conceitual	Princípios e método	Projeto para compatibilidade eletromagnética	Dawson J. F., <i>et al</i> , apud 1996;
	Todas do processo de projeto	<i>Guidelines</i>	Projeto para estética	Pahl & Beitz 1996;
Serviços / reparos	Preliminar e Detalhado	Método e software	Projeto para serviço	Dewhurst P., Abbatiello N., apud *;
	Todas do processo de projeto	<i>Guidelines, método, software, handbooks</i>	Projeto para manutenibilidade	Blanchard Fabrycky 1990; Pahl & Beitz 1996; Sakurada (2001);
	Preliminar e detalhado	<i>Guidelines</i>	Projeto para mínimo risco	Pahl & Beitz 1996;
Reciclagem & destruição	Preliminar e detalhado	Metodologia, método, software	Projeto para desmontagem	Hanft T. A., Kroll E. 1996 apud *;
	Preliminar e detalhado	Metodologia, método, software	Projeto para reciclagem	Pahl & Beitz 1996; Hanft T. A., Kroll E. 1996 apud *;
Qualidade	Todas do processo de projeto	Método, software, <i>guidelines, handbooks</i>	Projeto para qualidade	Pahl & Beitz 1996; Rovida E., Biggiogero G. F., apud *;
Custos	Todas do processo de projeto	Método, software, <i>guidelines, handbooks</i>	Projeto para montagem	Pahl & Beitz 1996; Remer D. S. <i>et al</i> apud *;
	Todas do processo de projeto	Método software, <i>guidelines, handbooks</i>	Projeto para custos	Andreasen <i>et al.</i> , 1988; Boothroyd <i>et al</i> , 1994; Blanchard Fabrycky 1990; Pahl & Beitz 1996; Ulrich Eppinger 1995;
Meio ambiente	Todas do processo de projeto	Metodologia, método, software, <i>guidelines</i>	Projeto para o meio ambiente	Hemel C. G. V., Keldmann K., apud 1996; Bitencourt 2001; Ashby 1992;
	Todas do processo de projeto	Recomendações Metodologia	Projeto para o ciclo de vida	Yoshimura M. apud *;
NOTA: As referências terminadas em “ <i>apud</i> *” referem-se a HUANG (1996)				

### 2.3.4 Alguns casos de aplicações de DFX

Serão apresentados neste item, alguns exemplos de casos encontrados na literatura relacionados com esses métodos, visando mostrar a maneira como são abordados e que tipos de resultados podem ser conseguidos.

O primeiro exemplo trata do projeto para segurança, onde PHIGHINI *et al* (2001), desenvolveram procedimentos que foram aplicados no reprojeção de uma máquina ferramenta utilizada para a fresagem de peças em madeira. Os autores mencionam que foram combinados outros métodos e ferramentas, como, QFD, FMEA, FTA, DR (*Design Review*), PM (Método de Pareto), projeto para ergonomia e projeto contra erro humano. Como resultado, são apresentadas melhorias no projeto por meio de alterações feitas no sistema de fresagem considerando a melhoria na segurança.



Outro exemplo, agora relacionado ao projeto para desmontagem, apresentado por CSER L. *et al* (1997), aborda a aplicação do método em uma família de aparelhos eletrodomésticos da LEHEL-Eletrolux Ltda, envolvendo a reciclagem e o reuso de materiais e componentes. Dos resultados da implementação, foi citado que na fase de testes, a capacidade de processamento atingiu 30.000 refrigeradores por ano, cujos componentes e peças ainda estavam em condições de uso, bem como o reaproveitamento de materiais, reestruturando todo o processo de desenvolvimento e modificando a visão que a companhia tinha de seu produto. Um fator interessante, destacado neste caso, é que não basta apenas projetar para a desmontagem visando à reciclagem e reuso do produto, é necessário considerar o processamento (plano de retirada, instalações físicas e reciclagem) final do mesmo, executando efetivamente todo o seu ciclo de vida.

Relacionado ao projeto para o meio ambiente, pode-se destacar o estudo realizado por BITENCOURT (2001), em que foi feito o levantamento e organização do conhecimento sobre o assunto. Também foi sistematizado o processo de reprojeção e inclusão da questão ambiental no desenvolvimento de produtos, possibilitando a identificação e redução do impacto ambiental, resultando em uma metodologia para o reprojeção de produtos para o meio ambiente (RePMA). A aplicação da metodologia no reprojeção de uma cafeteira elétrica resultou em: princípios de solução menos poluentes, configurações para o produto que facilitam a desmontagem para a reciclagem, redução de peso e volume.

No que diz respeito ao projeto para manufatura e montagem, BOOTHROYD e DEWHURST (1988) *apud* HUANG (1996), apresentam vários resultados significativos para aplicações na manufatura de diferentes produtos. Para citar um exemplo, uma aplicação do método realizada juntamente com o time de projeto no projeto de uma peça injetada, provocou alterações significativas do projeto antigo para o novo, acarretando redução nos custos do molde de \$ 36,383 para \$ 22,925 e redução no tempo do ciclo de injeção de 42.8 s para 13.3 s. Outro exemplo apresentado por BOOTHROYD *et al*, (1994), sobre o projeto para montagem aplicado na empresa Motorola, mostrou resultados como redução de custos e simplificação do produto (adaptador veicular). Mais especificamente os autores destacam a diminuição do tempo de montagem de 2742 s para 354 s, o número de montagens reduzido de 217 para 47 e redução do número de elementos fixadores de 72 para 0.

Uma forma disponibilizada pela GE *Plastics*, e que pode ser encarada como DFX, fornece alguns documentos contendo orientações de projeto sobre diferentes aspectos do produto como: montagem, desempenho de materiais, suas propriedades e processos

envolvidos, pintura, características química, e outras questões detalhadas. Isso reflete as aplicações e a forma de armazenagem de informações sobre o produto nos guias de projeto em que o conhecimento gerado, também de outras áreas da companhia, passa a ser organizado e formalizado.

Nos métodos apresentados e em outros encontrados na literatura, pode-se observar que a diversidade de aplicação varia muito, e que esta vem acompanhada de uma determinada ênfase num fator de interesse ou necessidade da companhia ou do próprio pesquisador. Isso pode ser observado no título dado aos trabalhos, por exemplo, projeto para reciclagem de produtos com estrutura de materiais compósitos GROTE *et al* (1997); desenvolvimento de projeto para segurança de sistemas automatizados em indústrias de papel e polpa GAUTHIER, *et al* (2001); envolvimento de consumidores como uma contribuição no projeto para custo RODOVIDA, E (1997); projeto para montagem uma parte do processo de projeto WARNECKE (1988) *apud* KUO *et al* (2001); aprendendo projeto para manufatura e montagem CONSTANCE, J (1992) *apud* KUO *et al* (2001); projeto para reciclagem HENSTOCK, M. E. *apud* KUO *et al* (2001), projeto para serviço MAKINO, A. *et al* (1989) *apud* KUO *et al* (2001), entre outros.

### 2.3.5 Benefícios e considerações

Os exemplos de aplicações encontrados na literatura mostram que esses métodos geram normalmente o entrosamento da equipe de trabalho nas empresas. Desta forma os resultados aparecem, motivando e fortalecendo o desenvolvimento eficiente do produto.

Os benefícios, que a aplicação dessas ferramentas acarretam, são classificados em três categorias que, segundo HUANG (1996), estão mutuamente relacionadas:

- benefícios que estão diretamente relacionados com a competitividade do produto, melhorias na qualidade, redução de custos, tempos, maior flexibilidade, produtividade, maior satisfação dos clientes, segurança e satisfação na força de trabalho (equipe);
- benefícios relacionados com o melhoramento na tomada de decisões para com o produto, processo e recursos;
- benefícios de longo alcance, caracterizados pelo envolvimento de outras áreas, prática de engenharia simultânea, entre outros fatores que geralmente não eram considerados pela organização.

Nesse sentido, algumas considerações importantes que segundo HUANG (1996), foram obtidas, examinando-se os DFX existentes e aplicadas com sucesso em empresas, podem ser listadas:

- o DFX não toma decisões de projeto, mas auxilia na avaliação das decisões de um ponto de vista específico;
- o DFX torna lógicos o produto e o processo de projeto, avaliando não apenas decisões individuais, mas suas interações. Com isso, o time de projeto tem uma visão do problema de diferentes perspectivas sem perder o foco;
- o DFX proporciona modelos pragmáticos de produto e processo os quais são familiares e fáceis de se tornarem familiares para seus usuários;
- o DFX define claramente suas áreas específicas de trabalho, envolvendo e proporcionando um foco essencial para a equipe de projeto fazer uso dos recursos disponíveis;
- os DFXs são equipados com registros lógicos, procedimentos sistemáticos, abrangendo dados e base de conhecimento. Apresentam-se como um pacote completo na forma de manual, base de documentos em papel ou de forma computadorizada;
- DFX não necessita de modelagem e medidas sofisticadas, bem como a coleta de dados que seja muito dispendiosa, utiliza usualmente uma base de dados genérica na forma de manuais;

Independente da aplicação e de qual método se está utilizando, é importante mencionar que a equipe envolvida acaba se submetendo às atividades e situações benéficas, como: reunião, apresentação, esclarecimento e análise de fatos sobre produto e processo; verificação e estabelecimento de medidas de desempenho; comparativo entre pontos fortes e fracos das alternativas; diagnóstico sobre o porquê de determinada área ser mais forte ou fraca; às vezes, indicação do reprojeto, recomendando como pode ser melhorado; previsão dos efeitos, proporcionando melhorias e interações para realizá-las.

Essas atividades são positivas, uma vez que propiciam a interação entre a equipe e um maior entendimento com o produto que está sendo desenvolvido. Sendo assim, é importante mencionar que, por se tratarem de métodos que geram mudanças no ambiente de trabalho, é necessário um constante apoio da diretoria para a implementação e manutenção desses, administrando com equilíbrio para se atingirem os resultados esperados.

### 2.3.6 Tendências futuras

Com relação às tendências que vêm direcionando as pesquisas na área desses métodos, podem-se citar alguns autores como HUANG and MAK (1997), KALYAN-SESHU and BRAS (1998), SANDS and RAJA (1998) *apud* KALYAN-SESHU and BRAS (1998), HUANG and MAK (1999), AHN *et al* (1999), KUO *et al* (2001), entre outros, que estão desenvolvendo aplicações de DFX em ambientes *www* (*World Wide Web*), em *framework*<sup>6</sup>, em integração com CAD, CAM, CAPP, BOM, PDM (*Product Data Management*), etc.

Os esforços estão direcionados para a formação de uma base de dados que contenha as características necessárias dos DFXs e, a partir dessas, possam ser acessadas as informações e compartilhadas no desenvolvimento colaborativo de produtos dentro da cadeia de fornecedores de uma empresa e em suas unidades em diferentes localidades. Logicamente tais ambientes de desenvolvimento não são triviais na sua elaboração e efetivação.

Algumas características das pesquisas em andamento envolvendo DFX podem ser citadas:

- sistematização da identificação dos requisitos de todos os usuários no ciclo de vida do produto;
- desenvolvimento de meios de interação entre as expectativas do consumidor e as alternativas do projeto do produto, bem como nas especificações de materiais, configuração, geometria, etc;
- desenvolvimento de sistemas inteligentes que possam ser retroalimentados e que auxiliam os projetistas em suas tarefas, de forma que gerem a satisfação do usuário estimulando-o na prática;
- desenvolvimento de avaliações abrangentes, quantitativas e efetivas no processo de projeto;

---

<sup>6</sup> [“Um *framework* é um conjunto de classes que constitui um design abstrato para soluções de uma família de problemas” - Johnson e Foote – 1988; “Um *framework* é um conjunto de objetos que colaboram com o objetivo de cumprir um conjunto de responsabilidades para uma aplicação ou um domínio de um subsistema.” - Johnson –1991; “Uma arquitetura desenvolvida com o objetivo de se obter a máxima reutilização, representada como um conjunto de classes abstratas e concretas, com grande potencial de especialização.” - Mattsson – 1996.] disponibilizado em > [http://www.inf.ucp.br/profs/tavares/01\\_2002/aulaFramework.ppt](http://www.inf.ucp.br/profs/tavares/01_2002/aulaFramework.ppt)

- desenvolvimento colaborativo de produtos utilizando DFX e *web-based* na integração, análise e tomada de decisão das atividades do desenvolvimento, utilizando dados de sistemas CAD, atividades do sistema CAPP, informações do PDM, entre outros.

Os objetivos deste trabalho contemplam, de certa forma, as tendências das pesquisas na área, onde se formaliza o conhecimento, aplicando-o e disponibilizando-o para estudos envolvendo esses métodos.

Assim, como destaca BRALLA (1996), DFX não é um sistema fixo, estando em contínuo desenvolvimento em projetos de pesquisa em universidades, por vários consultores e em empresas. O objetivo da maioria desses desenvolvimentos é formar *guidelines* mais acessíveis e fáceis de aplicar.

### 2.3.7 Observações finais da revisão bibliográfica sobre DFX

O objetivo desses itens foi demonstrar algumas das principais definições e aspectos sobre o desenvolvimento e aplicação desses métodos, bem como as pesquisas sobre o assunto. Algumas observações sobre tais aspectos serão apresentadas a seguir:

Constatou-se que existem empresas desenvolvendo e trabalhando com seus próprios métodos DFXs, bem como pesquisas acadêmicas desenvolvidas junto a essas empresas. Entretanto, a divulgação dos trabalhos, quando é feita, não fornece dados e informações completas, justamente por se estar trabalhando com informações importantes e que geram ganhos para as empresas, sendo, portanto, tratadas com sigilo frente à concorrência.

Os métodos utilizados variam de acordo com a área de atuação da empresa ou deficiência encontrada em determinada área da mesma, porém em todos os casos, incluindo publicações, os métodos são abordados de maneira separada no que diz respeito ao processo de desenvolvimento de produtos. Assim, a utilização desses métodos pode motivar a formalização do processo de projeto e o conseqüente uso de metodologias de desenvolvimento.

Mesmo sendo significativos os resultados e benefícios gerados pela aplicação desses métodos no processo de desenvolvimento de produtos, recomenda-se, porém, que, antes de utilizar os DFXs, seja feito um planejamento para identificar de que forma e qual método é mais apropriado para inserir nas fases do processo de projeto.

## 2.4 A Mecanização Agrícola em Pequenas Propriedades

Este item tem por objetivo apresentar as principais características da mecanização em pequenas propriedades rurais do estado de Santa Catarina, envolvendo os sistemas de cultivo, tipos de solo da região, implementos utilizados e as fontes de potência empregadas para tracionar os implementos desse setor.

### 2.4.1 O preparo do solo

Todos os sistemas de cultivo envolvem características que são primordiais para o rendimento da cultura e que irão gerar um retorno financeiro para o agricultor com conseqüências benéficas ou maléficas ao meio ambiente. Uma das características envolve o preparo do solo, sendo que, no Brasil, a grande maioria dos solos agrícolas mecanizados são utilizados com culturas anuais e continuam sendo preparados de maneira convencional. Às vezes, tal preparo pode ser substituído por sistemas de melhor retorno financeiro e ambiental.

Segundo WEISS (1998), basicamente são três os sistemas de preparo utilizados que podem ser definidos para a implantação das culturas anuais:

- sistema de preparo convencional, que envolve as operações de lavração, (preparo primário) e gradagens (preparo secundário) para complementação de preparo;
- sistema com preparo reduzido ou cultivo mínimo, no qual somente é preparada uma faixa do terreno para a semeadura ou plantio, para culturas semeadas ou plantadas em linha. Quando a semeadura é realizada a lanço, o solo é apenas escarificado superficialmente, com implementos de haste, procurando-se a manutenção de pelo menos 30% de resíduos vegetais na superfície do solo; e
- sistema de semeadura direta ou plantio direto, no qual a semente ou a muda e o adubo são colocados diretamente no solo, com preparo mínimo, apenas na linha de semeadura ou plantio. A operação é realizada com o uso de semeadoras / adubadoras, plantadoras /adubadoras ou transplantadoras /adubadoras, com o cuidado de manter o solo, após a operação, completamente coberto com espécies para cobertura (adubos verdes) e ou resíduos culturais na forma de cobertura morta.

Dessa forma, as técnicas de cultivo empregadas direcionam-se para sistemas de semeadura direta e sistema de cultivo mínimo, sendo adotados cada vez mais pelos

agricultores, apesar de sofrerem certa resistência por parte dos mesmos, pelo longo tempo de uso dos sistemas convencionais. Junto à utilização crescente desses sistemas, podem-se citar vantagens encontradas, conforme MAZETTO (2000):

- redução no uso de mão-de-obra e de máquinas e implementos;
- redução e até eliminação da erosão pluvial do solo;
- melhoria nas condições de infiltração e armazenamento de água no perfil do solo;
- recuperação e melhoria da estrutura do solo;
- redução da compactação sub-superficial e eliminação da formação de crostas superficiais do solo;
- melhor aproveitamento da época preferencial para plantio das culturas, em função do menor uso da mão-de-obra e implementos.

Com relação às culturas empregadas nesses sistemas de cultivo, destacam-se: cebola, feijão, milho, mandioca, olerícolas, fumo e abacaxi. O trabalho dos pequenos agricultores, envolvidos nessas culturas, enfrenta dificuldades em relação aos equipamentos e implementos utilizados, devido aos fatores relacionados tanto às técnicas de cultivo como aos custos que tais culturas implicam. Portanto, é válido abordar, de forma mais elaborada, o desenvolvimento de implementos para o setor, de maneira a suprir as necessidades. O implemento agrícola, que terá seu projeto preliminar e detalhado como base para o estudo de caso, visa contribuir com este quadro, envolvendo fatores como custo e técnicas adequadas de cultivo.

#### 2.4.2 Implementos empregados e fontes de potência

Aqui serão apresentados os implementos utilizados no sistema conservacionista de cultivo, tendo em vista o levantamento realizado por WEISS (1998) na região da bacia hidrográfica Tijuca/da Madre, onde também foram identificadas as principais formas de tração desses implementos. Na mesma referência podem ser encontrados maiores detalhamentos dos implementos, uma vez que, nesta revisão, os mesmos são apresentados de forma simplificada. Serão abordadas, ainda, algumas considerações sobre como são desenvolvidos tais implementos, destacando um dos objetivos no qual este trabalho se insere, ou seja, a contribuição no quadro de mecanização agrícola em pequenas propriedades rurais.

Subsolador (sulcador) – implemento destinado a eliminar camadas compactadas e rompimento do solo com profundidade superior a 35 cm, antes de iniciar o plantio direto no sistema de implantação de culturas;

Escarificador – implemento de ação e constituição semelhante ao subsolador, tendo como diferença fundamental a profundidade de operação (15 a 25 cm), indicado para operações de preparo mínimo, por não inverter as camadas de solo e manter os resíduos vegetais na superfície;

Rolo-facas – constituído por um tronco de madeira ou cilindro metálico com fileiras de lâminas ao redor, destinado ao manejo (acamamento e corte) da cobertura vegetal na superfície do solo, a qual é a base da prática do cultivo mínimo e do plantio direto;

Rolo-discos – assim como rolo-facas, este implemento também se destina ao manejo da cobertura vegetal, utilizado nos sistemas de cultivo mínimo e plantio direto. É constituído por uma seção semelhante a uma grade de discos, porém com discos sem concavidade e com as bordas afiadas;

Roçadora – implemento utilizado, de uma forma geral, nos serviços de limpeza de áreas com vegetação tipo capoeiras e na roçada de limpeza em áreas com pastagens naturais e ou cultivadas. É constituído de facas fixas que são movimentadas (rotacionadas) pela tomada de potência de um trator;

Pulverizador – utilizado no dessecamento das coberturas vegetais e na aplicação de pós-emergentes. Pode ser encontrado na forma de pulverizador costal manual com 20 litros de capacidade ou para maiores propriedades, como pulverizador de barra de tração tratorizada com depósito que varia de 300 a 3.000 litros de capacidade;

Semeadura e adubação – podem ser encontrados desde implementos manuais como saraquá, até implementos de tração animal e tratorizada. Existem diferentes tipos empregados quanto às ferramentas de dosagem e deposição de sementes e adubo em linha contínua para implementos de pequeno porte, podendo-se citar: com sulcadores tipo cinzéis para deposição de adubo e semente, cinzel para deposição de adubo e disco duplo para semente, e por sistemas de covas. Uma referência, que aborda aspectos de semeadoras de plantio direto, pode ser verificada em PORTELLA (2001), que considera as semeadoras o coração de um sistema produtivo.

As fontes de potência empregadas direcionam a utilização de determinados implementos e estão adequadas às condições de cada produtor, tendo em vista a área de



plantio e respectivo retorno financeiro. O quadro 2.3, apresenta um levantamento realizado das fontes de potência animal empregadas.

Quadro 2.3 - Fonte de potência animal encontrada nas propriedades pesquisadas. WEISS (1996).

FONTE DE POTÊNCIA ANIMAL	NÚMERO DE PROPRIEDADES	NÚMERO DE ANIMAIS
Bois	40	61
Equínos	24	36
Total	64	97

Já na figura 2.9, têm-se as fontes de potência na forma combinada, conforme pesquisa nas propriedades da região.

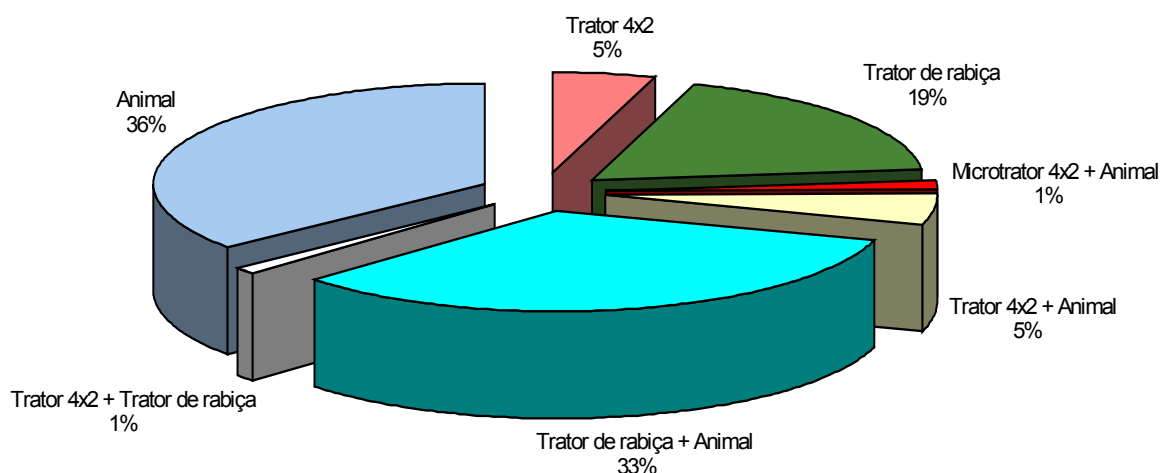


Figura 2.9 - Distribuição gráfica das fontes de potência levantadas. WEISS (1998).

Apesar do quadro anterior e a figura estarem baseados em dados de uma região do Estado, é válido fazer uma analogia e verificar as condições a que estão submetidos os pequenos agricultores em termos de mecanização. Em um levantamento feito por BACK (1981) *apud* DIAS *et al* (1997), concluiu-se que a pequena propriedade rural não dispunha de máquinas e implementos adequados às necessidades ou, se existiam, eram adaptações que, na maioria das vezes, não realizavam as operações agrícolas adequadamente.

Para atender a demanda de implementos e suas constantes adaptações às condições de cultivo conservacionistas, encontram-se algumas empresas e oficinas nessas regiões. Nos casos de adaptações, as idéias são provenientes dos próprios agricultores que, por não terem ferramentas, acabam recorrendo a oficinas.

No âmbito das empresas, as melhorias encontradas nos implementos são provenientes de sugestões e busca de informações implícitas e informais de agricultores. Essas melhorias são submetidas aos implementos sem muito critério, resultando em equipamentos que são logo superados pelos concorrentes, o que vislumbra áreas para pesquisa junto a esses fabricantes e produtores, para o desenvolvimento de implementos de forma mais eficiente.

### 2.4.3 Considerações finais da revisão sobre mecanização agrícola em pequenas propriedades

Na revisão, procurou-se mostrar as características de cultivo enfocando o Estado de Santa Catarina, uma vez que o estudo de caso abordará implementos agrícolas lá utilizados. Verifica-se a necessidade de fornecer, de alguma forma, principalmente ao pequeno agricultor, condições para que não sub-utilize o solo, causando danos ao meio ambiente por falta de informação, equipamentos e implementos adequados ao setor.

As técnicas conservacionistas de cultivo estão avançando e também sendo intensificadas em pequenas propriedades, mas é preciso adequar os implementos agrícolas a esta nova demanda. Tem-se constatado que os próprios agricultores tentam adequar os implementos as suas condições de trabalho e tal prática se intensifica para implementos envolvidos com plantio direto e cultivo mínimo. Surge aí a necessidade de desenvolver implementos direcionados às condições dos pequenos agricultores, tanto do ponto de vista técnico quanto do econômico, pois o preço de aquisição desses implementos deve ser o menor possível, para que possa ser comercializado favorecendo o usuário final.

# Capítulo 3

## Sistematização das Fases de Projeto Preliminar e Detalhado

### 3.1 Introdução

Este capítulo trata da sistematização das fases de Projeto Preliminar e Projeto Detalhado. Inicialmente serão feitas algumas considerações gerais sobre a sistematização a ser apresentada para, posteriormente, definir algumas diretrizes da sistematização. Aqui são também tratadas questões relacionadas à utilização dos métodos DFX na sistemática, e a descrição desta em termos de atividades e tarefas.

### 3.2 Considerações iniciais

Neste item serão apresentadas algumas definições iniciais para o desenvolvimento da sistematização. Levando em conta trabalhos já realizados como, por exemplo, os de FERREIRA (1997), FONSECA (2000), MARIBONDO (2000), BITENCOURT (2001), MAZETTO (2000), entre outros, observa-se a existência de uma padronização no que diz respeito à nomenclatura e atividades envolvendo as fases iniciais do processo de projeto (projeto informacional e projeto conceitual). Propõe-se desenvolver uma sistemática para as outras fases do processo de projeto, baseada na mesma forma de representação já utilizada.

As fases de projeto preliminar e detalhado são fases que tratam da transformação da concepção<sup>1</sup> do produto num projeto finalizado e pronto para ser fabricado. Para isso, têm-se disponibilizados métodos, ferramentas e conhecimentos acessíveis aos engenheiros e projetistas. O que se propõe, neste trabalho, é contribuir para a formalização das fases do processo de projeto, de maneira a orientar o desdobramento de atividades e tarefas no domínio do projeto de máquinas agrícolas.

---

<sup>1</sup> Concepção: “é a representação idealizada da estrutura de um sistema ou subsistema, na qual as características dos elementos e as relações que são essenciais ao seu funcionamento são qualitativamente determinados”. ROOZENBURG, N. F. M., EEKELS, J (1995) *apud* FERREIRA (1997).

### 3.2.1 Diretrizes para a sistematização

Tendo como base o trabalho de MARIBONDO (2000), a seguir são apresentadas as diretrizes que foram consideradas para o desenvolvimento da sistematização do presente trabalho.

Diretriz 1 – forma de apresentação da sistematização para as fases finais do processo de projeto: a apresentação será na forma de fluxo contendo as entradas, saídas, ações e demais métodos, ferramentas e documentos necessários a essas atividades. Esta forma é bastante propícia no sentido de orientar o usuário ao entendimento e utilização da metodologia, deixando-lhe liberdade para interagir, com seu conhecimento, na área.

A figura 3.1 contém as convenções básicas para a representação do fluxo da sistematização do processo de projeto.


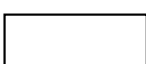




Símbolos Básicos	Significado dos Símbolos dentro do Processo de Projeto
	Símbolo que indica o início ou o fim do processo de projeto.
	Símbolo que indica um processo, uma ação, uma atividade a ser executada.
	Símbolo que indica armazenamento de dados e ou informações.
	Símbolo que indica a seqüência do processo de projeto
	Símbolo que indica um retorno dentro do processo de projeto.
	Símbolo que indica as ferramentas, métodos e documentos para utilizar na atividade.

Figura 3.1 - Convenção básica para a representação do fluxo da sistematização do processo de projeto. MARIBONDO (2000).

Diretriz 2 – desdobramento da sistematização das fases finais do processo de projeto: o desdobramento será dado em fases, atividades e tarefas. Cada parte terá denominações que, por sua vez, dirão o que fazer no respectivo estágio de desenvolvimento.

Diretriz 3 – métodos, ferramentas e documentos de apoio ao processo de projeto: dentro dessas divisões, serão considerados, na sistematização, segundo a compatibilidade de aplicação dentro das fases, os seguintes itens:

Métodos – DFXs (montagem, segurança, embalagem, manufatura, confiabilidade e manutenibilidade (FMEA, FMECA, FTA), fatores humanos, estética, custos, riscos, desmontagem, qualidade, modularidade, padronização, meio ambiente, ciclo de vida, reciclagem, armazenagem e distribuição), métodos de criatividade, modelagens (icônicas, analógicas e matemáticas), elementos finitos.

Ferramentas – sistemas CAD/CAM/CAE.

Documentos – documentos vindos da fase de projeto conceitual (especificações de projeto, concepção do produto), *checklist*, normas, leis, catálogos, lista e diagramas de desdobramento da estrutura do produto, documentação ou desenho com leiaute preliminar, documentos e ou desenhos aspectos críticos, materiais e processos de fabricação e montagem, lista de parâmetros principais, documentos ou desenhos com especificações de materiais e processos de fabricação, fichas técnicas, contratos com fornecedores, documentação referente ao implemento que será desenvolvido e produzido (lista de partes, custos meta, considerações para os processos de fabricação, etc.); documentação referente a o que será comprado (lista de partes, custos meta, considerações e especificações para os processos de fabricação, etc.); documentos com resultados da avaliação e homologação da amostra do produto comprado, documento do plano de fabricação, testes e resultados, lista de ações corretivas, literatura (máquinas agrícolas, tipos de solo, elementos de máquinas, etc.).

Diretriz 4 – mecanismos de avaliação dos resultados do processo de projeto: deverão ser realizadas avaliações ao final de certas atividades. Essas avaliações deverão ser apoiadas por questionários ou listas de comparação, baseadas nas especificações de projeto e nos critérios estabelecidos no apoio às ações necessárias ao desenvolvimento do sistema em questão. As avaliações poderão resultar no retorno, correção ou continuidade do processo de projeto.

Diretriz 5 – forma de apresentação dos resultados do processo de projeto: a apresentação deverá ser feita na forma de relatórios, desenhos e ou documentos contendo gráficos, cálculos, dimensionamentos, definições, ações, justificativas de decisões e todas as informações necessárias e importantes para as próximas atividades (entradas e saídas), bem como para o armazenamento dessas informações (representado na figura 3.1 com um símbolo para armazenagem de dados e ou informações) para serem utilizadas em trabalhos futuros.

### 3.2.2 A utilização de DFX na sistematização

Aqui serão apresentados os aspectos relacionados a como e porque utilizar os diferentes métodos dentro da sistematização proposta. Tendo como base o estudo de como são abordados os métodos e sua aplicação prática, realizado no item 2.3.3 do Capítulo 2, propõe-se que, antes da utilização desses métodos, seja feito um planejamento inicial na primeira atividade de cada fase da sistemática. Será decidido, assim, como o DFX poderá ser abordado no desenvolvimento do produto, levando em conta, principalmente, a disponibilidade e sua forma operacional, prevendo, por exemplo, reuniões com determinados integrantes, responsáveis pelas áreas da empresa que serão envolvidas durante a utilização do DFX.

Em alguns casos, poderá ser necessário o desenvolvimento e ou aprimoramento de algum DFX específico, visando a atender determinada necessidade da equipe de projeto no desenvolvimento do produto. Após o planejamento inicial da utilização, em atividades posteriores, será indicado, com uma tarefa, um local considerado adequado para utilizar os métodos.

Dessa forma, o(os) usuário(s) deverá(ão) recorrer à consulta do conhecimento (princípios, considerações, manual, etc.) disponibilizado pelo método que ele necessita para auxiliar na resolução de seu problema, utilizando, assim, as potencialidades que lá estão armazenadas.

### 3.3 Sistematização da fase de Projeto Preliminar

Aqui é apresentado o desdobramento da fase de Projeto Preliminar, bem como de suas atividades e tarefas. Uma representação geral é primeiramente apresentada na figura 3.2 onde se pode verificar, de forma parcial, o conteúdo de informações da fase.

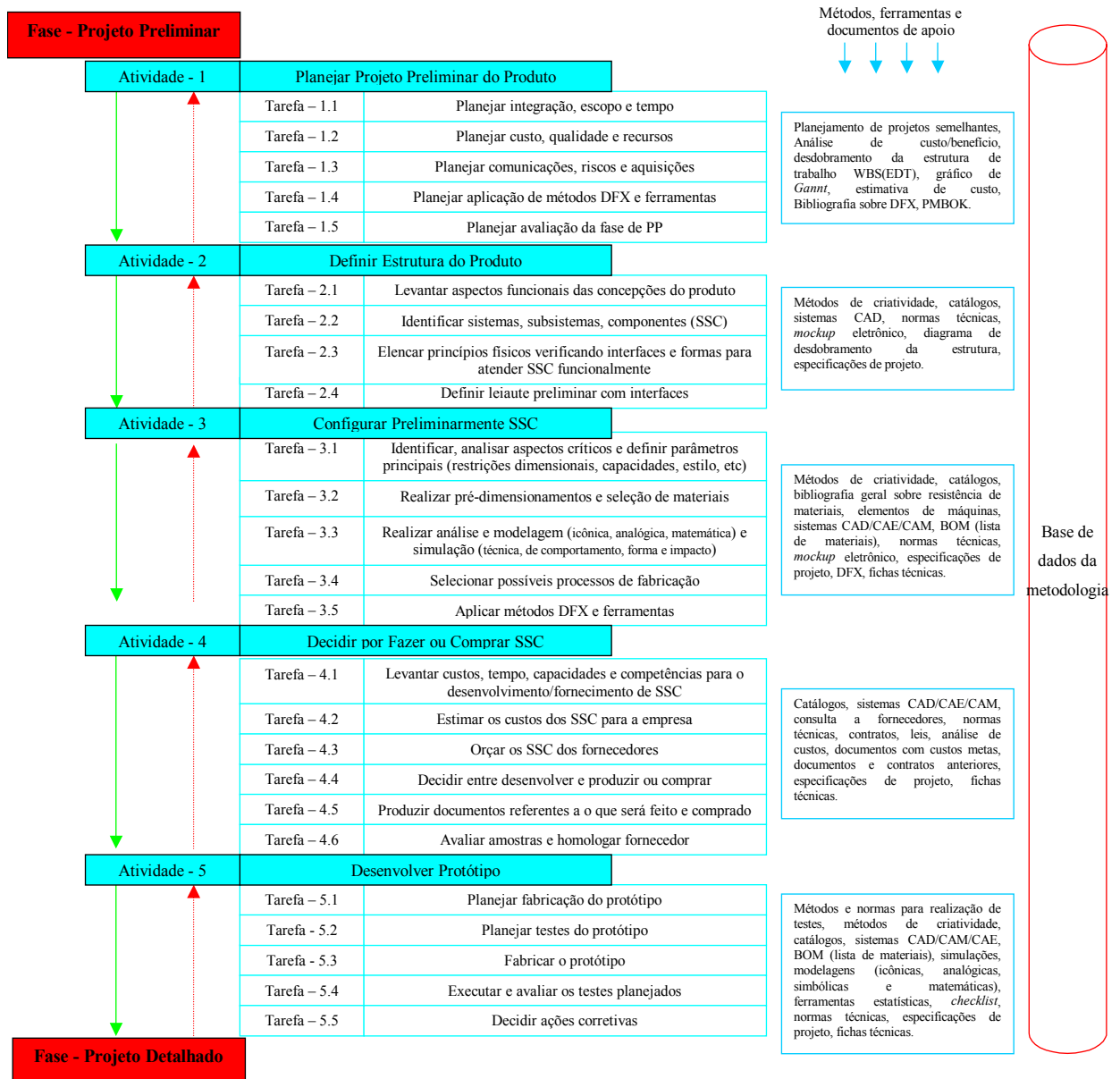


Figura 3.2 - Representação da sistematização do Projeto Preliminar.

O início dessa fase compreende a utilização de informações vindas da fase de projeto conceitual, tais como, a(s) concepção(ões) do produto a ser(em) desenvolvida(s), lista de requisitos de projeto, lista de especificações de projeto, lista de necessidades do consumidor, documentos de planejamento, desenhos e outros documentos pertinentes ao desenvolvimento.

O desdobramento da sistematização do projeto preliminar será feito apresentando cada atividade e suas respectivas tarefas, de forma individual, em uma figura, contendo entradas, saídas, ferramentas, documentos e métodos conforme a figura 3.3. Antes de cada atividade, será realizada uma breve descrição das mesmas, justificando e comentando as respectivas tarefas e definições atribuídas.

### **Atividade 1– Planejar Projeto Preliminar do Produto**

Esta atividade tem por objetivo realizar alguns procedimentos básicos para o gerenciamento e controle da fase de projeto preliminar. Aqui são planejados o escopo, as tarefas necessárias ao gerenciamento e controle da fase, é feita uma análise de risco do desenvolvimento, definidas estratégias de comunicação entre a equipe, bem como os recursos de que o desenvolvimento do projeto preliminar necessita. De forma geral, serão apresentados aspectos gerais do planejamento, sendo que informações detalhadas dessas questões podem ser encontradas no PMBOK (2000).

O planejamento do escopo do projeto do produto, envolvendo aspectos e funções que devam ser incluídas no produto ou serviço, além do propósito do projeto, que envolve o trabalho a ser feito, com a finalidade de entregar o produto de acordo com os aspectos e as funções especificadas. O planejamento do tempo envolve o processo necessário para assegurar que o projeto preliminar seja implementado no prazo previsto, tendo como principais características a definição das atividades, o seqüenciamento das atividades, a estimativa da duração das mesmas, o desenvolvimento do cronograma e seu controle.

O planejamento do custo e qualidade envolve os seguintes aspectos: planejamento dos recursos (pessoas, equipamentos, materiais, etc) e quantidades que devem ser usadas para a execução das atividades; estimativa dos custos dos recursos necessários à implementação das atividades do projeto; orçamento dos custos, por meio da alocação das estimativas dos custos globais aos itens individuais de trabalho; e o controle dos custos, em função das mudanças no orçamento do projeto.

Quanto à qualidade, aborda-se o planejamento desta com: a) a identificação de quais padrões de qualidade são relevantes para o projeto e qual a forma de satisfazê-los; b) garantia da qualidade pela avaliação periodica do desempenho geral do projeto, buscando assegurar a satisfação dos padrões relevantes de qualidade; c) o controle da qualidade, por meio da monitoração dos resultados específicos do projeto para determinar se estes estão de acordo com os padrões de qualidade relevantes, identificando a forma de eliminar as causas de desempenho insatisfatório.

O planejamento e gerenciamento dos recursos também levam em conta os elementos humanos no projeto, envolvendo o planejamento organizacional. Devem ser identificadas, documentadas e designadas as funções, responsabilidades e relacionamentos entre a equipe no projeto. Além disso, é também definida a equipe de projeto, sendo alocados os recursos humanos conforme as necessidades. Ainda, são direcionados esforços para o desenvolvimento



da equipe, contemplando o desenvolvimento das habilidades individuais e do grupo para aumentar o desempenho do projeto.

No planejamento das comunicações, são determinadas as informações e comunicações necessárias, tais como: a) quem necessita de qual informação; b) quando a informação será necessária; c) como isso será feito. Outros fatores pertinentes são a distribuição das informações de forma a serem disponibilizadas de maneira conveniente, o fornecimento de um relatório de desempenho, contendo a situação, medição de progresso e previsões e, por fim, o encerramento administrativo para gerar, reunir e disseminar informações para formalizar a conclusão de uma atividade, fase ou de todo o projeto.

No planejamento e gerenciamento dos riscos, são identificados quais os riscos mais prováveis e documentadas as características de cada um. Posteriormente deverão ser quantificados os riscos, avaliando sua interação e possíveis conseqüências. Com isto definido são desenvolvidas respostas aos mesmos, especificando melhorias necessárias para o aproveitamento de oportunidades e respostas às ameaças. Após, são controladas as respostas, visando à redução dos riscos, que devem ser regularmente monitorados, pois podem, em um primeiro momento, não serem totalmente identificados, sendo, portanto, necessária uma constante atualização.

Também é considerada, nesta fase, a pesquisa e definição do uso de DFX, tendo em vista os recursos disponíveis e necessidades quanto à aplicação, desenvolvimento e conhecimento a respeito dos mesmos. Por fim, tem-se uma tarefa responsável pelo planejamento da avaliação da fase, na qual deverão ser verificadas as formas de controle e avaliação do andamento do projeto e desempenho da equipe. Quanto às entradas dessa atividade, podem ser utilizadas algumas definições ou documentos vindos de planejamento anterior, como informações do plano estratégico da empresa, metas definidas, etc. Para as saídas, têm-se documentos com o planejamento de todos os aspectos envolvidos nas atividades do projeto nessa fase.

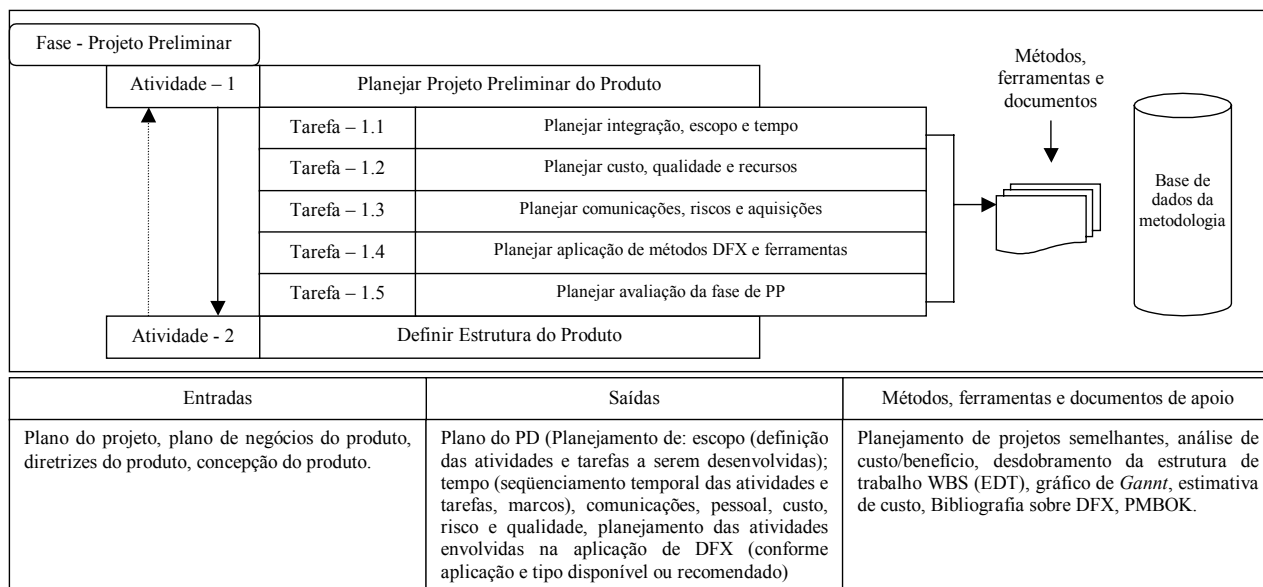


Figura 3.3 - Atividade de Planejamento do Projeto Preliminar do Produto

### Atividade 2 – Definir Estrutura do Produto

Esta atividade tem como principal saída a definição da estrutura do produto<sup>2</sup>, conforme figura 3.4, cujo objetivo, é dividi-lo em partes, com base nos princípios de solução adotados na concepção e de acordo com as funções a eles atribuídas. Dessa forma, para que possam ser atendidas as funções, é feito um desdobramento da concepção em sistemas, subsistemas e componentes (SSC) do produto. Em meio ao desdobramento, nomeiam-se os SSCs, pois as funções deverão ser atendidas por determinadas partes que deverão estar devidamente identificadas para as atividades posteriores.

Portanto, na primeira tarefa da atividade “levantar aspectos funcionais da(s) concepção(ões) do produto,” são verificadas e analisadas as características principais das mesmas, já envolvendo questões de funcionamento físico das partes que compõem a concepção. É importante salientar que o princípio de solução é definido no projeto conceitual e seu grau de detalhamento (dimensões, desenhos esquemáticos, possíveis interferências, etc.) variam de projeto para projeto. Assim, o número de informações que vêm associadas ao projeto conceitual, mas que avançam no projeto preliminar, podem auxiliar no desenvolvimento da estrutura do produto, desde que não restrinja outras potenciais soluções.

Dependendo do produto, o desdobramento das partes pode não ser necessário ou possível de ser obtido até o nível de componentes; nesses casos, continua-se o processo

<sup>2</sup> Estrutura do produto: partindo da concepção do produto, é o arranjo dos elementos funcionais do mesmo em blocos, até o nível de entendimento de seus princípios e possível apresentação concreta.

mesmo com tais limitações. Após ou paralelamente a isso, são definidos princípios físicos e suas formas, visando a atender questões funcionais dos SSCs, o que significa elencar elementos, garantindo seu funcionamento para o atendimento da concepção do produto. Aqui são preenchidas as fichas técnicas para as partes do produto, como forma de documentar as características funcionais, técnicas e de interface das partes. Essas fichas podem conter desenhos ilustrativos e de orientação com relação ao produto, devendo ser utilizadas e atualizadas durante as atividades de desenvolvimento.

Também tem-se uma tarefa destinada à definição do leiaute preliminar, cuja realização é feita interativamente com a verificação das restrições de interfaces entre os SSC e o arranjo destes. Nesta tarefa podem ser produzidos desenhos preliminares com dimensões principais e outros. É bom lembrar a importância do questionamento constante, no sentido de outras possibilidades que venham tornar mais simples as soluções no projeto.

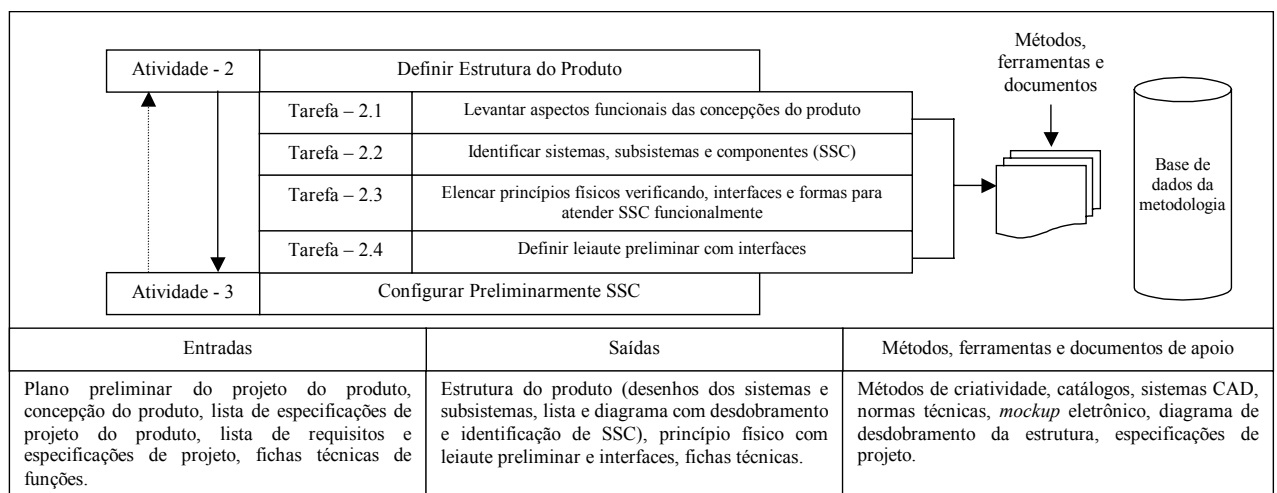


Figura 3.4 – Atividade de Definição da Estrutura do Produto.

### Atividade 3 – Configurar Preliminarmente SSC

Esta atividade compreende o detalhamento da atividade anterior, conforme figura 3.5, onde são identificados e analisados aspectos críticos do produto por meio de uma listagem, na forma de itens que devam ser observados no ciclo de vida do produto, como questões de funcionamento, fabricação, montagem, uso, descarte, e outros. Também são analisados e definidos, em uma listagem, os parâmetros principais definidos como: estilo (cores, aparência, acabamentos), formas, dimensões, capacidades, sempre analisando e verificando o atendimento das especificações do produto para cada SSC.

Esses parâmetros podem assumir significações quantitativas e não devem ser confundidos com requisitos de projeto, sendo, por exemplo, questões como: determinada vazão necessária comporta a potência do motor disponível?; que opções de regulagem de altura são necessárias?; a regulagem de altura influencia no esforço de acionamento?; etc.

Outra tarefa é dedicada ao pré-dimensionamento das partes do produto, onde, em conjunto, são selecionados possíveis materiais para as partes, sendo as informações resultantes adicionadas às fichas técnicas do produto. O trabalho iniciado nessa tarefa será finalizado na atividade 7 do Projeto Detalhado. Os modelos podem ser constituídos antes ou após a existência real de um objeto. Dessa forma, diferentes linguagens podem ser utilizadas para compor o modelo, entre elas, semântica (representação explicativa verbal ou textual); gráfica (elementos geométricos para descrever ou representar objetos); analítica (equações, regras ou procedimentos de desempenho ou comportamento); física (representação por modelos sólidos, maquetes, protótipos, etc.).

Para as linguagens apresentadas anteriormente, destacam-se três categorias principais de modelos para essa fase do processo de projeto: modelos icônicos (aqueles que se parecem com o original ou um equivalente geométrico, mostrando partes ou características mais relevantes, utilizando mapas, desenhos de fabricação, fotografias, maquetes, modelos reduzidos ou ampliados etc.); modelos analógicos (aqueles que se comportam como o original ou obedecem as mesmas leis de ação, utilizando leis de similaridade e homogeneidade dimensional); modelos matemáticos (desenvolvidos com base em axiomas, dependem de experimentação para comprovação, representam as características do sistema original por meio de símbolos, levando a resultados numéricos e relações explícitas de forma econômica).

Ainda se tem a simulação, que consiste em imitar o comportamento de um sistema em certos aspectos. A simulação fornece à equipe, engenheiro ou projetista, condições de se prever o desempenho, funções, fabricação dentro da qualidade, custos e quantidade planejada, entre outros requisitos do produto. Assim, a simulação pode assumir tipos diferentes como: simulação técnica, que utiliza métodos qualitativos, softwares e comparação de parâmetros funcionais, geométricos e de otimizações estruturais, funcionais, etc.; simulação da forma, envolvendo as funções de estética e semântica do produto; simulação do comportamento do produto em determinado ambiente, por meio de testes de mercado, materiais, clínicas, questionários, etc, visando analisar as reações e comportamento dos consumidores; e simulação de impacto ambiental, buscando o ponto de vista deste, no ciclo de vida do produto.

Outra questão importante, nessa atividade, é a identificação de possíveis processos de fabricação dos SSC identificando também o ferramental envolvido em tais processos. SLACK *et al* (2002) destaca que, ao serem considerados fatores do processo de manufatura no projeto, garante-se que os projetos finais sejam “produzíveis” e que os processos de produção sejam desenvolvidos com as necessidades de longo prazo do produto em mente. Nessa atividade também se aconselha aplicar métodos DFXs e ferramentas que forem pertinentes ao nível do projeto. Para isso, tem-se o planejamento prévio dos procedimentos dessa aplicação, feito na atividade 1 e, realizados em função do método e suas características envolvidas.

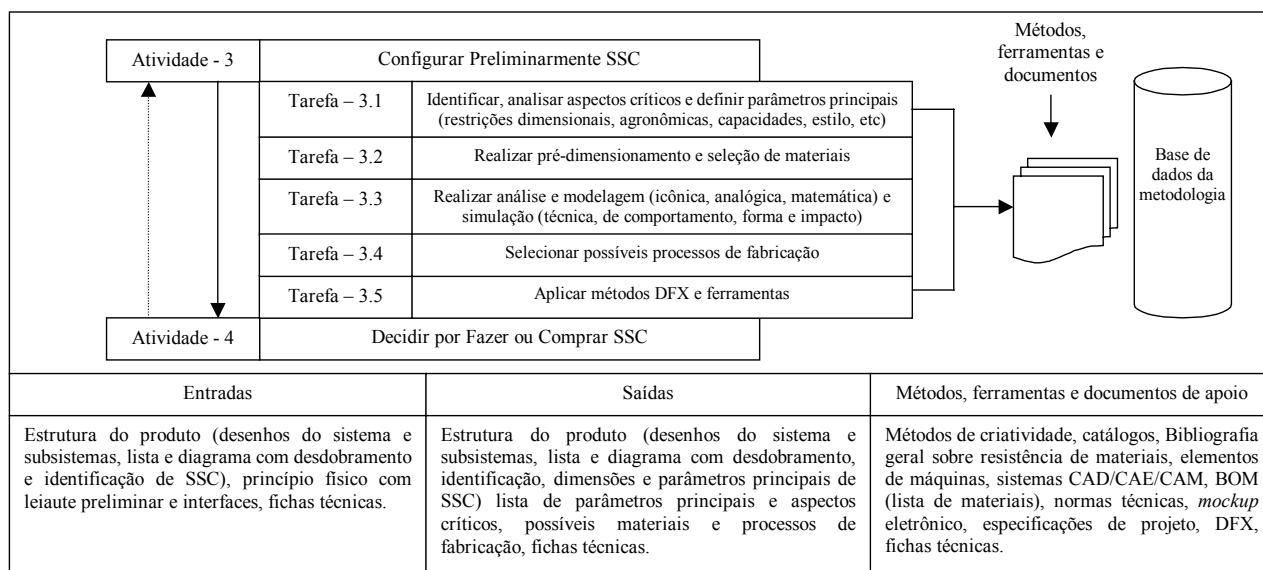


Figura 3.5 – Atividade de Configurar Preliminarmente SSCs.

#### Atividade 4 – Decidir por Fazer ou Comprar SSC

Esta atividade tem sua representação na figura 3.6 e por objetivo decidir pela viabilidade de desenvolver e produzir ou comprar SSCs do produto. Aqui são levantados custos, tempo, capacidades e competências para o desenvolvimento ou fornecimento de SSC. Da mesma forma, deve ser estimado o custo de desenvolvimento e produção para a empresa visando potenciais negociações que deverão garantir um resultado efetivo para a tarefa de tomada de decisão.

Assim, cabe decidir, frente às informações levantadas, qual situação é mais vantajosa para desenvolver e produzir ou comprar os SSCs de terceiros. Tendo decidido entre desenvolver, produzir ou comprar partes, são então acertados contratos com fornecedores e posteriormente produzida a documentação com especificações necessárias e referentes ao que será feito ou comprado, para o posterior encaminhamento aos responsáveis pela negociação, bem como aos contratados. A finalização desta atividade ocorre quando são certificadas as

amostras das partes compradas, ou seja, quando as exigências e especificações de qualidade para o produto foram atingidas. Com isto ocorre a homologação do(s) fornecedor(es) e suas responsabilidades.

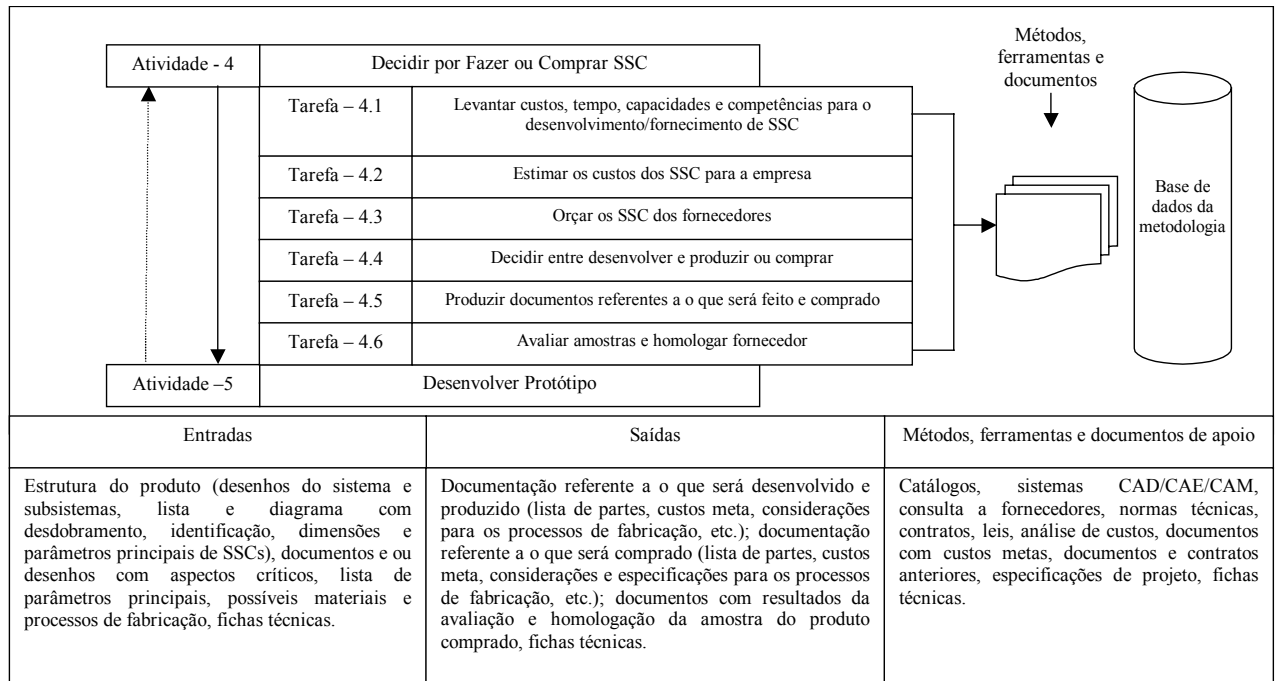


Figura 3.6 - Atividade de Decidir por Fazer ou Comprar SSCs.

### Atividade 5 – Desenvolver Protótipo

Esta atividade está ligada ao fato de que muitas vezes não é possível prever o comportamento funcional do produto e, sendo assim, se faz necessária a construção de um protótipo para testar o funcionamento, verificando a adequação das soluções empregadas. A atividade de desenvolvimento do protótipo representada na figura 3.8 pode ser iniciada em paralelo com atividades anteriores, dependendo da finalidade e possibilidade, ficando a critério da equipe ou gerente de projeto seu controle e gerenciamento. A atividade também pode envolver as técnicas de prototipagem rápida que podem ser utilizadas nesse momento do desenvolvimento.

Aqui primeiramente é planejada a fabricação do protótipo, visando garantir o suporte necessário quanto às informações e especificações das partes para a sua fabricação. Da mesma forma, na próxima tarefa, são planejados os testes para o produto, definindo tipo, duração, recursos, implicações quanto à simplificação na fabricação e funcionamento (necessidade de todas as partes para funcionamento), acompanhamento e registros, visando à realização de testes efetivos e dentro de todos os fatores e parâmetros previstos para o controle.

Posteriormente ao planejamento, o protótipo é fabricado dentro das considerações especificadas tendo o acompanhamento para identificação de possíveis problemas e simplificações com relação a produto e processo. A tarefa seguinte visa à execução e avaliação dos testes planejados, seguindo a programação e procedendo-se os registros dos resultados para, posteriormente, serem definidas ações corretivas. Durante os testes, as modificações deverão ser registradas e verificadas quanto à possibilidade no projeto. Na tarefa de definição de ações corretivas, é gerado um documento ou relatório contendo esses resultados, bem como as devidas atualizações necessárias e que servirão para a fase de projeto detalhado.

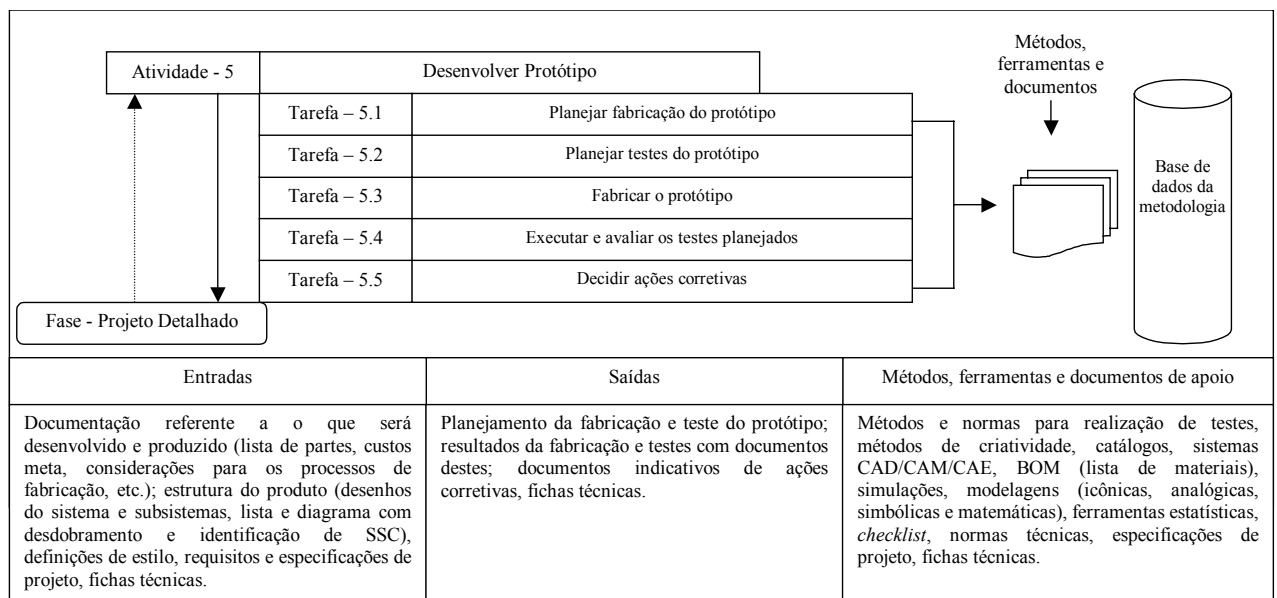


Figura 3.7 – Atividade de Desenvolvimento do Protótipo

### 3.4 Sistematização da fase de Projeto Detalhado

Como na fase anterior, aqui é apresentado o desdobramento da fase de Projeto Detalhado, bem como de suas atividades e tarefas. Uma representação geral é primeiramente apresentada na figura 3.8, onde se pode verificar, em conjunto, o conteúdo de informações desta fase.

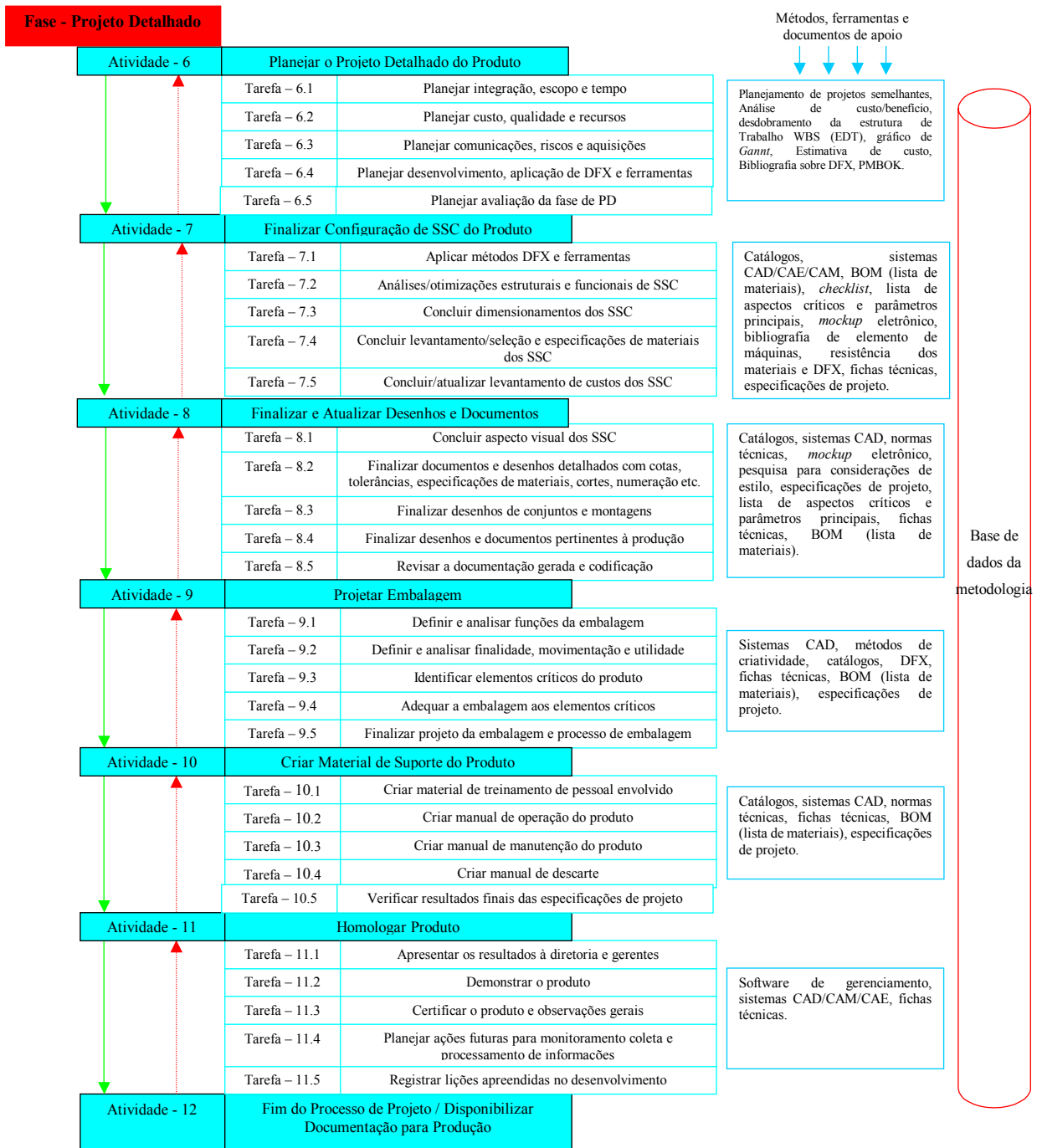


Figura 3.8 - Representação da sistematização do Projeto Detalhado.

O início desta fase compreende a utilização das informações vindas da fase de projeto preliminar, como a documentação de dimensionamento, lista de aspectos críticos e parâmetros principais, resultados de modelagens e simulações, lista de especificações de projeto, documentos de planejamento, fichas técnicas do produto, lista de ações corretivas, e outros possíveis documentos pertinentes ao desenvolvimento nesta fase.



O desdobramento da sistematização do projeto detalhado será feito apresentando cada atividade e suas respectivas tarefas de forma individual em uma figura, contendo entradas, saídas, métodos, ferramentas e documentos, conforme a figura 3.9. Antes de cada atividade, será realizada uma breve explicação das mesmas, descrevendo o que compreende suas respectivas tarefas e definições atribuídas.

### **Atividade 6 – Planejar Projeto Detalhado do Produto**

Esta atividade tem por objetivo realizar alguns procedimentos básicos para o gerenciamento e controle da fase de projeto detalhado. A maior parte das informações nesse planejamento podem estar estabelecidas, sendo assim o momento de atualizá-las e revisá-las, conforme as tarefas da figura 3.9.

Aqui são planejados o escopo, as tarefas necessárias ao gerenciamento e controle da fase, é feita uma análise de risco do desenvolvimento, definidas estratégias de comunicação entre a equipe e outras necessárias, bem como os custos, qualidade e recursos de que o desenvolvimento do projeto detalhado necessita. Informações detalhadas dessas questões podem ser encontradas no PMBOK (2000). Também é considerada, nessa fase, a pesquisa e definição do uso de DFX, tendo em vista os recursos disponíveis e necessidades quanto à aplicação, desenvolvimento e conhecimento a respeito dos mesmos. Por fim, tem-se uma tarefa de planejamento da avaliação da fase, na qual deverão ser verificadas as formas de controle e avaliação do andamento do projeto e desempenho da equipe.

Quanto às entradas dessa atividade, podem ser utilizadas algumas definições ou documentos vindos de um planejamento anterior, como informações do plano estratégico da empresa, metas definidas, informações do Projeto Preliminar, etc. Para as saídas, tem-se um planejamento de todos os aspectos envolvidos no projeto detalhado onde, sugere-se, que seja efetuado com base em cada atividade da fase.

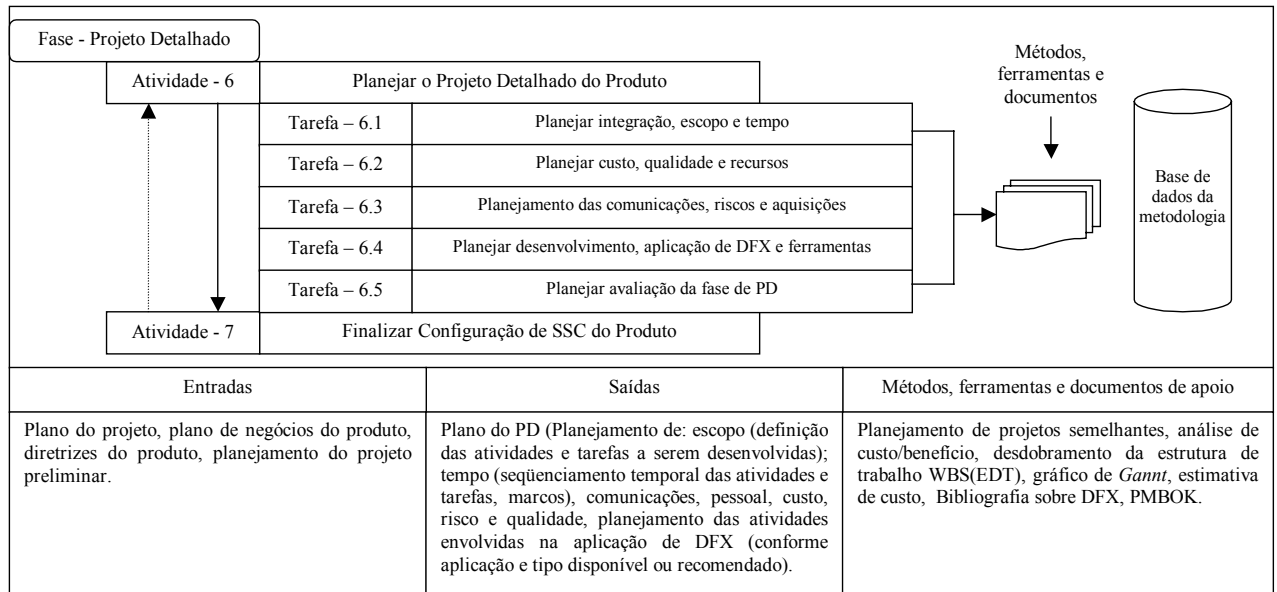


Figura 3.9 - Atividade de definição do plano de projeto detalhado do produto.

### Atividade 7 – Finalizar Configuração de SSC do Produto

Conforme o nome destaca, esta atividade tem por finalidade definir a configuração final do produto, de acordo com a figura 3.10. A primeira tarefa envolve a aplicação de métodos DFX e ferramentas, sendo este um local propício para aplicação, pois têm-se os resultados de testes e todas as finalizações serão feitas nas tarefas posteriores e, envolvem materiais, custos e o uso. Para isso, tem-se o planejamento prévio dos procedimentos dessa aplicação, feito na atividade 6, sendo esses realizados em função do método e as características envolvidas.

A tarefa de análise e ou otimizações estruturais e funcionais de SSCs tem por objetivo concluir quaisquer questões levantadas nesse sentido, como, por exemplo, a otimização de algumas dimensões de determinado componente que irá melhorar o funcionamento do produto, bem como alterações necessárias constantes na lista de ações corretivas e dos resultados dos testes do protótipo ou SSC. Também são dedicadas tarefas para a conclusão dos dimensionamentos, levantamento final ou seleção e especificações de materiais dos SSCs, utilizando as fichas técnicas como repositório de informações.

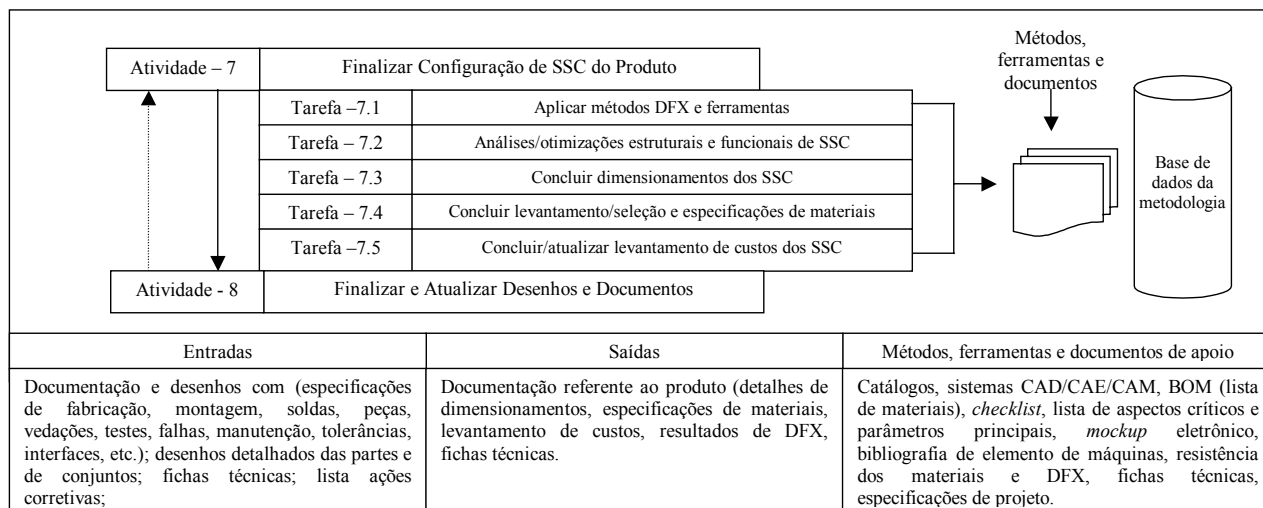


Figura 3.10 – Atividade de Configuração final de SSC do Produto.

### Atividade 8 – Finalizar e Atualizar Desenhos e Documentos

Esta atividade, representada em detalhe na figura 3.11, tem como objetivo principal finalizar desenhos e documentos em geral que envolvem o projeto do produto. Os SSCs do produto, nesse nível do desenvolvimento, já estão provavelmente bem detalhados, até mesmo porque, na atividade anterior, tem-se uma grande interatividade e simultaneidade com essa atividade.

De qualquer forma, primeiramente é realizada a tarefa de conclusão de aspectos visuais do produto, envolvendo acabamentos em partes expostas, cores, carenagens, e outras considerações e necessidades relacionadas à aparência do produto. Após isso, são então finalizados documentos e desenhos de forma detalhada, com especificações de cotas, tolerâncias, materiais, numerações para disposição no sistema, materiais e suas características, entre outros.

A próxima tarefa compreende a conclusão de desenhos de conjuntos dos SSC, bem como desenhos envolvendo características de montagem. Uma tarefa também é dedicada à finalização da documentação e desenhos pertinentes à produção e que, posteriormente, serão disponibilizados para essa área. A tarefa anterior pode expressar uma redundância nessa atividade, porém nem toda a documentação gerada no projeto é encaminhada à produção, sendo tal tarefa responsável por essa função.

Por fim, devido ao caráter de finalização dessa atividade, uma tarefa de verificação da documentação e desenhos deverá ser realizada, pois esses são compostos de detalhes e especificações que necessitam estar completos em suas informações para as atividades posteriores. Também se destaca nessa tarefa, a questão da codificação dos desenhos e seu

cadastro no sistema utilizado pela empresa e que conseqüentemente será utilizado pelo PCP, manufatura, almoxarifado, etc.

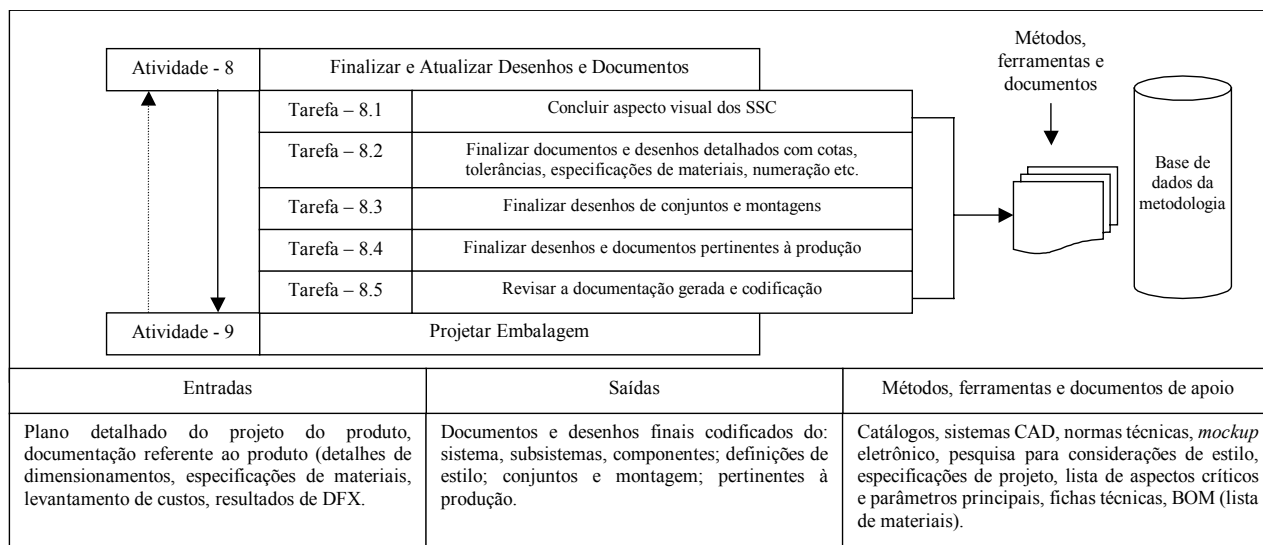


Figura 3.11 – Atividade de finalização e atualização de desenhos e documentos do produto.

### Atividade 9 – Projetar Embalagem

Conforme representação na figura 3.12, esta atividade envolve tarefas básicas ao projeto de embalagens, segundo ROMANO (1996). Esse assunto geralmente não é devidamente abordado em metodologias e até mesmo em projetos nas empresas, mas assume significativa importância ao se verificar que qualquer produto é transportado, armazenado e comercializado em embalagens.

Dessa forma, a primeira tarefa, nessa atividade, aborda a análise e definição da finalidade da embalagem, envolvendo classificações como: embalagem de consumo, embalagem expositora, embalagem de distribuição física, embalagem de transporte e exportação, embalagem industrial ou de movimentação e embalagem de armazenagem. Tendo sido feita a classificação, são então definidas e analisadas a movimentação requerida (manual ou mecanicamente), e a utilidade da embalagem, compreendendo embalagens retornáveis ou não retornáveis.

A tarefa seguinte aborda a análise das funções da embalagem para definição das suas características. Com relação às funções, as embalagens podem ser de contenção, proteção, comunicação e interação com o que com elas está em contato. Já, dentre as características das embalagens, pode-se destacar: preço, apresentação, resistência, materiais de fabricação, etc, cuja análise fornece informações importantes para as tarefas posteriores.

Assim, na próxima tarefa, são identificados elementos críticos do produto com relação à embalagem, visando posteriormente à adequação entre eles. Para exemplificar os elementos críticos, podem-se citar: partes móveis, sensíveis, restrições de posição, e outros. Todas essas tarefas são caracterizadas pelo desenvolvimento contínuo, bem como pela realização de desenhos e outros procedimentos durante o andamento da atividade, após isto têm-se os dados necessários para completar o projeto da embalagem e o seu processo.

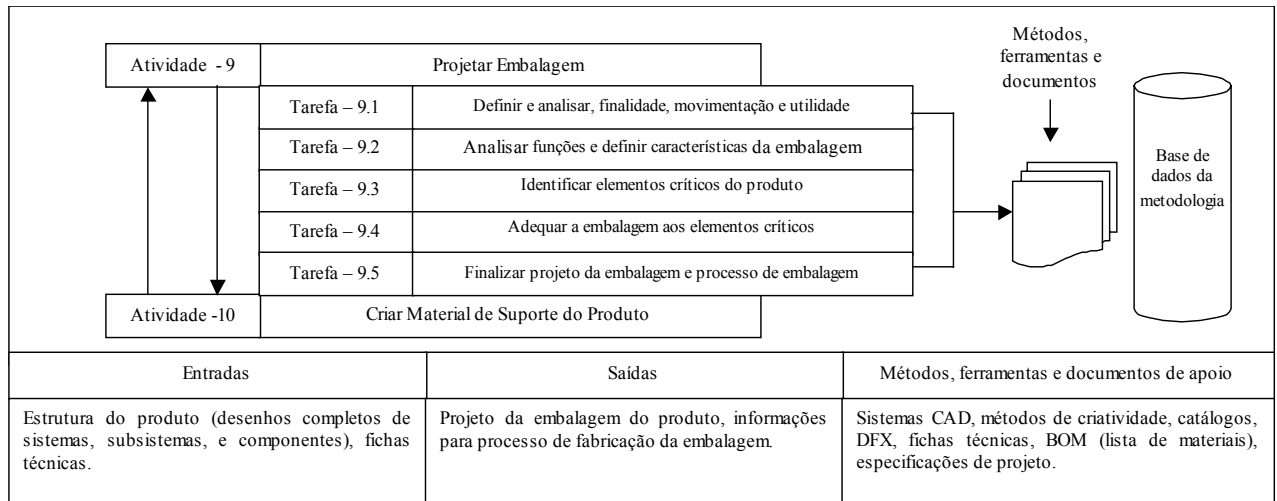


Figura 3.12 – Atividade de projeto da embalagem do produto.

### Atividade 10 – Criar Material de Suporte do Produto

Esta atividade tem desdobramento na figura 3.13 e visa criar o material que servirá de suporte para o produto. A primeira tarefa envolve a geração do material de treinamento de pessoal na instalação, transporte, assistência técnica e outras eventuais atividades que envolvam o aprendizado com relação ao produto. É gerado também o manual específico para a operação do produto, contendo regulagens, ajustes, capacidades, limites de funcionamento, cuidados a serem tomados, e outros. A tarefa seguinte gera um manual referente a informações orientativas de manutenção do produto e, por fim, o manual com instruções de descarte do mesmo.

Uma tarefa final dessa atividade é realizada visando à verificação dos resultados finais das especificações de projeto. Tais especificações delinearam o desenvolvimento do produto, sendo nessa tarefa, o momento de realizar a verificação quanto ao atendimento das mesmas, apresentando resultados quantitativos.

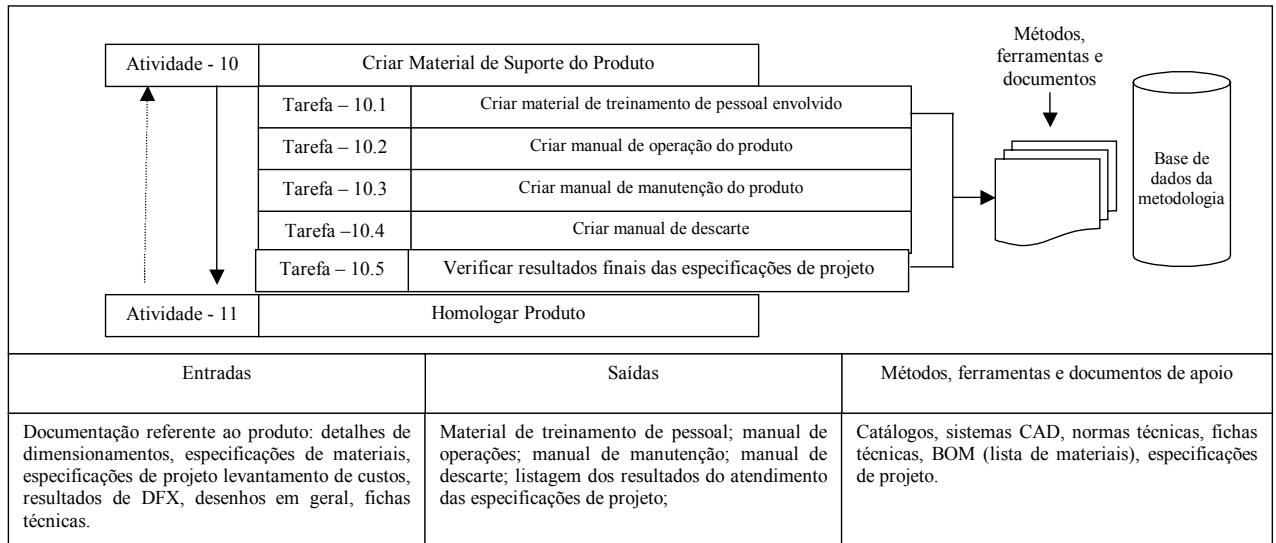


Figura 3.13 - Atividade de criação do material de suporte do produto.

### Atividade 11 – Homologar o Produto

Esta atividade tem sua representação na figura 3.14 e consiste basicamente na apresentação e certificação final dos resultados do processo de projeto aos envolvidos no mesmo. A primeira tarefa refere-se à apresentação dos resultados com base em custos, tempos, e outras especificidades finais a gerentes e diretoria. Posteriormente é apresentado o produto, demonstrando detalhes e características, de forma geral, no modelo físico. Também tem-se uma tarefa para o planejamento das ações futuras, envolvendo o monitoramento, coleta e processamento de informações de mercado com relação ao produto. Por fim, é realizado o registro das lições aprendidas no desenvolvimento e que até então não foram armazenadas.

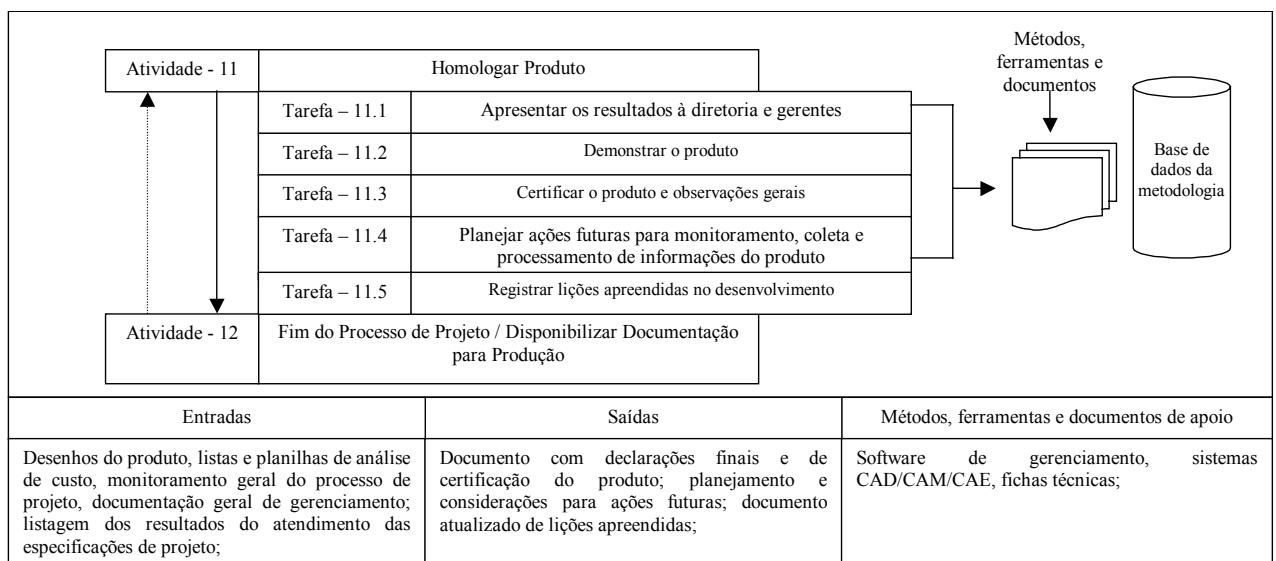


Figura 3.14 – Atividade de homologação do produto.

### **Atividade 12 – Fim do Processo de Projeto / Disponibilizar Documentação para Produção**

A última atividade do processo se apresenta como um marco de finalização, abrangendo a disponibilização e passagem das informações/documentação para a área responsável pelos processos de fabricação. Essa atividade compreende o que CLARK and FUJIMOTO (1991) definem como a confirmação da finalização do projeto. Nela o processo de manufatura estará certo da fabricação do produto, tendo providenciado o ferramental para a sua produção, dando início ao lote piloto e, então, à posterior produção.

### 3.5 Considerações finais da sistematização proposta

Na sistematização proposta concentrou-se todas as características que envolvem as fases de projeto preliminar e detalhado, de maneira que o conhecimento envolvido nestas fases, pode ser estruturado em atividades e tarefas. Desta forma, as informações que em sua maioria envolvem um processo interativo, podem ser acessadas dentro de uma coerência e abordando os detalhes que, às vezes, não são tratados em ambientes que trabalham com desenvolvimento de produtos.

Tais detalhes compreendem: quando aplicar ferramentas (softwares) e métodos; questionamento das formas apropriadas para se aplicar ferramentas e métodos dentro do ambiente de desenvolvimento em que o usuário da sistematização encontra-se, considerando os recursos que o mesmo tem disponível; quais informações são envolvidas no processo atual de desenvolvimento e o que pode ser implementado de novo baseado nesta sistematização; facilitar o ensino de metodologia de projeto, vislumbrando ao aluno, a aplicação dos conhecimentos de engenharia das diferentes áreas envolvidas em um projeto; delinear as fronteiras das fases de projeto preliminar e detalhado. O conteúdo deste trabalho também pode ser verificado em AREND *et al* (2003).

Os Capítulos 4 e 5 deste trabalho apresentam uma aplicação desta sistemática em um caso real de desenvolvimento, onde podem ser verificados detalhes da aplicação das atividades envolvidas em ambas as fases de projeto.

# Capítulo 4

## Estudo de Caso no Projeto Preliminar de um Implemento Agrícola Modular

---

### 4.1 Generalidades

Este capítulo aborda a aplicação da sistemática para a fase de projeto preliminar, proposta no Capítulo 3, no projeto de um implemento agrícola modular, tendo disponíveis as informações do projeto informacional e conceitual advindas do trabalho de MAZETTO (2000). O problema de projeto será detalhado no desenvolver das atividades, mas consiste basicamente em continuar o desenvolvimento de um implemento agrícola modular (nas fases de projeto preliminar e detalhado), cujas funções principais compreendem: semear/adubar solo (com cinzéis ou disco duplo); escarificar solo e sulcar solo.

Os próximos itens seguem o desdobramento da sistemática em atividades com suas respectivas tarefas, realizando, assim, o projeto preliminar do implemento agrícola.

### 4.2 Atividade 1 – Planejar Projeto Preliminar do Produto

Esta é a primeira atividade da sistematização, onde serão abordados os fatores de gerenciamento e controle do projeto, seguindo as principais diretrizes do PMBOK (2000). As tarefas dessa atividade visam fornecer subsídios para que sejam levantados aspectos importantes para a realização de um projeto efetivo, dentro das condições e possibilidades envolvidas.

#### Tarefa 1.1 - Planejar integração, escopo e tempo

Esta tarefa está dividida em três questões importantes, interligadas de maneira a serem planejadas em conjunto. A integração do projeto refere-se ao desenvolvimento de um plano de projeto, a sua execução e ao controle geral de mudanças.



O projeto será integrado em torno do gerenciamento das informações, de maneira a conciliar todos os aspectos envolvidos e documentá-los para apresentação e representação formal. Desta forma, as três questões envolvidas, integração, escopo e tempo do projeto preliminar, serão expressas em função do planejamento das atividades, utilizando-se o software, que fornece ferramentas para inserção do fator tempo e outros que serão posteriormente planejados.

Conforme apresentado na figura 4.1, verifica-se um paralelismo entre a realização das atividades, onde, em um primeiro momento, foram planejadas antecipadamente a interação e participação de uma empresa no desenvolvimento do projeto. A participação da empresa teve início com a apresentação dos conceitos envolvidos no implemento modular, em que foram sugeridos e discutidos fatores envolvidos no implemento agrícola, para então serem iniciados os trabalhos. Assim, as atividades 1, 2, e 3 foram desenvolvidas tendo em vista a discussão prévia com os representantes da empresa. Já, para o restante das atividades, houve a interação direta entre os membros da equipe de projeto responsável pela sua realização.

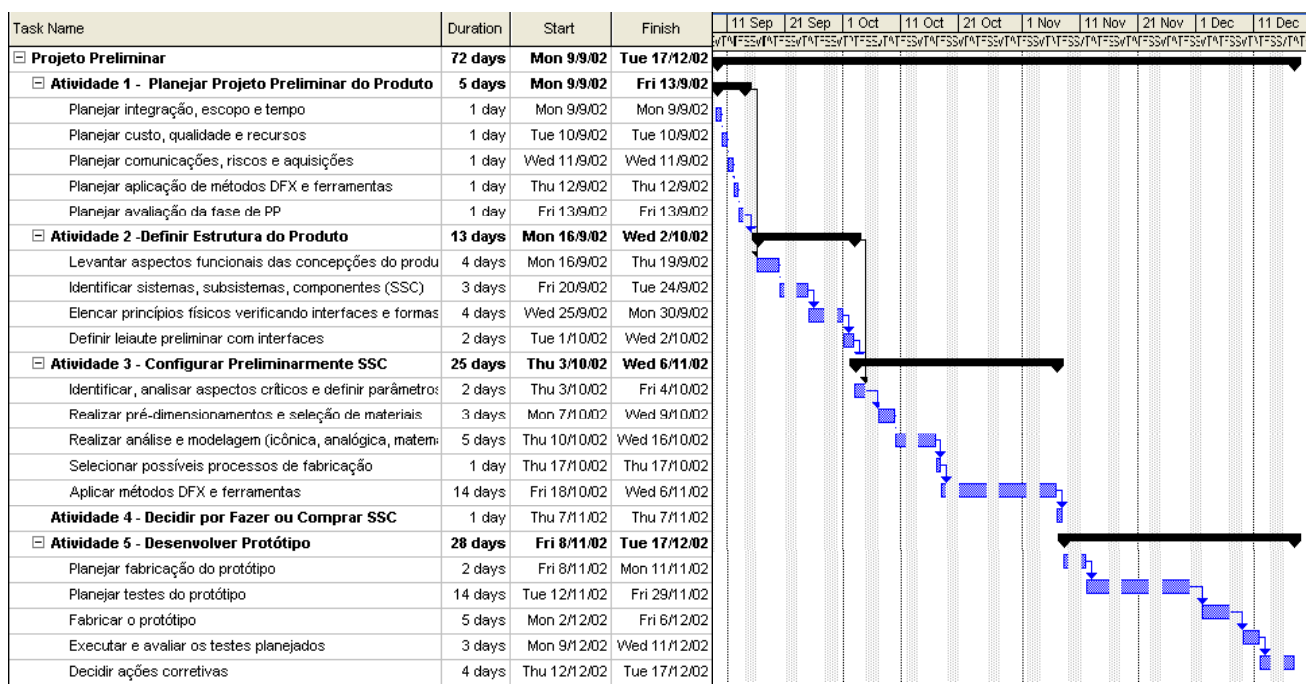


Figura 4.1 - Planejamento da integração, escopo e tempo do projeto.

Tarefa 1.2 - Planejar o custo, qualidade e recursos

Quanto à gerência do custo, estão listados, na tabela 4.1, os recursos envolvidos no projeto preliminar. O planejamento dos custos não serão apresentados e, o planejamento da qualidade do projeto compreendeu em um plano de monitoramento constante da realização

das atividades da sistemática, bem como o atendimento do escopo, prazos e as especificações de projeto.

Tabela 4.1 - Planejamento dos custos.

	<b>RECURSOS</b>
Pessoas	Eng. Mecânico (mestrando), Eng. Agrônomo EPAGRI, Eng. Mecânico (empresa), Bolsista (NeDIP), Orientador, Co-orientador, Técnico (NeDIP), Agricultor e especialista (empresa), Colaboradores envolvidos na empresa.
Equipamentos	Computador, Software, Impressora, Ploter, Máq. Fotográfica.
Materiais	Folhas, Cartucho, Xerox, Disquetes, Trena –30m, Prancheta, Perfilômetro.
Despesas	Diárias, Hotel/dias, Passagens, Telefone, Análise de solo, Análise da palha.

### Tarefa 1.3 - Planejar as comunicações, riscos e aquisições

Durante utilização da sistematização, a equipe cuja formação é apresentada na tabela 4.1, é a envolvida nas tomadas de decisões e análises referentes ao desenvolvimento e realização das atividades e, portanto nas comunicações do projeto. O esquema de comunicações foi planejado de forma a permitir, aos envolvidos no projeto, a comunicação a qualquer tempo, sobretudo entre os envolvidos no NeDIP em Florianópolis e os envolvidos na empresa, no município de Dona Emma, principalmente no tocante às atividades 1, 2 e 3. Outro aspecto importante foi a permanência do mestrando nas instalações da empresa quando da realização das atividades 3 e 5, sendo, portanto, feita a troca de informações nos dois momentos, por meio de e-mail, telefone e via Internet por arquivos “ftp”.

Os riscos do projeto foram listados na tabela 4.2, sendo os principais, que, de alguma forma poderão comprometer o desenvolvimento do produto, identificados em cada atividade do projeto preliminar. Da mesma maneira, são mostradas saídas indesejáveis e identificadas algumas respostas para combater e obter soluções para as situações levantadas. Este levantamento foi feito por meio de uma análise seqüencial para cada atividade.

Tabela 4.2 - Riscos da fase de projeto preliminar.

Atividades do PP	Riscos	Saídas Indesejadas	Resposta aos Riscos
Atividade 1	Não realização das atividades planejadas	Contornar o problema de maneira intuitiva sem planejamento e verificar o que está acontecendo	Rever o planejamento e identificar potenciais causas do não cumprimento do planejado (problemas de planejamento ou desvio do cronograma).
	Não cumprimento do escopo previsto	Continuar o desenvolvimento da forma que for possível	Verificar que atividades estão sendo influenciadas e porque, atuando imediatamente na resolução do problema.

	Surgimento, necessidade e realização de questões não planejadas	Realizá-las sem analisar a influência em outras questões e a sua real necessidade	Analisar criticamente a necessidade destas, em função da interação com outras, verificando a influência no escopo do projeto. Caso sejam realmente necessárias, documentar todas as providências tomadas, comunicando à equipe.
	Alteração na equipe de projeto (saída ou entrada de colaboradores)	Delegar funções de imediato	Realizar reunião integrando todos os colaboradores do projeto, explicando o ocorrido e a influência nas tarefas de cada um. Tomar providências para que isso não afete o andamento do projeto.
Atividade 2	Problemas no desdobramento da estrutura do produto	Aceitar soluções sem análise prévia	Certificar-se de que as soluções adotadas para a arquitetura sejam coerentes com os requisitos e especificações do projeto
	Apenas um princípio físico é gerado	Utilizar o princípio gerado como melhor solução	Utilizar métodos de criatividade visando gerar mais soluções para o problema.
Atividade 3	Incertezas sobre os aspectos críticos do produto e parâmetros	Considerar aspectos e parâmetros duvidosos	Estar ciente da procedência dos aspectos e parâmetros, quanto ao seu caráter quantitativo ou qualitativo, para que sejam considerados de forma coerente no desenvolvimento.
	Modelagens e simulações dificultadas por falta de material ou outro	Efetuar modelagem e simulação mesmo assim e sem critérios	Realizar modelagem e simulação tendo materiais, etc, coerentes com a realidade, caso contrário não efetuá-los, pois os resultados não refletirão a realidade.
Atividade 4	Não cumprimento de prazos pelo fornecedor.	Parar o desenvolvimento.	Tomar providências para que o desenvolvimento do projeto não pare. Substituir componente por similar, etc.
Atividade 5	Atraso no desenvolvimento do protótipo	Continuar desenvolvimento sem tomar providências para cumprir metas anteriores.	Procurar viabilizar o desenvolvimento dentro dos prazos e metas estimadas. Identificar pontos que possam ser adiantados sem comprometer atividades atuais e futuras.
	Problemas na fabricação de algum sistema, subsistema ou componente (SSC).	Contornar o problema de maneira informal e sem a análise da equipe.	Analisar o problema e propor diferentes maneiras de resolvê-lo, para certificar-se de que a decisão a ser tomada atende a necessidade.
	Falta de equipamento e material adequado para realizar testes.	Realizá-los de forma inadequada, fora dos parâmetros exigidos.	Procurar meios para atender os testes dentro dos parâmetros, caso contrário descartar a amostra em que ocorreram esses problemas, se os resultados foram afetados.
	Falta de área adequada para execução dos testes.	Realiza-los assim mesmo, comprometendo-os.	Procurar em outras regiões do estado e/ou fora do estado de Santa Catarina.
	Falha de algum SSC durante os testes.	Parar testes ou realizá-los de forma inadequada.	Levar todas as ferramentas necessária para uma eventual manutenção do implemento. Certificar-se de que o problema não compromete o teste, documentando todos os acontecimentos e fatores envolvidos.

#### Tarefa 1.4 - Planejar desenvolvimento, aplicação de DFX e ferramentas

O planejamento do desenvolvimento e aplicação de DFX e ferramentas refere-se a alguns fatores que devem ser identificados inicialmente, como: a equipe tem conhecimento sobre DFX; qual DFX está disponível; forma disponível (manual, método, software, etc.);

necessidade de desenvolver algum DFX, bem como treinar a equipe na sua utilização e adaptação ao trabalho com os mesmos.

Para o presente projeto, têm-se disponíveis os métodos DFM, DFA (Apêndice A) e a possibilidade de aplicação do FMEA. O DFA será primeiramente aplicado, sendo necessário um tempo para um treinamento quanto ao funcionamento do software. Para o DFM, seus procedimentos serão utilizados em conjunto com a empresa. Para o FMEA, foram aplicados os procedimentos com base na literatura sobre o assunto, juntamente com a equipe. Portanto, serão utilizados esses métodos na atividade 3 do projeto preliminar.

#### Tarefa 1.5 – Planejamento da avaliação da fase de PP

Esta tarefa é tema de estudo e pesquisa, conforme apresentado no Capítulo 3, item 3.2.1 (diretriz 4). Sendo assim, serão despendidos esforços no sentido de se verificarem os resultados obtidos por meio de *checklists* em cada atividade, controlando, da mesma forma, o desenvolvimento global da fase.

### 4.3 Atividade 2 – Definir Estrutura do Produto

Na segunda atividade da sistematização, basicamente são verificadas as concepções do produto, identificados os sistemas, subsistemas e componentes, elencados princípios físicos, interfaces e formas para atender SSC funcionalmente e, por fim, definido o leiaute preliminar e interfaces.

A seguir estão detalhadas essas tarefas, de acordo com as necessidades e características envolvidas em cada uma.

#### Tarefa 2.1 – Levantar aspectos funcionais das concepções do produto

O presente item tem por objetivo caracterizar as fases de projeto informacional e conceitual do implemento agrícola. Nesta tarefa serão abordadas as informações provenientes da dissertação de MAZETTO (2000), onde serão apresentadas, também, as definições do sistema modular (implemento agrícola) baseado nas funções globais do mesmo, até a formulação das variantes de tal sistema. Posteriormente, apresentam-se as especificações de projeto e os princípios de soluções (concepções) selecionados para atender as variantes do sistema modular.

### Função global do sistema modular

A finalidade do sistema modular é auxiliar o pequeno agricultor, para que possa realizar as atividades necessárias para trabalhar o solo, segundo o sistema conservacionista de cultivo.

Como base para a definição da Função Global do sistema modular foram utilizadas as seguintes informações: as interpretações técnicas das Funções Globais dos implementos, e os desejos e necessidades dos clientes e usuários do sistema modular.

O sistema modular, que será finalizado com o projeto preliminar e detalhado, tem origem em quatro implementos, previamente selecionados e estudados por MAZETTO (2000). No estudo desses implementos, foram identificadas quatro Funções Globais que devem ser atendidas pelo sistema modular, conforme figuras 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5. Essas funções são:

- Escarificar o solo, visando a sua descompactação;
- Semear e adubar o solo em linha, usando cinzéis para o adubo e para semente;
- Semear e adubar o solo em linha, usando cinzel para adubo e disco duplo para semente, e
- Sulcar o solo para plantio de mudas.



Figura 4.2 - Escarificador com disco de corte. WEISS (1998).



Figura 4.3 - Sulcador com disco de corte. WEISS (1998).



Figura 4.4 - Semeadora adubadora com duplo cinzel. WEISS (1998).



Figura 4.5 - Semeadora adubadora com cinzel para adubo e disco duplo para a semente. WEISS (1998).

Em primeira análise, poderia ser dito que o sistema modular terá quatro Variantes da Função Global, porém uma particularidade deve ser ressaltada: os implementos 2 e 3 podem ser representados pela mesma estrutura funcional. Essa particularidade permitiu uma simplificação nos trabalhos. Desta forma, a Variante 2 da Função Global do sistema modular atenderá a duas das funções globais que são, respectivamente, as Funções Globais dos implementos 2 e 3. Portanto, o sistema deverá realizar as seguintes operações, denominadas variantes da função global, conforme descrito abaixo e apresentado na figura 4.6:

- Variante 1 - Escarificar o solo;
- Variante 2 - Semear e adubar o solo em linha, utilizando cinzéis para o adubo e semente, ou cinzel para adubo e disco duplo para semente; e
- Variante 3 - Sulcar o solo;

Os implementos foram concebidos de tal forma que cada um deles possa ser operável por um único homem, e o sistema deve, para cada operação, corresponder, em desempenho, aos implementos estudados anteriormente, e que deram origem ao sistema modular.

As especificações de projeto no Anexo A, as concepções eleitas ou os princípios de soluções empregados em cada módulo do implemento agrícola, que estão apresentados no Anexo B, foram definidas na fase de projeto informacional, segundo MAZETTO (2000).

Os módulos resultantes do desdobramento funcional e, portanto, as concepções do produto ou do implemento que estão no Anexo B, foram classificados como básicos e especiais. Para os módulos básicos, existe a necessidade de total desenvolvimento de seus subsistemas e componentes. Já para os módulos especiais, existe a disponibilidade de utilizar

componentes similares, desenvolvidos e encontrados no mercado, sendo necessário adequá-los (interface) ao implemento agrícola, o que justifica a sua classificação.

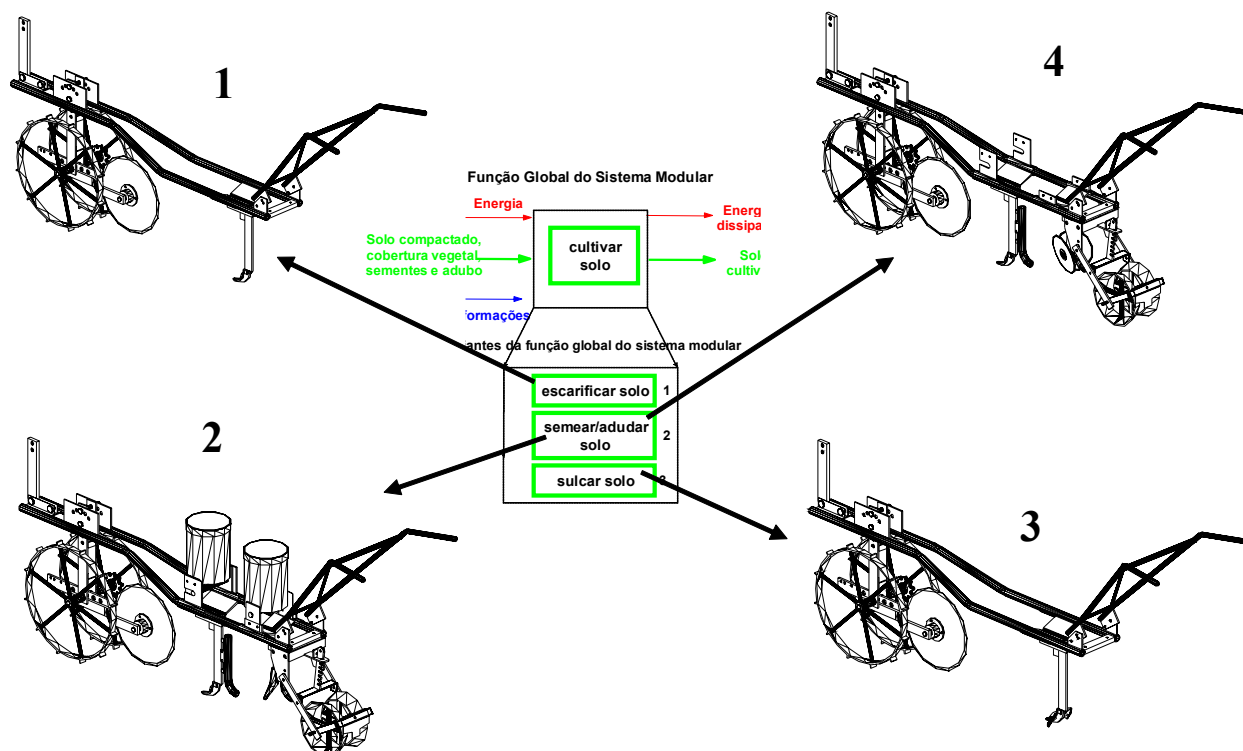


Figura 4.6 – Variantes do sistema modular desenvolvido. MAZETTO (2000).

### Nomenclatura adotada para identificar os módulos

Tendo como base o Anexo B, verifica-se que, para cada módulo construtivo, tem-se um nome adotado como, por exemplo, (MC02) “módulo construtivo 02”. Para melhor entender o que é o módulo, faz-se necessário identificar as funções que realiza. Visando facilitar a interação e posterior detalhamento dos módulos, será aqui empregado um nome acompanhado da mesma sigla correspondente ao módulo. Assim, para nomear os módulos, utilizou-se a terminologia apresentada por PORTELLA (2001) segundo ABNT, conforme mostrada na tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Definição dos nomes para os módulos.

MÓDULOS BÁSICOS		
SIGLA	FUNÇÕES	NOME ADOTADO
MC 02	- Ajustar momento - Fixar tração	Engate de tração MC 02
MC 03	- Posicionar haste - Dar mobilidade - Cortar palhada - Captar potência	Rodas motoras e disco de corte MC 03

MC 04	- Captar força humana - Auxiliar manobras	Rabiça MC 04
<b>MÓDULOS ESPECIAIS</b>		
MC 01	- Romper solo	Escarificador MC 01
MC 05	- Compactar solo - Posicionar roda compactadora	Roda compactadora MC 05
MC 06	- Dosar adubo - Interromper dosagem	Dosador e reservatório de adubo MC 06
MC 07	- Dosar sementes	Dosador e reservatório de sementes MC 07
MC 08	- Depositar adubo	Cinzel de adubo MC 08
MC 09	- Depositar sementes	Cinzel de sementes MC 09
MC 10	- Depositar sementes	Disco duplo MC 10
MC 11	- Abrir sulco	Sulcador MC 11
<b>MÓDULO AUXILIAR</b>		
MC 12	- Dar suporte aos módulos	Chassi MC 12

#### Tarefa 2.2 – Identificar sistemas, subsistemas e componentes (SSC)

Nesta tarefa são identificados os SSC e, para isso, foi criado o diagrama de desdobramento dos SSC em função das variantes da função global. Cada variante foi definida como um sistema em que foram desdobrados os subsistemas e componentes, conforme as figuras do Apêndice B. Observa-se que apenas os subsistemas comerciais foram desdobrados nesse momento, até os níveis de componentes e peças, pois são conhecidos e necessariamente têm funções que devem ser atendidas. Também, não são repetidos nos desdobramentos dos subsistemas do Apêndice B, os que fazem parte de todas as variantes do implemento, como a Rabiça, Engate de Tração, Rodas Motoras e Disco de Corte, e o Chassi.

A presente atividade tem um desdobramento que auxilia a tarefa posterior, pois no próprio desdobramento já são verificados alguns princípios, formas e interfaces dos SSCs. Sugere-se a utilização das fichas técnicas para os subsistemas, as quais servirão como documentos, contendo as informações atualizadas de maneira consecutiva no desenvolvimento e realização das atividades, conforme apresentado no Apêndice D.

#### Tarefa 2.3 – Elencar princípios físicos verificando interfaces e formas para atender SSC funcionalmente

Como o principal objetivo desta tarefa é direcionar o raciocínio do engenheiro, projetista ou equipe para uma visão do funcionamento físico de SSC, faz-se então com que sejam geradas soluções para as partes identificadas na tarefa anterior. Dessa forma, serão



apresentados, no Apêndice C, os princípios gerados na forma de fluxogramas para os sistemas encarregados das operações de escarificar, sulcar, semear e adubar solo.

Observa-se que os subsistemas estão representados pelo contorno de linhas pontilhadas e os componentes são representados pelos retângulos nomeados, obedecendo à seqüência de interfaces do implemento (um componente preso ao outro), identificando interfaces como, por exemplo, de fixação, transmissão, etc. Com um fluxograma inicialmente gerado, foi possível estabelecer os arranjos para cada SSC, a fim de definir um leiaute preliminar na tarefa seguinte.

#### Tarefa 2.4 – Definir leiaute preliminar e interfaces

Nesta tarefa são definidos os leiautes preliminares e interfaces dos três sistemas (variantes da função global), representados por meio de desenhos. Após análise, foram estabelecidas as características de cada subsistema, com auxílio do fluxograma dos SSC (Apêndice C), definindo-se preliminarmente as posições e dimensões principais, identificando as interfaces e necessidades dos mesmos, conforme desenhos da figura 4.7.

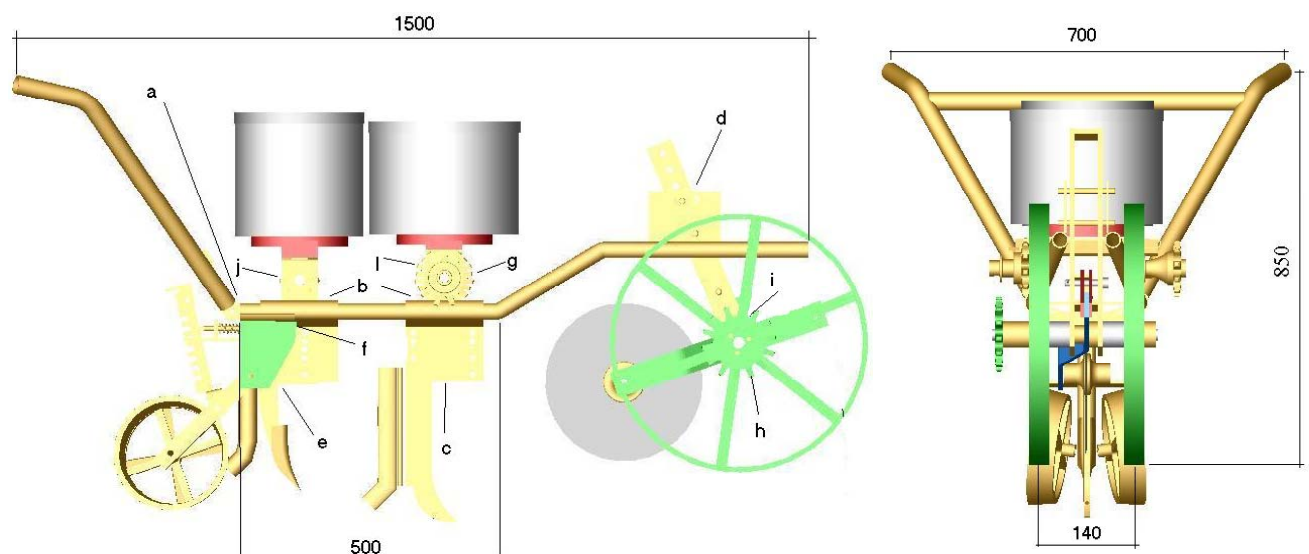


Figura 4.7 - Desenho representativo com dimensões principais e identificação das interfaces do sistema semear/adubar solo.

Para as interfaces identificadas no sistema semear/adubar solo, apresenta-se a descrição seguinte, de acordo com as letras mostradas na figura 4.7. Para os sistemas escarificar e sulcar solo não serão apresentadas as descrições das interfaces, pois o que as difere do sistema semear/ adubar solo, é a retirada dos subsistemas dosadores, sendo também

substituídos os cinzeis pelo subsistema sulcador ou escarificador com as mesmas interfaces dos cinzeis.

- “a”: interface entre os subsistemas chassi e rabiça, sendo necessária a característica de possibilitar a mobilidade para regulagem de altura da rabiça;
- “b”: interface entre os subsistemas cinzel de adubo e o chassi, cinzel de semente e o chassi, necessitando, em ambos os casos, de fixação dos cinzeis ao chassi por meio de uma união desmontável que possibilite a troca dos subsistemas;
- “c” e “e”: interface (preliminarmente identificada entre o cinzel e alguma peça que deverá fixar o mesmo ao chassi conforme descrito na interface “b”), que possibilite a regulagem de altura dos subsistemas cinzeis de adubo e sementes, fixando-os ao chassi;
- “d”: interface entre a haste que sustenta o subsistema de rodas motoras e disco de corte com o chassi. O respectivo subsistema necessita de regulagem de altura e deverá conseqüentemente fixar o mesmo ao chassi;
- “f”: interface entre o subsistema rodas compactadoras e o chassi, em que tal interface deverá fixar o subsistema rodas compactadoras ao chassi e possibilitar a sua desmontagem (desmontagem devido ao subsistema rodas compactadoras estar presente apenas no sistema semear/adubar solo);
- “g”: interface da engrenagem acionadora do subsistema dosador de adubo com a corrente conectada a outra engrenagem, que é fixada ao subsistema rodas motoras e disco de corte (este último gera a interface “h”);
- “h”: interface da engrenagem (que é fixada às rodas motoras e que, conseqüentemente, faz parte do subsistema rodas motoras e disco de corte), com a corrente que irá transmitir o torque à engrenagem (que gerou a interface “g”) acionando, assim, o dosador de adubo;
- “i”: interface entre o eixo que sustenta as rodas motoras, com a barra suporte do disco de corte e com as rodas motoras propriamente ditas. Essa interface deverá permitir que o eixo gire em relação à barra suporte do disco de corte e em relação à haste que sustenta o subsistema rodas motoras.
- “j” e “l”: interface entre a engrenagem do dosador de adubo com a engrenagem do dosador de sementes, por meio de corrente de acionamento.

#### 4.4 Atividade 3 – Configurar Preliminarmente SSC

Esta atividade foi realizada depois de finalizada a atividade anterior, uma vez que, com as informações mais específicas dos sistemas e subsistemas, esses agora podem ser detalhados. São basicamente cinco tarefas a serem executadas nesta atividade: identificação e análise de aspectos críticos do produto, definição de parâmetros principais; realização de pré-dimensionamentos dos SSC; análise e modelagem (icônica, analógica, matemática) e simulação (técnica, de comportamento, forma e impacto); seleção de materiais e possíveis processos de fabricação; e a aplicação de métodos DFX e ferramentas.

Alguns estudos foram necessários para a presente atividade, tais como o estudo ergonômico, onde foram exploradas as posições do operador durante o trabalho com o implemento, estudo dos esforços nos implementos e a análise das melhores posições de tração em função dos esforços atuantes no implemento. Esses estudos foram identificados como parâmetros principais do implemento.

Tarefa 3.1 – Identificar, analisar aspectos críticos e definir parâmetros principais (restrições dimensionais, capacidades, estilo, etc)

Os aspectos críticos do produto a serem listados são as considerações, características, pontos de verificação, etc, que são identificados nesse momento do desenvolvimento e que deverão ser observados quanto ao seu atendimento. Também são listados parâmetros dimensionais principais para o implemento, incluindo o levantamento dos esforços e um estudo ergonômico do mesmo.

##### **Aspectos críticos**

Esses podem ser encarados como necessidades de cada SSC em particular e, para defini-las, realizou-se uma análise de cada SSC, formando uma importante base de dados a respeito do produto. Portanto, nesse momento, para cada subsistema serão expostos os aspectos que foram observados, de acordo com a tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Aspectos críticos do produto.

Subsistemas	Aspectos Críticos Identificados
Engate de tração MC02	<ul style="list-style-type: none"> <li>- posição ideal de tração</li> <li>- posições de regulagem de altura</li> <li>- dimensões</li> <li>- especificações de projeto</li> </ul>
Rodas motoras e disco de corte MC03	<ul style="list-style-type: none"> <li>- influência da declividade do terreno</li> <li>- conteúdo dos componentes comprados (disco de corte)</li> <li>- disco de corte pode ser separado do MC03 para facilitar fabricação</li> <li>- velocidade de operação</li> <li>- esforços do implemento</li> <li>- facilidade de operação</li> <li>- montagem e desmontagem (troca dos módulos)</li> <li>- dimensionamento do elemento de rotação das rodas</li> <li>- conjunto de engrenagens</li> <li>- agarradeiras nas rodas</li> <li>- possibilidade de fazer o engate de tração na haste deste módulo</li> <li>- regulagem da altura da haste</li> <li>- dimensões do eixo</li> <li>- buchas</li> <li>- posição de estiramento da corrente</li> <li>- dimensões entre rodas</li> <li>- rodas com raiados de chapa</li> <li>- aspectos de montagem</li> <li>- necessidade de mecanismo para erguer disco de corte</li> <li>- molas para amortecer impacto do disco de corte</li> <li>- possibilidade de giro lateral do disco</li> <li>- verificação das especificações de projeto</li> </ul>
Rabiça MC 04	<ul style="list-style-type: none"> <li>- considerações ergonômicas (estudo)</li> <li>- a forma da rabiça tem relação com o comprimento do implemento e altura da retirada das ferramentas do implemento do solo</li> <li>- mecanismo deve ser prático para ajuste de altura dos operadores (ver dimensões necessárias)</li> <li>- diâmetro do tubo e espessura necessária</li> <li>- reforços cruzados</li> <li>- comprimento permite operar o implemento sem dificultar operação (pisar na roda compactadora)</li> </ul>
Escarificador MC 01	<ul style="list-style-type: none"> <li>- interface com chassi para que seja prática a montagem e desmontagem</li> <li>- melhor posição no chassi para o trabalho</li> <li>- os esforços, que acarretam essa operação, são atendidos pela estrutura do chassi</li> </ul>
Roda compactadora MC 05	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alteração do conceito da roda compactadora (roda fornece suporte nas manobras, permitindo seu giro na direção do implemento)</li> <li>- sua interface com o chassi é adequada e fácil</li> <li>- realiza sua principal função adequadamente (compactação do solo e fechamento do sulco)</li> </ul>
Dosador e reservatório de adubo MC 06	<ul style="list-style-type: none"> <li>- o que vem neste componente comprado</li> <li>- verificar a interface com chassi</li> <li>- posicionar o mais próximo possível das rodas motora</li> <li>- conjunto de engrenagens motoras e velocidades de acionamento</li> <li>- correntes de acionamento</li> <li>- o torque transmitido é adequado</li> <li>- saída de torque para acionar o dosador de semente</li> <li>- dosagem de adubo correta</li> </ul>
Dosador e reservatório de sementes MC 07	<ul style="list-style-type: none"> <li>- verificar a interface com chassi</li> <li>- o que vem no módulo comprado</li> <li>- posicionar o mais próximo possível das rodas motoras</li> <li>- conjunto de engrenagens motoras e velocidades de acionamento</li> <li>- correntes de acionamento</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- o torque transmitido é adequado</li> <li>- dosagem e espaçamento entre as sementes estão corretos</li> </ul>
Cinzel de adubo MC 08	<ul style="list-style-type: none"> <li>- o que vem no módulo comprado</li> <li>- interface com o chassi</li> <li>- tubo condutor de adubo</li> <li>- saída do tubo condutor curvada para trás</li> <li>- regulagem de altura do cinzel</li> <li>- posicionamento e alcance de profundidade</li> </ul>
Cinzel de sementes MC 09	<ul style="list-style-type: none"> <li>- o que vem no módulo comprado</li> <li>- interface com o chassi</li> <li>- tubo condutor de semente</li> <li>- saída do tubo condutor curvada para trás</li> <li>- regulagem de altura no cinzel</li> <li>- posicionamento e alcance de profundidade</li> </ul>
Disco duplo MC 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- o que vem no módulo comprado</li> <li>- interface com o chassi</li> <li>- tubo condutor de semente</li> <li>- saída do tubo condutor curvada para trás</li> <li>- posicionamento e alcance de profundidade</li> </ul>
Sulcador MC 11	<ul style="list-style-type: none"> <li>- o que vem no módulo comprado</li> <li>- acertar a interface com chassi para que seja prática a montagem e desmontagem</li> <li>- ver melhor posição no chassi para o trabalho</li> <li>- os esforços que acarretam esta operação são atendidos pela estrutura do chassi</li> <li>- posicionamento e alcance de profundidade</li> </ul>
Chassi MC 12	<ul style="list-style-type: none"> <li>- utilizar curvatura para que o centro de gravidade do implemento fique o mais próximo possível do solo (conforme o conceito definido)</li> <li>- utiliza tubo de aço</li> <li>- verificar disposição dos subsistemas no chassi</li> <li>- interfaces com os subsistemas</li> <li>- possibilidade de fabricação (dobradeira)</li> </ul>

Essa tarefa aborda as questões que, de alguma forma, induzem a equipe a uma pesquisa mais detalhada, a respeito de determinados parâmetros envolvidos no implemento agrícola que se está projetando. Desta forma, são realizados alguns estudos em particular para especificar, com mais detalhes, os parâmetros necessários para o entendimento de seu comportamento e futuras configurações.

### **Estudo dos Esforços no Implemento Agrícola**

Esse estudo tem por objetivo mapear os esforços a que o implemento está submetido durante o seu funcionamento. Como o implemento tem uma característica modular e, assim, desempenha as funções nos sistemas semear/adubar (variante 2 da função global), escarificar o solo (variante 1 da função global) e sulcar o solo (variante 3 da função global), serão então verificados os esforços para essas três particularidades.

Baseado em um estudo de DELLAGIUSTINA (1990), onde se encontram resultados de experimentos e testes com máquinas, realizados por pesquisadores como PORTELLA

(1983), RIGHES *et al* (1984), GILL e VANDEN BERG (1968) e BERNACKI *et al* (1972), foram identificados os esforços conforme apresentado no Apêndice E.

### **Estudo Ergonômico do Implemento Agrícola**

Esse estudo tem por objetivo identificar aspectos dimensionais para o posterior dimensionamento de componentes do implemento, visando ao trabalho do operador dentro das especificações ergonômicas. Como a função principal do operador é o manuseio ou a operação do implemento durante o plantio, escarificação ou sulcagem, tais condições serão analisadas. Primeiramente será identificado o problema ergonômico de projeto, para então serem apresentadas as recomendações, finalizando-se com a análise e decisão das melhores possibilidades para atender as necessidades de projeto relacionadas à ergonomia.

### **Biomecânica ocupacional, antropometria e o problema de projeto**

Estas áreas estudam as interações entre o trabalho e o homem, sob o ponto de vista dos movimentos dos músculos-esqueléticos envolvidos, e as suas conseqüências, analisando a questão das posturas corporais no trabalho, a aplicação de forças e também as medidas físicas do corpo humano. Utilizando esses estudos e aplicando-os com o objetivo de projetar o implemento agrícola dentro das características físicas do homem, apresenta-se primeiramente o problema ergonômico de projeto, mais especificamente para o subsistema diretamente envolvido:

- qual a posição ideal e forma do subsistema rabiça (MC04) responsável pela captação da força humana e auxílio das manobras do implemento?

Para responder a essa questão, é necessário identificar outros fatores envolvidos na análise das possibilidades de solução.

#### Fatores relativos ao implemento agrícola:

- profundidade de trabalho do implemento;
- altura necessária de transporte e para execução da manobra (retirando as ferramentas ou subsistemas do implemento do solo);
- dimensões e posições das ferramentas ou subsistemas do implemento para cálculo das relações de altura;
- forças atuantes no implemento agrícola.

#### Fatores relativos ao operador:

- medidas necessárias para atender os diferentes operadores do implemento agrícola;
- posições adequadas para o trabalho;
- esforços envolvidos e despendidos;

Tendo sido identificados os fatores envolvidos, cabe, agora, realizar a análise com base nos dados obtidos de IIDA (1990), SANTOS (198?) *apud* DELLAGIUSTINA (1990) e BACK (1983). Primeiramente, as recomendações quanto à postura de trabalho do operador em pé (posição de operação do implemento agrícola), referem-se às dimensões médias desse, para então atender as posições ideais de esforços e postura, relacionadas à necessidade do equipamento.

- altura média do homem entre 188 a 149,1 cm;
- largura do abdômen entre 43,4 e 14 cm;
- levantamento de carga recomendada a partir de 40 cm do solo;
- empunhadura entre 2 e 4,7 cm;
- esforço de empunhadura (aperto de mão) de 100N a, no máximo, 200N.

Na figura 4.8 tem-se uma representação de estimativas para o comprimento das partes do corpo em pé, em função da estatura  $H$ .

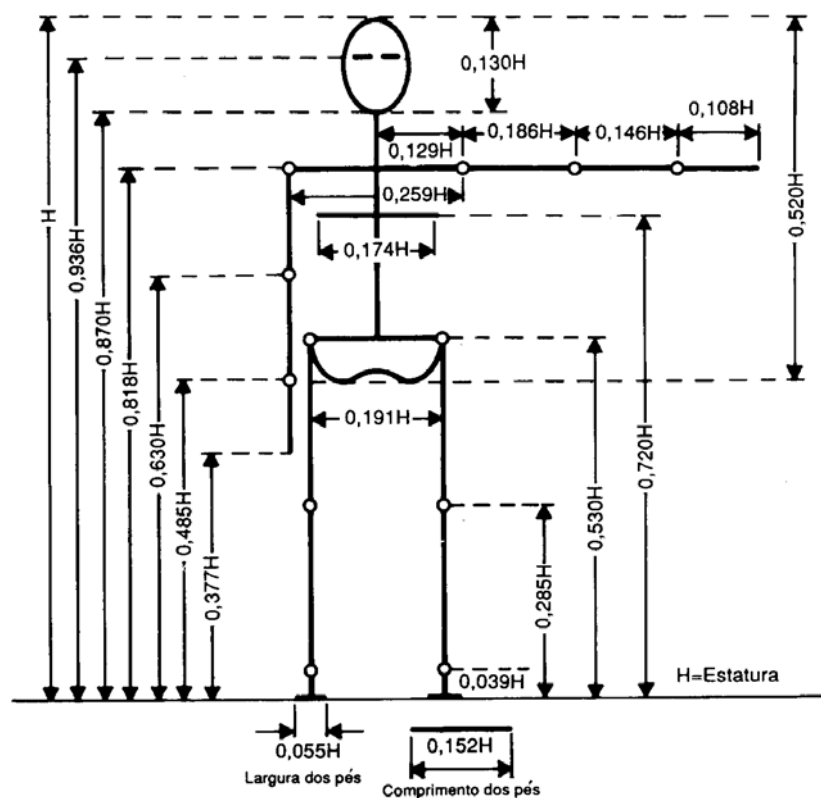


Figura 4.8 - Estimativas de comprimentos de partes do corpo em pé, em função da estatura  $H$ .

CONTINI e DRILLIS (1966) *apud* IIDA (1990).





Parâmetros:

Z = profundidade máxima necessária do disco de corte no solo = 120 mm (soma-se no cálculo mais 100 mm para considerar o curso do disco até sair fora do solo);

Y = distância máxima entre o disco de corte e as rodas = 330 mm;

X = distância máxima entre as rodas e rabiça = 1400 mm;

$\alpha$  = ângulo correspondente ao implemento em posição de manobra;

W = posição ergonomicamente correta para operar o implemento.

Cálculos:

1 – Encontrar o ângulo de inclinação necessário (posição de manobra) do implemento para o disco de corte sair do solo:

- altura Z que disco de corte necessita para manobra = Z + altura acima do solo

Z + 100 mm

- Distância do ponto de giro (rodas) => Y = 330 mm

$$\operatorname{tg} \alpha = (Z + 100) / Y \Rightarrow \alpha = 33,69^\circ \text{ (ângulo necessário)}$$

2 – Valor para W correspondente à altura a que o operador deverá erguer o implemento na rabiça para retirar o disco de corte do solo:

- distância X entre as rodas e a rabiça = 1400 mm

- ângulo do cálculo anterior = 33,69°

$$\operatorname{tg} \alpha = W / X \Rightarrow W = 933 \text{ mm (altura que operador deverá erguer na rabiça)}$$

Tendo como base as considerações ergonômicas da figura 4.8, pode-se calcular as alturas máximas e mínimas necessárias para diferentes operadores:

- alturas médias H = 1880 à 1491 mm

- conforme figura 4.8 altura até a mão = H \* 0,377 então;

- Altura máxima necessária = 700 mm

- Altura mínima necessária = 500 mm

Como o implemento requer em sua pior condição de operação (profundidade máxima de trabalho) que o operador erga 933 mm de altura na extremidade da rabiça, significa que: quando o operador tiver uma altura de 1880 mm ele necessitará erguer a rabiça 233 mm (933-

700) e o disco de corte do implemento estará sem contato com o solo; Já para o operador com 1491 mm de altura, será necessário erguer o implemento 433 mm (933-500), o que acarreta em um movimento demasiado.

Portanto, é necessária uma regulagem para a altura da rabiça em relação ao solo entre 800 e 350 mm (máx. e mín.) atendendo a variações de altura de diferentes operadores. Estes valores serão utilizados para projetar algum componente (nesta atividade ainda não definido) para regulagem da rabiça.

Outros parâmetros também deverão ser levados em conta, como distância entre abdômen, que gera uma distância entre os pontos de empunhadura de 700 mm, força necessária e esforço, que a figura 4.9 apresenta na melhor posição, com valor de 1,2 do peso próprio, altura mínima do solo e com o corpo levemente inclinado para frente durante a operação.

### Tarefa 3.2 - Realizar pré-dimensionamentos e seleção de materiais

Para realizar essa tarefa, destaca-se que todos os subsistemas, que serão pré-dimensionados, utilizarão materiais que, a princípio, não exigem tratamentos especiais e que visam tornar os processos de fabricação simples e condizentes com as possibilidades de uma pequena empresa. Portanto, os materiais utilizados são de uso comum, variando em Aços SAE de baixo carbono, encontrados comercialmente na forma de chapas, barras (chatas, redondas e quadradas) e tubos redondos.

### Tarefa 3.3– Realizar análise e modelagem (icônica, analógica, matemática) e simulação (técnica, de comportamento, forma e impacto)

Nessa tarefa serão feitas as análises, modelagens e simulações do implemento com base nos esforços apresentados no Apêndice E. Os cálculos realizados e os resultados estão apresentados no Apêndice F e compreendem a definição da melhor posição para o engate de tração, sendo que os principais resultados para os três sistemas serão apresentados abaixo.

### **Cálculo da variante 2**

A primeira configuração apresentada é a da variante 2 (semear e adubar solo), para a qual concluiu-se que o engate de tração deve ser deslocado para a frente das rodas de mobilidade do implemento, pois essa condição proporciona o menor esforço para o operador. Quando o implemento está cheio de sementes e adubo ou vazio de ambos, percebe-se que os

resultados permaneceram os menores para a posição frontal e na maior regulagem de altura possível (variáveis  $A_{\min}$  e  $H_{\max}$  do Apêndice F), sendo, portanto, as condições a serem consideradas no projeto.

### Cálculo da variante 1 e 3

Para as variantes 1( sulcar solo) e 3 (escarificar solo), ocorre uma igualdade nas forças exercidas pelas ferramentas de escarificação e de sulcagem, pois o sulcador apresenta uma profundidade de trabalho maior que o escarificador, porém esse último tem uma largura de trabalho maior. Assim, fez-se uma analogia para modelar e simular as duas ferramentas em operação, conforme mostrado no Apêndice F.

Conclui-se, que, para as variantes sulcar e escarificar solo, o engate de tração deve ser deslocado para a frente das rodas de mobilidade do implemento, pois essa condição proporcionou um menor esforço para o operador. Percebe-se que os resultados das variáveis  $A_{\min}$  e  $H_{\max}$  (Apêndice F) obtiveram os menores valores de esforço do operador, como na variante semear e adubar solo, sendo, portanto, as condições a serem consideradas no projeto.

#### Tarefa 3.4 – Selecionar possíveis processos de fabricação

Para realizar a seleção dos processos de fabricação do implemento, serão inicialmente consideradas as máquinas, ferramentas e processos disponíveis na empresa. Essas informações deverão ser consideradas, uma vez que os componentes do implemento devem preferencialmente ser fabricadas na empresa. Dessa forma, estão listados no quadro 4.1 os principais equipamentos disponíveis, com a numeração correspondente.

Quadro 4.1 - Equipamento/processo de fabricação da empresa e numeração definida.

NUMERAÇÃO DE IDENTIFICAÇÃO	EQUIPAMENTO/PROCESSO DA EMPRESA
1	Maçarico
2	Plaina
3	Calandra
4	Policorte
5	Serrafita
6	Prensa
7	Torno
8	Soldagem (elétrica e MIG);
9	Furadeiras
10	Esmeril
11	Guilhotina
12	Pintura
13	Forja

14	Montagem geral
15	Dobradeira

No quadro 4.2 estão relacionados, de acordo com a numeração do quadro 4.1, os processos identificados e possivelmente envolvidos na fabricação do implemento.

Quadro 4.2 - Subsistemas e equipamentos/processos envolvidos na fabricação.

SUBSISTEMA	EQUIPAMENTOS/PROCESSOS ENVOLVIDOS
Escarificador MC 01	5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14
Engate de tração MC 02	5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14
Rodas motoras e disco de corte MC 03	3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14
Rabiça MC 04	3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15
Roda compactadora MC 05*	5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 14
Dosador e reservatório de adubo MC 06*	6, 8, 9, 10, 11, 12, 14
Dosador e reservatório de sementes MC 07*	6, 8, 9, 10, 11, 12, 14
Cinzel de adubo MC 08*	6, 8, 9, 10, 11, 12, 14
Cinzel de sementes MC 09*	6, 8, 9, 10, 11, 12, 14
Disco duplo MC 10*	6, 8, 9, 10, 11, 12, 14
Sulcador MC 11	6, 8, 9, 10, 11, 12, 14
Chassi MC 12	5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15

OBS: Os subsistemas marcados com “\*” correspondem aos módulos comerciais já existentes, mas os equipamentos/processos envolvidos caracterizam elementos de interface com o chassi ou similares.

Verifica-se que, basicamente, todos os subsistemas poderão ser fabricados dentro das condições da empresa. Para os equipamentos/processos identificados, pretende-se gerar soluções simples, tendo, para isso, o auxílio dos colaboradores da mesma, conforme a próxima tarefa.

#### Tarefa 3.5– Aplicar métodos DFX e ferramentas

Os métodos DFX e ferramentas, que foram aplicados, são: o método de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos FMEA no subsistema Rodas Motoras e Disco de Corte MC03; o software Projeto para Montagem DFA da *BDI*; a planilha para verificação da montabilidade de ULLMAN (1992), e o método Projeto para Manufatura DFM, sendo os três últimos descritos no Apêndice A. Um aspecto importante são os desenhos esquemáticos e os esboços gerados durante a aplicação dos métodos, sendo que alguns exemplos desses podem ser observados no Anexo E.

### Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos – FMEA

Para aplicar esse método, as referências principais utilizadas foram PALADY (1997) e SAKURADA (2001). É importante mencionar que, nessa tarefa, tinha-se o implemento e suas partes em desenvolvimento, sendo que o principal objetivo da aplicação foi prever os problemas mais importantes e tentar impedir a sua ocorrência, ou minimizar as consequências, caso os mesmos venham a ocorrer.

A aplicação do método foi realizada para o subsistema Rodas Motoras e Disco de Corte MC03, pois o mesmo constitui-se numa inovação, o que não acontece com o restante dos subsistemas, a não ser a Rabiça que, nessa tarefa, ainda não estava concretizada e será posteriormente analisada, na atividade 5. Informações gerais sobre esse subsistema podem ser verificadas na ficha técnica 03 do Apêndice D. O procedimento empregado para realização do FMEA está detalhado no Apêndice G, sendo aqui descritos os principais resultados obtidos.

### Principais resultados do FMEA

Além das providências necessárias e ações recomendadas no Apêndice G, podem-se destacar as principais melhorias geradas nos princípios físicos:

- Identificação de um importante fator para avaliação nos testes de campo, que é o contato das rodas motoras no solo, representado por um percentual de patinagem das mesmas;
- Leve inclinação (solda com angulação) das agarradeiras para melhorar tração e aderência ao solo (ver figura 4.11);

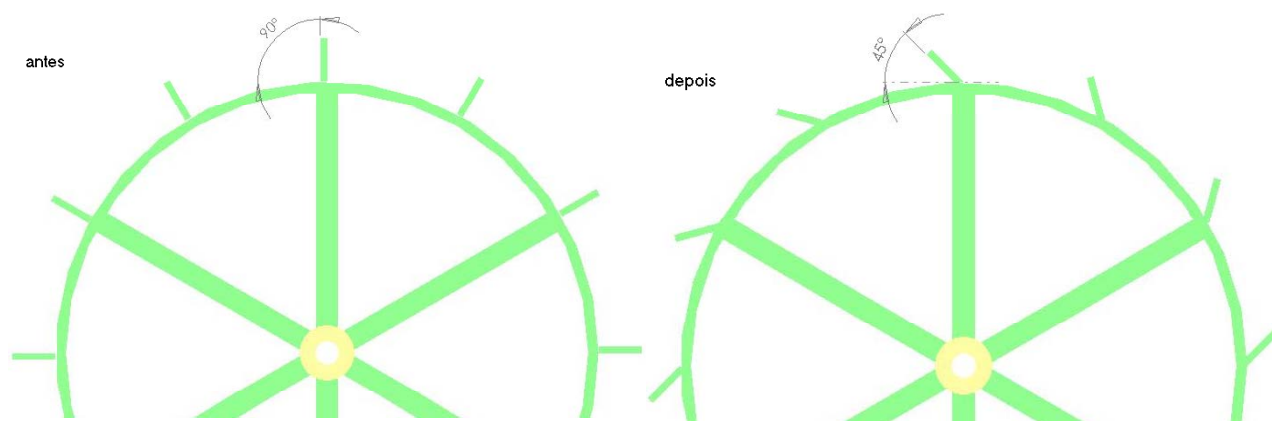


Figura 4.11 - Ilustração das inclinações adicionadas às agarradeiras.

- Destaque ao emprego de materiais adequados ao processo de fabricação para o eixo e buchas. Portanto, é necessária a análise em conjunto com a empresa, tendo já identificadas as possíveis consequências com relação ao uso de materiais;

- Necessidade de gabaritos para garantir a furação de algumas peças e também o posicionamento e solda dessas;
- Utilização de correntes para evitar que se percam pinos de fixação e pinos “R” durante regulagens (pinos não precisam ser deixados no solo durante regulagens);
- Recomendação para utilização de mola no disco de corte para evitar danos ao disco e a outros componentes durante a operação. Essa possibilidade foi posteriormente discutida com a empresa, sendo descartada por razões de custo, funcionamento e necessidade.

Também foi possível tirar conclusões importantes com relação ao gráfico de áreas da figura 4.12. O preenchimento desse gráfico de áreas consiste na separação de três regiões que delimitam a **prioridade relacionada** entre a **ocorrência dos modos de falha** e a **severidade dos efeitos**. A classificação das três áreas compreende níveis de prioridade alta, média e baixa, conforme a figura 4.12. Nessa classificação, foi atribuído o escore 4 para ocorrências e severidades no limite de área baixa e média; já para os limites das áreas média e alta, o escore atribuído foi 8.

Com relação aos pontos que estão na área de alta prioridade e que se referem diretamente ao mau funcionamento de componentes e peças, tendo, como causas do modo de falha, acontecimentos ligados ao implemento em operação, foram dedicados maiores cuidados quanto às especificações e dimensionamentos. Pontos como “z23” e “n13” encontrados na área de alta prioridade da figura 4.12 são, por exemplo, pontos que interferem no controle de qualidade da fabricação do produto. Para se verificar isso, basta procurar, no Apêndice G, tabela G.1, o item “v” da coluna “Ref” correspondente ao modo de falha “funcionamento intermitente” e, na tabela G.2, o item 23 da coluna “Ref” que corresponde ao efeito “abertura irregular do sulco”, causado possivelmente pela fabricação inadequada.

Portanto, o gráfico de área é muito útil no sentido de fornecer uma visão geral do FMEA, que se pode controlar e identificando rapidamente qualquer ponto para análise.

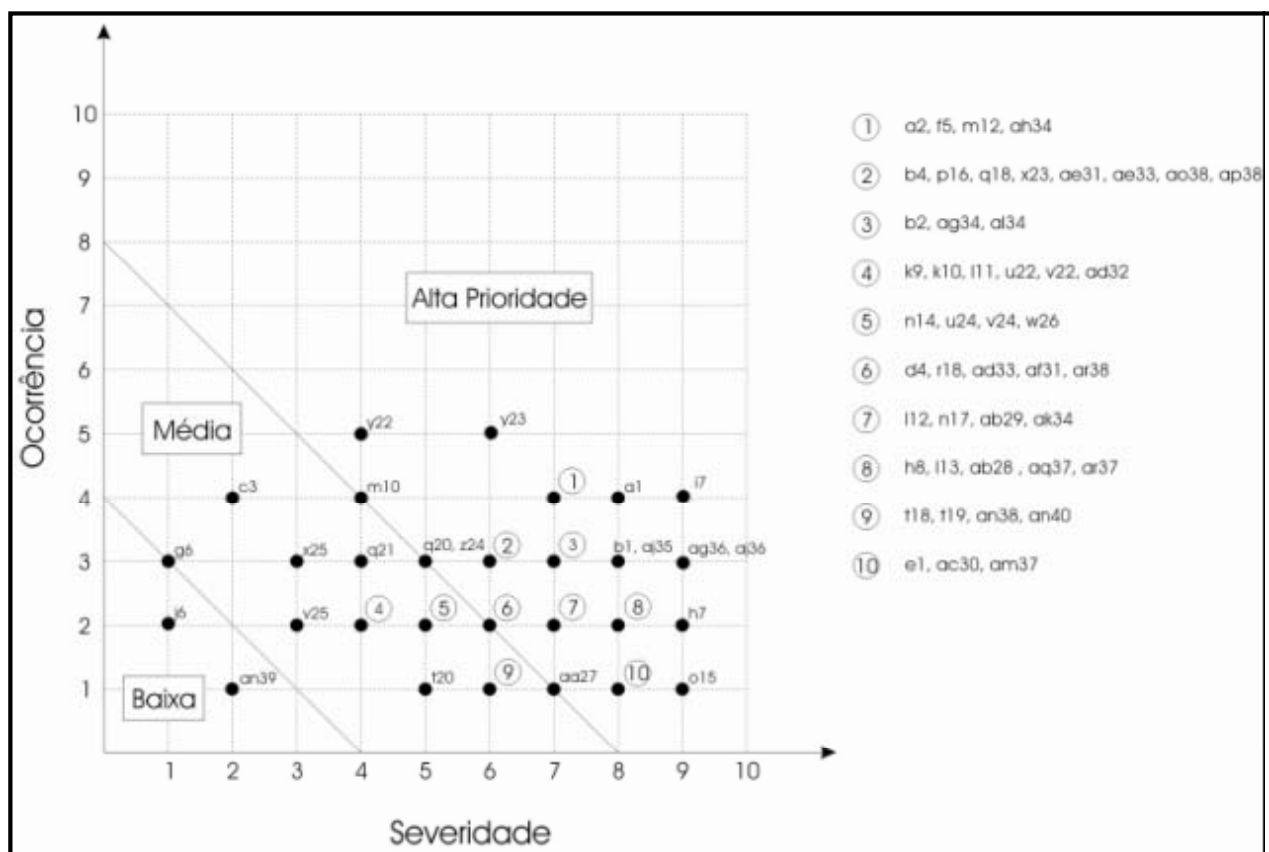


Figura 4.12 - Gráfico de área FMEA para o subsistema rodas motoras e disco de corte.

### Software DFA da *Boothroyd Dewhurst, Inc* (BDI)

O software da *BDI* é composto por módulos que podem ser adquiridos em diversas combinações. O módulo utilizado nesse estudo foi o DFA, versão 8.0, que visa analisar o produto sistematicamente para identificar peças desnecessárias e determinar os tempos e custos de montagem. A utilização desse software foi feita durante o desenvolvimento da atividade 3, sendo que nesta, já se tem disponível a estrutura do produto.

A estrutura do produto é um dado inicial exigido pelo software para o preenchimento do chamado “quadro da estrutura”, no qual o implemento foi desdobrado em subsistemas. Esse desdobramento se caracteriza pela adição de todas as partes dos 12 subsistemas do implemento. Após preenchida a estrutura do produto, o software leva o usuário a examinar cada peça, por meio de uma série de questões sobre quatro áreas: **funcionalidade, forma geométrica, dificuldades de manipulação, e dificuldades de inserção**. Em meio à adição das partes do implemento, foram também adicionadas operações de soldagem, pois algumas peças necessitam ser soldadas durante suas montagens.

Uma vez realizada a fase inicial de “alimentação” do software, efetuou-se a análise dos resultados e recomendações, re-projetando o implemento. Os resultados obtidos são apresentados sucintamente a seguir, podendo-se também observar, no Anexo C, os relatórios gerados pelo software.

A análise foi dividida em dois arquivos, sendo o arquivo inicial denominado “SISTANT2.DFA” e o arquivo resultante do reprojeto denominado “SISTBOM2.DFA”. Na figura 4.13, observa-se como o produto está estruturado e quanto cada grupo influenciou no tempo e custo de montagem do produto para o projeto inicial. É importante ressaltar que os custos são relacionados ao custo R\$ 10,50 homem/hora (dado fornecido pela empresa) para as operações de montagem, incluindo a soldagem.

A figura 4.13 apresenta os valores maiores e menores gerados, na qual se observa que o grupo de componentes essenciais (em vermelho) teve 8,48 minutos, sendo responsável por 7,29% do tempo de montagem do produto; já para operações adicionais (em rosa), tem-se 75,32 minutos que correspondem a 64,76% do tempo de montagem do produto.

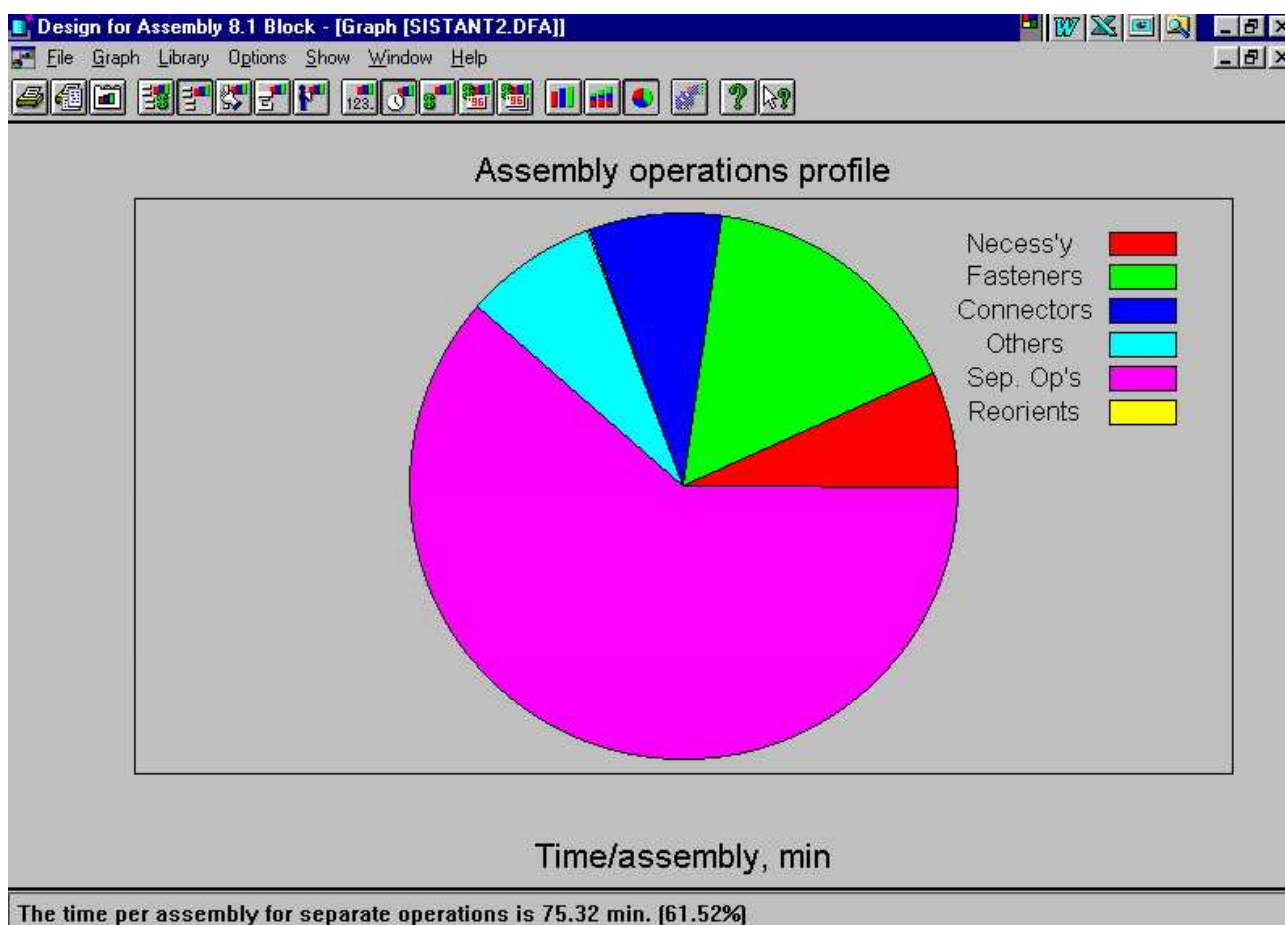


Figura 4.13 - Tempo de montagem das partes do produto.



As maiores considerações apontadas pelo software foram com relação às operações adicionais, que incluem àquelas operações de soldagem realizadas em todos os subsistemas. Com isto implementaram-se melhorias significativas nos subsistemas cinzel de adubo, cinzel de semente, escarificador, sulcador e disco duplo. As peças que compõem estes subsistemas onde se obteve as melhorias, incluindo redução de peças, referem-se às chapas de suporte, contra chapa e chapa de interface com o tubo conforme figura 4.14 (antes e depois do reprojeto).

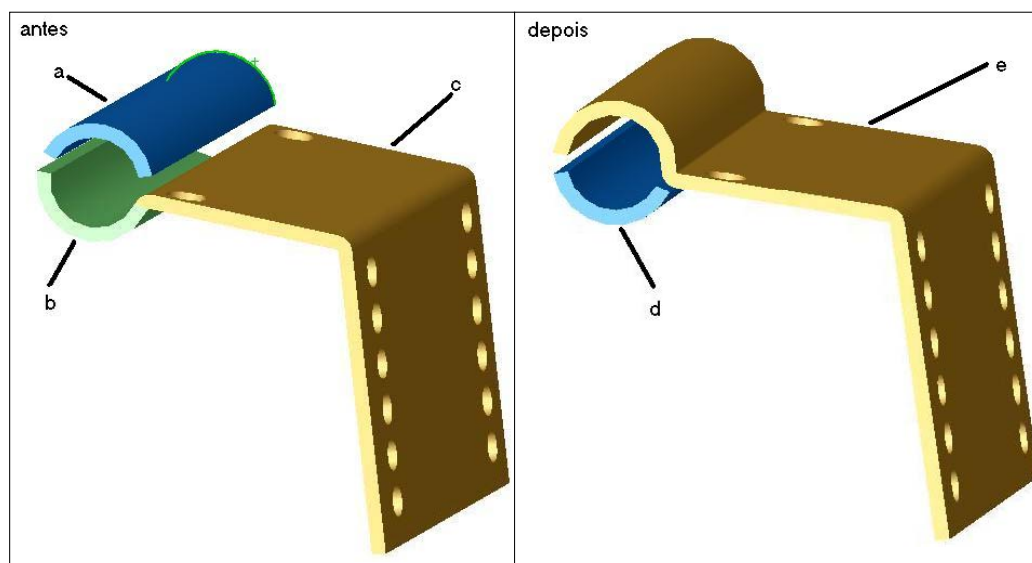


Figura 4.14- Figura representativa do reprojeto, sendo: a: Contra chapa; b: Chapa de interface com o tubo; c: Chapa suporte; d: Contra chapa; e: Chapa suporte.

Neste caso a chapa suporte “e” passou a ser fabricada em uma peça que recebe as dobras utilizando uma ferramenta de dobramento existente na empresa, o que também facilitou a montagem dos subsistemas (módulos) ao chassi, pois estes permanecem suspensos no chassi enquanto são fixados. Simplificou-se com isto a fabricação e a montagem, além do que, esta peça é utilizada por seis vezes nos subsistemas do sistema modular, resultando assim numa simplificação que eliminou seis peças. Obteve-se ainda as seguintes melhorias conforme comparativo do quadro 4.3.

Quadro 4.3 – Quadro representativo do reprojeto.

	Projeto antigo	Projeto atual	Redução
Número de peças	291	277	4,81%
Número de soldagens	333	259	22%
Tempo total de montagem (minutos)	122,43	108,81	11,13%

Outra representação dos resultados pode ser observada na figura 4.15 na qual, o software gera um gráfico comparativo entre o projeto antigo representado pela denominação “SISTANT2.DFA” e o reprojeto denominado “SISTBOM2.DFA”. O principal resultado gerado refere-se as operações gerais de montagem (*Assembly labor*), como alinhamentos, posicionamentos, a própria soldagem e outros fatores que geram a maior parte dos custos de montagem, representando R\$ 122,00 de um total de R\$ 147,00. Em relação à redução de custos do projeto antigo para o atual, pode-se destacar que o custo anterior de R\$ 147,00 reduziu-se para R\$ 133,81 economizando-se R\$ 13,19 no custo da montagem do sistema total.

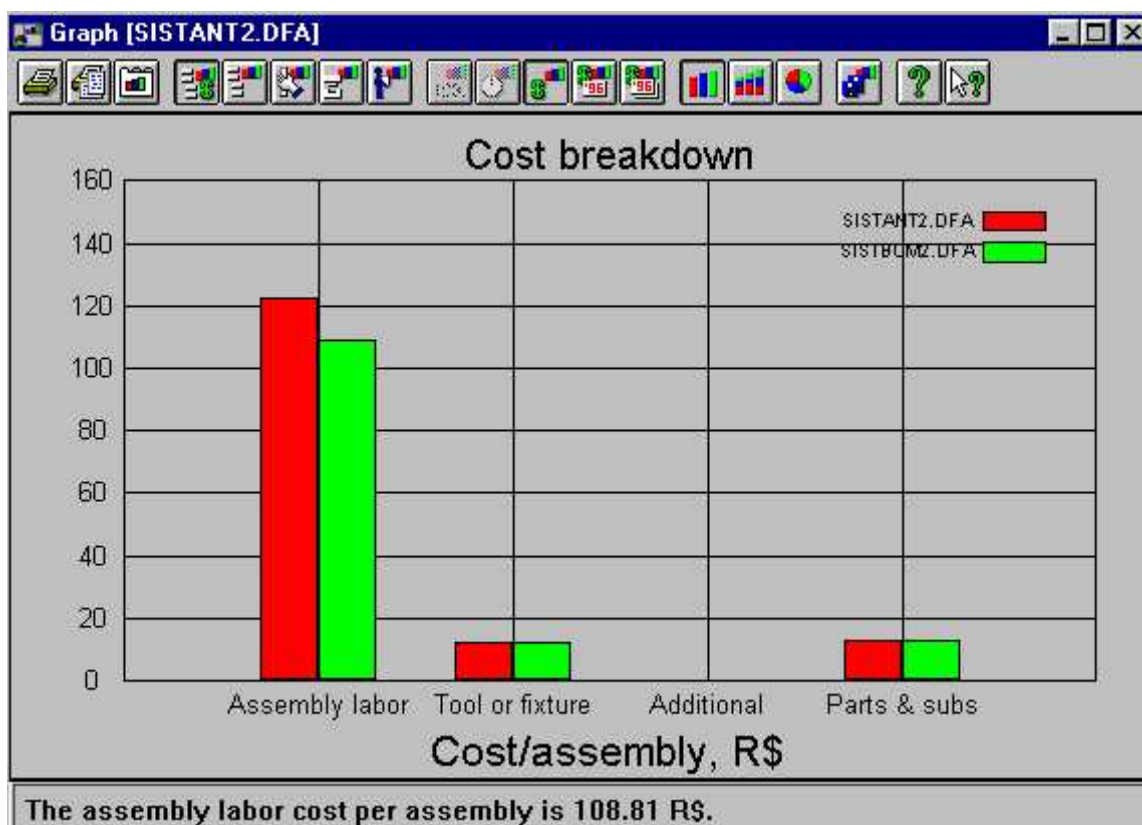


Figura 4.15 - Figura comparativa entre o projeto antigo e o reprojeto.

O que pode-se concluir é que houve melhorias significativas no projeto após a utilização do software da *BDI*, pois foi possível verificar aspectos pertinentes a montagem de cada peça individualmente, constatando-se que algumas características como a utilização de gabaritos para a montagem, posicionamento e soldagem levaram o projeto a atingir índices elevados de tempos refletindo assim nos custos. Isto pode ser observado na figura 4.16 na qual estas operações adicionais correspondem a 69,92% dos tempos de montagem.

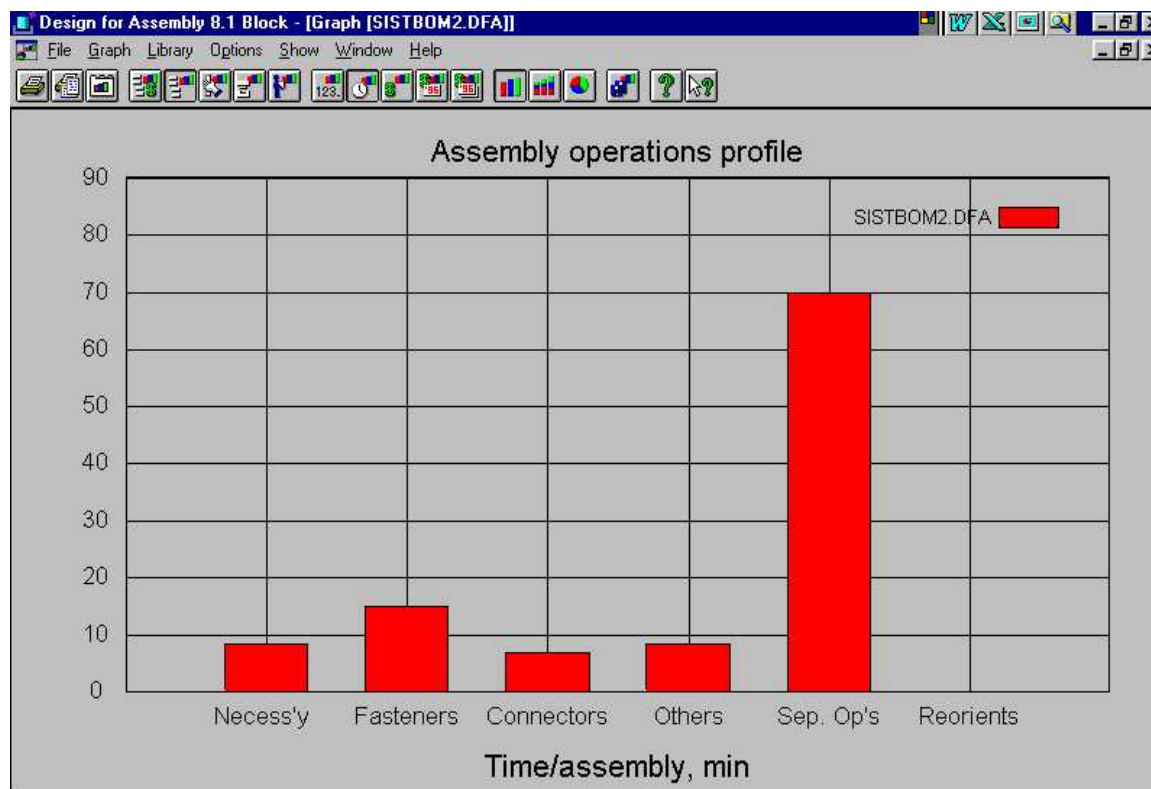


Figura 4.16 - Representação da proporção das operações adicionais relacionadas com outros fatores.

A sistemática auxiliou na aplicação deste software no sentido de fornecer alguns parâmetros de entrada como: a estrutura do produto, custos/hora de montagem, peças que compõem os subsistemas já eram conhecidas pela equipe com suas especificações, interfaces e arranjos dimensionais, entre outros, facilitando a análise.

### Planilha para verificação da montabilidade

A planilha de verificação da montabilidade do implemento proposta por ULLMAN (1992) está apresentada no Apêndice A e teve sua aplicação nos subsistemas: escarificador, sulcador, rodas motoras e disco de corte, rabiça, engate de tração e chassi. Para os outros subsistemas não foi aplicada a planilha por estes serem módulos disponíveis comercialmente.

As cinco planilhas que resultaram da análise dos subsistemas estão apresentadas no Anexo D. A aplicação deste método de verificação da montabilidade foi realizado posteriormente as melhorias advindas da utilização do software DFA. O que pode-se observar é que os resultados indicados, segundo a escala proposta pelo autor no quadro 4.4, mostram que todos os subsistemas analisados tiveram resultados positivos quanto ao projeto.

Quadro 4.4 - Resultados da aplicação do método de verificação da montabilidade e comparação com a escala de avaliação do potencial de melhoria (PM) proposta por ULLMAN (1992).

SUBSISTEMAS	Muito bom 104 - 78	Bom 78 - 52	Re-projetar 52 - 0
Escarificador	-	66	-
Engate Tração	94	-	-
Rodas Motoras e Disco	-	64	-
Rabiça	-	64	-
Sulcador	-	72	-
Chassi	78	-	-

O que pode-se dizer é que a planilha proposta é válida quanto a aplicação e resultados, mas neste caso, ficaram redundantes os resultados, pois muitas das perguntas envolvidas foram abordadas pelo software DFA e assim, já questionadas durante o desenvolvimento. De qualquer forma o método mostra-se fácil e prático para ser aplicado, por exemplo, no dia-dia de uma empresa. Sugere-se que o ideal seria aplicá-lo uma vez pelos envolvidos no projeto e então aplicar novamente por alguém que não tenha participado do projeto.

### **Projeto para Manufatura DFM**

Este método foi utilizado durante o desenvolvimento dos subsistemas do produto com a participação de alguns colaboradores da empresa envolvidos na manufatura. A maneira de aplicação foi por meio do questionamento das considerações abordadas pelo método (Apêndice A), em relação a cada subsistema e seus componentes, gerando melhorias e simplificações nos processos de fabricação bem como, os resultados para o preenchimento da planilha apresentada na figura 4.17. Tendo disponível algumas peças previamente fabricadas (módulos comerciais), a concepção do produto na forma de protótipo, e as informações do projeto desenvolvidas até esta atividade, foram então realizados os devidos procedimentos para aplicação.

SUBSISTEMAS	Escarificador MC1		Engate tração MC2		Rod. Mot. Disc. MC3		Rabiça MC4		Roda compac MC5		Dos. Reserv. Ad. MC6		Dos. Res. Sem. MC7		Cinzel de adubo MC8		Cinzel de seme. MC9		Disco duplo MC10		Sulcador MC11		Chassi MC12		
CONSIDERAÇÕES DO DFM	Minimizar o número de partes	100	E	100	E	66	B	66	B	66	B	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
	Minimizar variação das partes	66	B	100	E	66	B	66	B	66	B	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
	Partes para multiuso	100	E	100	E	66	B	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
	Partes para fácil fabricação	100	E	100	E	100	E	100	E	66	B	66	B	66	B	100	E	100	E	66	B	100	E	100	E
	Elementos de fixação separados	100	E	100	E	66	B	100	E	100	E	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
	Eliminar simplificar ajustes	100	E	100	E	66	B	100	E	100	E	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
	Manipulação na fabricação	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
	Materiais de fácil processamento	100	E	100	E	100	E	100	E	66	B	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
	Partes normalizadas	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
	Características especiais do processo	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
	Conforme volume esperado	100	E	100	E	100	E	100	E	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
	Liberar tolerâncias	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
	Visar a pintura	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
	Prover manutenção das partes	100	E	100	E	100	E	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
	Verificar projetos existentes	66	B	100	E	66	B	66	B	66	B	66	B	66	B	100	E	100	E	66	B	66	B	66	B
	Compatibilizar materiais/funções/formas	100	E	100	E	66	B	66	B	66	B	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
	Qual função da feature ?	100	E	100	E	100	E	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
	Qual operação está inferida pela feature ?	100	E	100	E	100	E	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
Qual ferramenta pode ser usada	100	E	100	E	100	E	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	
<b>SOMATÓRIO</b>	<b>96</b>		<b>100</b>		<b>88</b>		<b>84</b>		<b>79</b>		<b>81</b>		<b>81</b>		<b>100</b>		<b>100</b>		<b>96</b>		<b>98</b>		<b>98</b>		

Figura 4.17 - Planilha gerada durante as respostas às considerações do DFM.

Como conclusões, pode-se primeiramente citar que os resultados gerados numericamente refletem a exploração máxima das possibilidades e soluções para os subsistemas. Outras informações interessantes podem ser observadas, de forma geral, nas fichas técnicas dos subsistemas do Apêndice D. Durante o questionamento e preenchimento, surgiram sugestões para simplificação dos seguintes componentes:

- Raios das rodas motoras: foram propostas melhorias nessas peças pois, inicialmente, era prevista a utilização de barras redondas soldadas ao aro das rodas. Assim, foi definido, como raios das rodas, a utilização de tubos de seção quadrada, provenientes de sobras de outro processo da empresa.

- Buchas das rodas: foi sugerida a utilização de parafusos sextavados para fixar o cubo das rodas ao eixo, ao invés de chavetas, tornando o processo de fabricação mais simples e a montagem, rápida.

- Buchas das rodas e disco: para essas peças, estava prevista a utilização de buchas que tivessem materiais com propriedades de resistência ao desgaste, mas, para simplificar o processo e também reduzir custos, foi sugerida a utilização de um Aço SAE 1040, por já estar sendo utilizado para buchas semelhantes e, portanto, haver experiência no emprego do material nessa aplicação. A lubrificação dos componentes envolvidos permaneceu a mesma.

- Simplificação da barra suporte do disco de corte, reduzindo-se material e, conseqüentemente, peso, facilitando a fabricação e mantendo a robustez do componente, conforme figura 4.18.

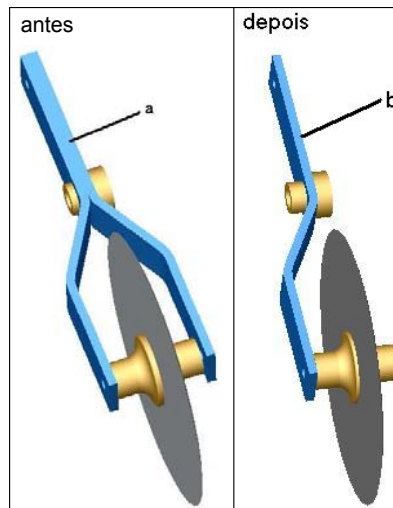


Figura 4.18 - Simplificação da barra suporte do disco de corte “a” para a forma “b”.

- Regulagem de profundidade do disco de corte: foram eliminadas duas peças, por meio da utilização de uma única barra, que conecta o mecanismo de regulagem de altura diretamente com a haste das rodas, conforme figura 4.19. Com isso, simplificou-se a fabricação desse subsistema.

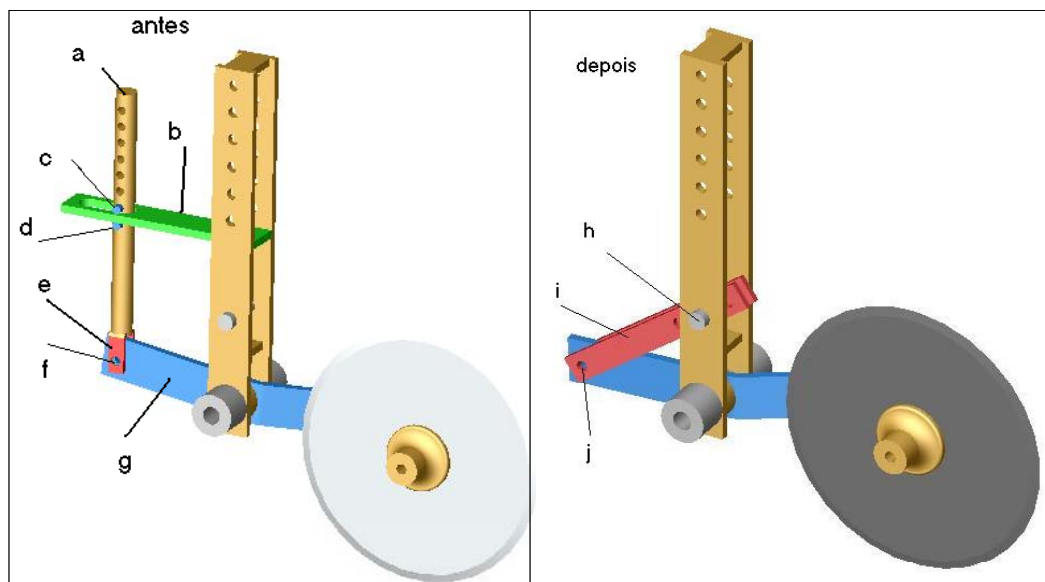


Figura 4.19 - Simplificação da regulagem de altura do disco de corte, sendo: a: barra de regulagem; b: barra suporte; c: pino limitador; d: pino limitador; e: chapa de rotação; f: parafuso de fixação; g: barra suporte do disco; h: pino de regulagem; i: barras limitadoras; j: parafuso de fixação.

#### 4.5 Atividade 4 - Decidir por Fazer ou Comprar SSC

A atividade não foi realizada, devido ao fato de que os subsistemas comerciais já estão devidamente negociados e terceirizados pela empresa. De qualquer forma, são válidas as tarefas apresentadas nessa atividade.

#### 4.6 Atividade 5 - Desenvolver Protótipo

Esta atividade foi realizada em parceria com a empresa IADEL- Implementos e Máquinas, localizada no município de Dona Emma, no estado de Santa Catarina. Tal atividade consistiu no desenvolvimento, fabricação e testes do protótipo.

##### Tarefa 5.1 – Planejamento da fabricação do protótipo

Para o planejamento da fabricação do protótipo, o andamento da fabricação, bem como de seu controle, foi questionada e combinada, com os respectivos setores, a disponibilidade quanto à fabricação das peças. Com isso, delimitou-se uma área, para onde deveriam ser encaminhadas todas as peças produzidas para que o protótipo pudesse ser devidamente fabricado e montado.

##### Tarefa 5.2 – Fabricação do protótipo

A fabricação do protótipo iniciou-se logo após seu planejamento, sendo primeiramente encaminhada ao operador da serra fita a lista de materiais que deveriam ser cortados. Foram ainda identificadas e providenciadas as peças e componentes que já são fabricados pela empresa, providenciando a fabricação dos que não havia em estoque.

Os primeiros subsistemas fabricados foram o chassi e, posteriormente, as rodas motoras e disco de corte. Com relação ao chassi, houve algumas dificuldades quanto à dobra do tubo. Assim, utilizou-se uma máquina de dobramento manual, que exigiu grande esforço para efetuar as dobras, devido ao diâmetro e espessura dos tubos. O mesmo problema foi observado na fabricação da rabiça. No Anexo E, são apresentados alguns desenhos que foram gerados e discutidos durante a fabricação.

Outra dificuldade encontrada na fabricação de alguns subsistemas (chassi, rabiça, rodas motoras e disco de corte) foi a falta de gabaritos para fixação das peças na posição

desejada para efetuar o ponteamto com solda. Mesmo assim, realizou-se o processo, confirmando o que já havia sido identificado nas atividades anteriores, ou seja, a fabricação de tais subsistemas necessitam de gabaritos para a operação de ponteamto e posterior soldagem. Na figura 4.20, aparecem algumas fotos feitas durante a fabricação do protótipo na empresa.



Figura 4.20 – Fabricação do protótipo do implemento.

Durante a fabricação, realizaram-se alguns testes preliminares do implemento, visando verificar o funcionamento dos subsistemas. Esses testes preliminares envolveram: a eficácia de penetração do disco de corte e sua regulagem de profundidade, o funcionamento da rabiça, o funcionamento do sulcador e do escarificador. Os testes preliminares ocorreram de forma rápida e sem maiores problemas, pois a empresa dispõe de uma área, ao lado da fábrica, para tais fins.

#### Tarefa 5.3 – Planejamento dos testes do protótipo

Os testes consistem basicamente em três diferentes atividades para as variantes do implemento: teste do sistema semear adubar solo; teste do sistema escarificador e teste do sistema sulcador. Para cada uma dessas variantes do implemento, foi efetuado um planejamento dos testes e posteriormente um programa para a execução em campo, seguindo as orientações de MIALHE (1996) e com o auxílio de um Eng. Agrônomo (EPAGRI). Dessa forma, serão apresentados, em um mesmo documento, o planejamento e os resultados dos testes, conforme Apêndice H, sendo que o mesmo abrange também os resultados da tarefa 5.4 e 5.5.



É importante mencionar que, segundo o projeto de norma da ABNT citado abaixo, a principal característica dessa modalidade de ensaio é que os resultados obtidos possuem caráter de exclusividade local. Isso significa que a reprodutibilidade e comparabilidade dos resultados ficam comprometidas, uma vez que existe uma série de fatores que são de difícil controle, tais como a umidade do solo, diâmetro médio geométrico (DMG) dos torrões, índice de rugosidade, índice de cobertura do solo, dentre outros. Portanto, os presentes testes tiveram como base os Projetos de Norma 04:015.06—10/1996 e 04:015.06-008(1)/1996.

Dos resultados de desempenho do implemento agrícola obtidos em campo, pode-se destacar que estes formam um conjunto de dados globais, que em um primeiro momento refletem as melhorias em alguns subsistemas, podendo assim posteriormente, realizar um delineamento estatístico para esta modalidade de ensaio.

#### Tarefa 5.4 – Execução e avaliação dos testes planejados

Mesmo estando os resultados da execução e da avaliação dos testes no Apêndice H, conforme descrito na tarefa anterior, será apresentado no Apêndice I o relatório de ensaio baseado no Projeto de Norma ABNT 04:015.06-008(1)/1996. Os resultados e toda a avaliação foram publicados em AREND *et al* (2003).

#### Tarefa 5.5 – Decidir ações corretivas

Durante o ensaio, foram identificadas algumas melhorias que podem ser implementadas no projeto. Essas melhorias foram sugeridas por agricultores, técnicos e outros que acompanharam o implemento em operação e também operaram o mesmo. As sugestões foram as seguintes:

- Diminuição da haste que sustenta o disco de corte, aproximando-a do eixo, visando melhorar a operação de corte da palhada;
- Aproximação máxima do chassi dosador e reservatório de semente, visando melhorar a deposição e dosagem das sementes;
- Modificação das rodas compactadoras, uma vez que as mesmas não exercem adequadamente sua função. Estudo do problema e da angulação das rodas, visando atender necessidades específicas do sistema plantio direto;
- Acréscimo de 10 mm no comprimento das agarradeiras das rodas motoras;
- Adição de um elemento que preencha o espaço vago entre o cinzel de adubo e o tubo condutor de adubo.

#### 4.7 Comentários finais do projeto preliminar

As atividades envolvidas no projeto preliminar tiveram um respaldo positivo no que se refere aos procedimentos práticos que foram surgindo. A sistemática atendeu as características envolvidas durante sua realização, mostrando-se flexível aos diferentes problemas e acontecimentos que, apesar de todo um planejamento, às vezes surpreendem e exigem soluções rápidas. Também, verificaram-se as potencialidades da sistemática em interagir com outras áreas que necessitam de informações ou que transmitem informações para a fase de projeto preliminar.

Entre os principais resultados do projeto preliminar, pode-se destacar o implemento agrícola estruturado, fabricado e testado com potenciais melhorias definidas. Em meio a isso, métodos e ferramentas puderam ser aplicadas, verificando-se características de montagem, manufatura, análise de falhas, promovendo a aplicação e formalização do conhecimento implícito de fabricantes, usuários, pesquisadores e outros envolvidos com máquinas agrícolas de forma organizada.

Destaca-se, também, a possibilidade de gerenciar as atividades e tarefas envolvidas no projeto preliminar, de maneira simples e que atenderam as necessidades de desenvolvimento, como organização das atividades e tarefas, precedências necessárias, envolvidos nas atividades, pesquisas por informações do produto, recursos envolvidos, entre outros.

# **Capítulo 5**

## **Estudo de Caso no Projeto Detalhado de um Implemento Agrícola Modular**

---

### 5.1 Generalidades

Este capítulo aborda a aplicação da sistemática para a fase de projeto detalhado proposta no Capítulo 3, no projeto de um implemento agrícola modular tendo disponíveis as informações do projeto preliminar realizado no Capítulo 4. De forma geral, neste aborda-se o detalhamento do projeto do implemento agrícola cujas realizações seguem o desdobramento da sistemática, sendo em atividades e suas respectivas tarefas.

### 5.2 Atividade 6 – Planejar o Projeto Detalhado do Produto

Esta é a primeira atividade da sistematização do projeto detalhado na qual, são abordados os fatores de gerenciamento e controle do projeto. Para este planejamento verificou-se que em grande parte as informações já foram prestadas no planejamento do projeto preliminar do capítulo 4. Não serão repetidas as tarefas e o conteúdo de suas informações, mas na figura 5.1 tem-se o cronograma de realização desta fase.

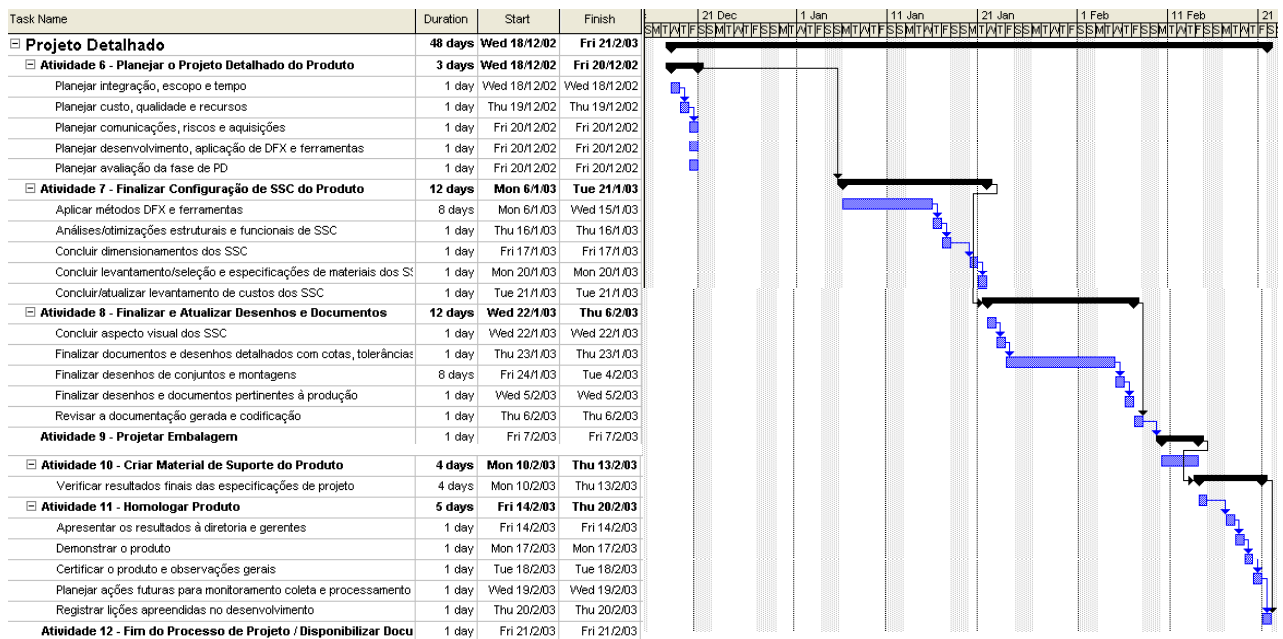


Figura 5.1 - Cronograma da fase de projeto detalhado.

### 5.3 Atividade 7 – Finalizar Configuração de SSC do Produto

A realização desta atividade foi feita após ter sido desenvolvido o protótipo. Desta foram esta atividade assumiu a característica de finalização devido a validação do protótipo, pois a partir desta atividade, foram atualizadas todas as especificações e otimizações uma vez que o protótipo foi aprovado.

#### Tarefa 7.1 - Aplicar métodos DFX e ferramentas

Relacionado a aplicação de métodos DFX e ferramentas, será nesta atividade aplicada a ferramenta FMEA para analisar o subsistema da rabiça e, com isto, possibilitar a geração de informações para otimizações no subsistema. Esta ferramenta foi aplicada com o protótipo do subsistema fabricado, ou seja, este FMEA foi feito por meio da análise do subsistema físico presente nas reuniões. O mesmo está apresentado no Apêndice J com as informações completas da aplicação.

#### Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos – FMEA

Para aplicar este método utilizou-se como referências principais PALADY (1997) e SAKURADA (2001). A aplicação do método realizada para o subsistema rabiça MC04 tem sua aplicação justificada devido ao subsistema ter algumas inovações funcionais que

simplificam as operações com o implemento em campo, facilitando a manobra devido ao fato do operador regular a altura da rabiça por meio de um manete de acionamento.

Este subsistema não aparece nos testes de campo com o implemento devido alguns problemas<sup>1</sup> durante a fabricação do mesmo, antes da realização dos testes. Ainda assim testou-se seu funcionamento nos testes preliminares conforme descrito na atividade 5 do Capítulo 4 onde, pode-se observar na figura 5.2 que para a rabiça foi verificada a sua viabilidade quanto ao funcionamento e desempenho das funções para as quais foi projetada.. Maiores informações sobre o subsistema podem ser verificadas na ficha técnica 04 do Apêndice D.

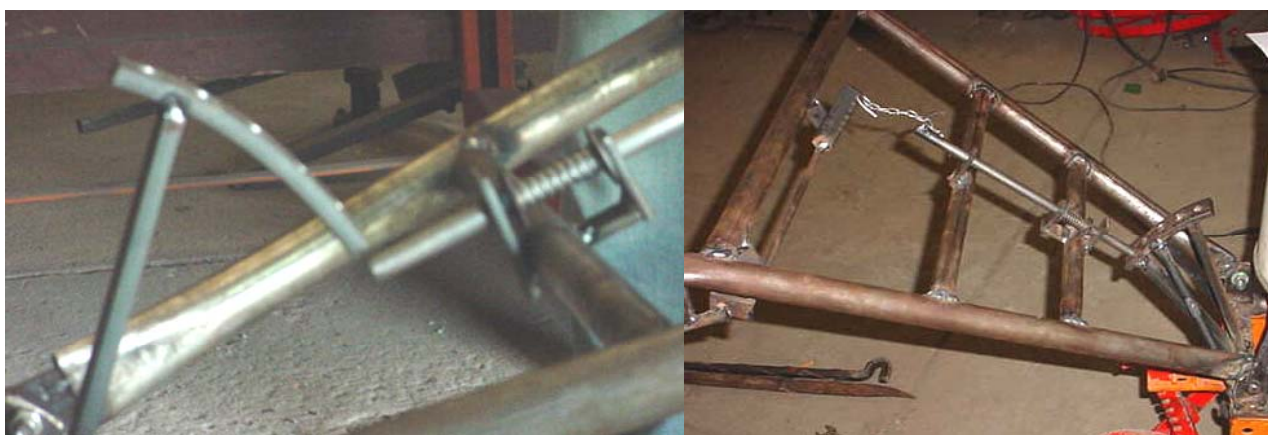


Figura 5.2 - Subsistema Rabiça MC04 fabricado e montado no implemento.

### Principais resultados do FMEA

Esta aplicação teve por objetivo identificar e melhorar as características do subsistema como um todo. Além das providências necessárias e ações recomendadas no Apêndice J, pode-se destacar as principais melhorias geradas no subsistema:

- Importância da necessidade de gabaritos para garantir a furação de algumas peças e também o posicionamento e solda destas, fator este que se não for controlado pode comprometer o funcionamento do subsistema e conseqüentemente do implemento como um todo;
- Simplificação do suporte “U” do subsistema rabiça, composto por três peças, onde substituiu-se o mesmo por uma peça com perfil “U” soldado a chapa de reforço conforme figura 5.3;

---

<sup>1</sup> Durante a finalização da fabricação do protótipo realizaram-se algumas melhorias no subsistema rabiça sendo para isto cortadas em excesso (engano) o tubo do chassi, impossibilitando a fixação da rabiça. No momento não havia em estoque o tubo do chassi para refazê-lo, utilizando-se assim a rabiça fabricada pela empresa.

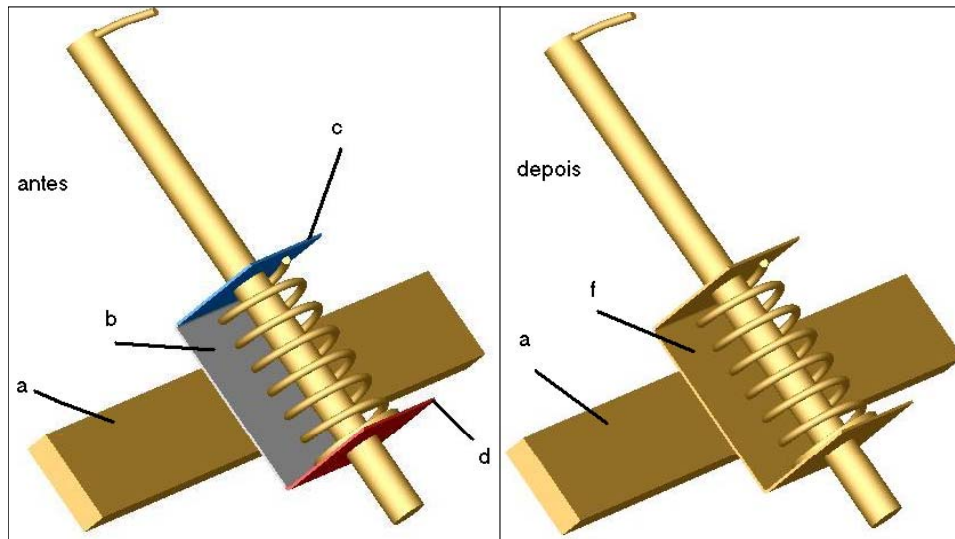


Figura 5.3 - Modificação do suporte “U” do subsistema rabiça, eliminando-se as peças “b”, “c” e “d” pela “f” que é soldada a peça “a”.

- Gerou-se um princípio de solução para substituir a barra do gatilho, o conjunto de transmissão de força e o manete, utilizando um mecanismo de acionamento para bicicletas, ou seja, seriam substituídas as peças anteriores por um conjunto de manete e espia que são utilizados em freios de bicicletas. O fator que descartou esta possibilidade foi o custo deste conjunto;
- Ressalta-se a importância de um manual de operações, armazenagem, transporte do implemento para que o mesmo tenha maior vida útil e não seja danificado nestas etapas;
- Como o princípio de funcionamento é relativamente simples, observa-se que a maioria das considerações referem-se aos processos de fabricação, sendo estes os responsáveis pela garantia dos ajustes e tolerâncias nas montagens e, para que as funções das partes da rabiça sejam executadas adequadamente.

Também é possível tirar conclusões importantes com relação ao gráfico de áreas da figura 5.4. Este gráfico permite a visualização total dos resultados do FMEA relacionando a **prioridade** entre a **ocorrência** dos **modos de falha** e a **severidade** dos **efeitos**. A classificação das três áreas compreende níveis de prioridade alta, média e baixa conforme a figura 5.4. Esta classificação foi atribuída para escores 4 em ocorrências e severidades no limite de área baixa e média, já para os limites das áreas média e alta o escore atribuído foi 8. Verifica-se que grande parte dos pontos que se concentraram na área de alta prioridade são referentes aos processos de fabricação da rabiça.

Pontos como “z23” e “n13” encontrados na área de alta prioridade da figura 5.4, são por exemplo, pontos que refletem no controle de qualidade da fabricação do produto. Para se verificar isto, basta procurar no Apêndice J a tabela J.1 o item “n” da coluna “Ref” correspondente ao modo de falha “vir torta (fornecedor)” e na tabela J.2 o item 13 da coluna “Ref” que corresponde ao efeito “dificultar a fixação ou regulagem” causado possivelmente pela fabricação inadequada.

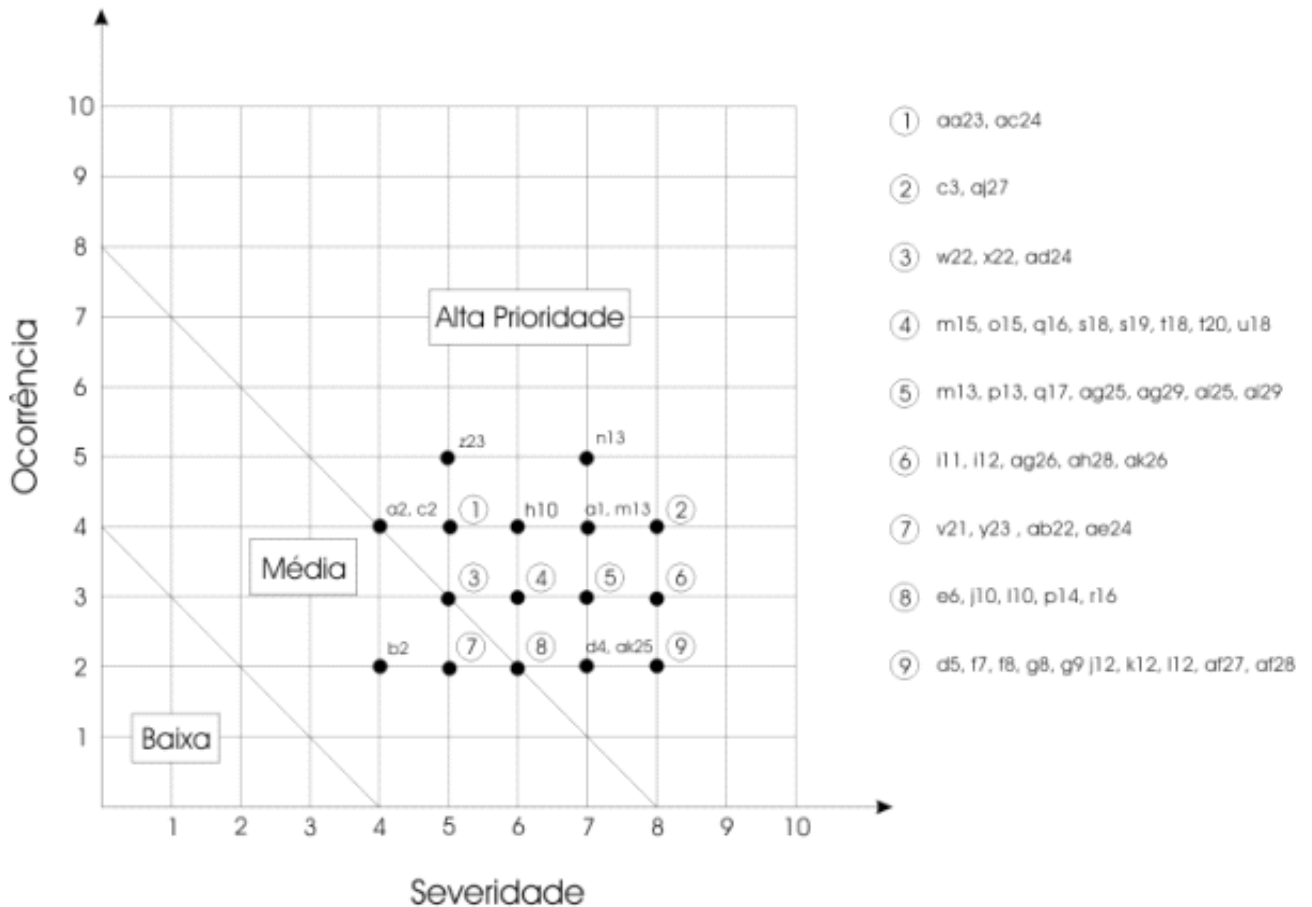


Figura 5.4 - Gráfico de área do FMEA para o subsistema rabiça.

Tarefa 7.2 - Análise/otimizações estruturais e funcionais

Esta tarefa abordou a análise e otimizações que foram sugeridas nos testes de campo as seguintes melhorias atualizadas no projeto:

- Diminuição de 100 mm na barra suporte “a” que sustenta o disco de corte, conforme ilustração da figura 5.5 antes e depois da alteração;

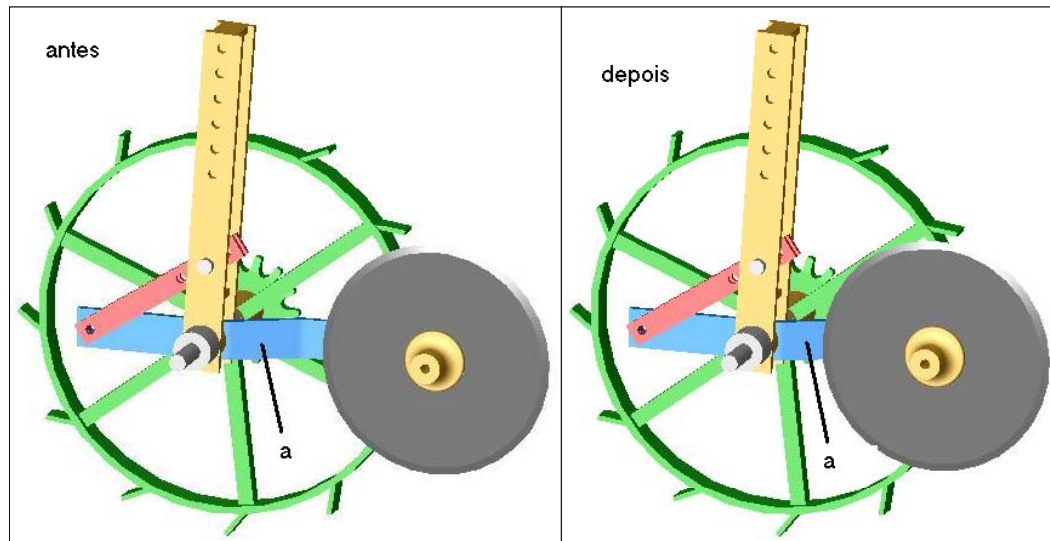


Figura 5.5 - Ilustração da modificação realizada na haste do disco de corte “a”.

- Aproximação do solo o subsistema dosador e reservatório de semente sendo a altura inicial de 400 mm alterada para 300 mm do solo;
- Modificação das rodas compactadoras, para as quais utilizou-se basicamente as mesmas peças do subsistema anterior, modificando a angulação de trabalho das rodas em seus eixos axiais, tornando-as independentes (um eixo para cada uma) conforme figura 5.6. A melhoria visou aumentar a eficácia do parâmetro de cobertura vegetal no sulco, posterior ao plantio.

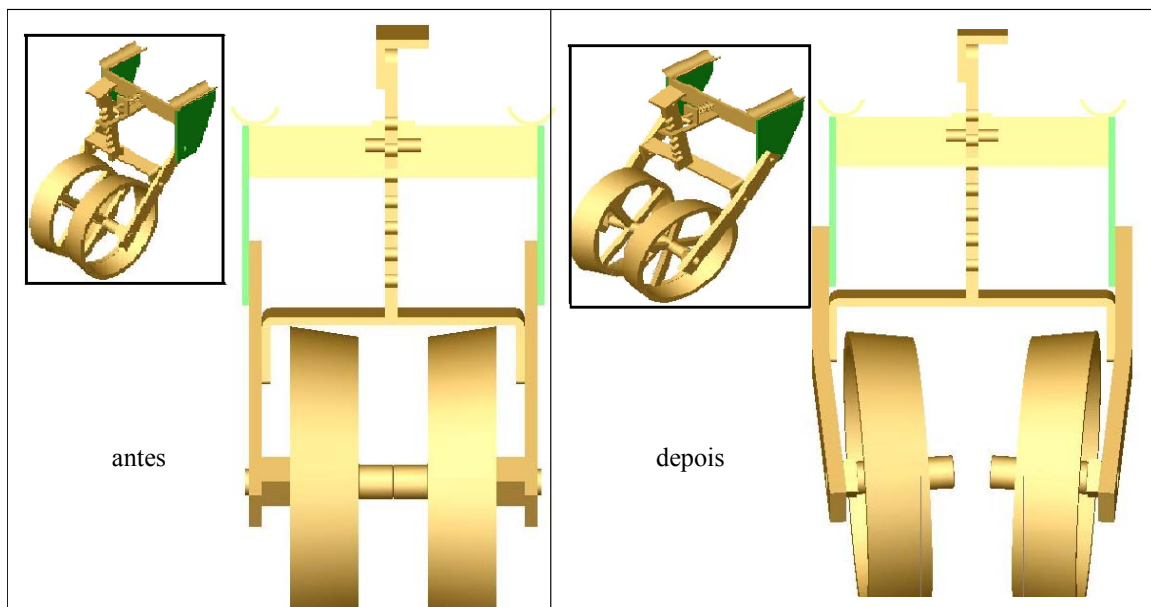


Figura 5.6 - Alteração no subsistema rodas compactadoras.



- Adição de um elemento entre o espaço vago do cinzel de adubo e o cano condutor de adubo conforme figura 5.7, o que antes ocasionava embuchamento durante o plantio;

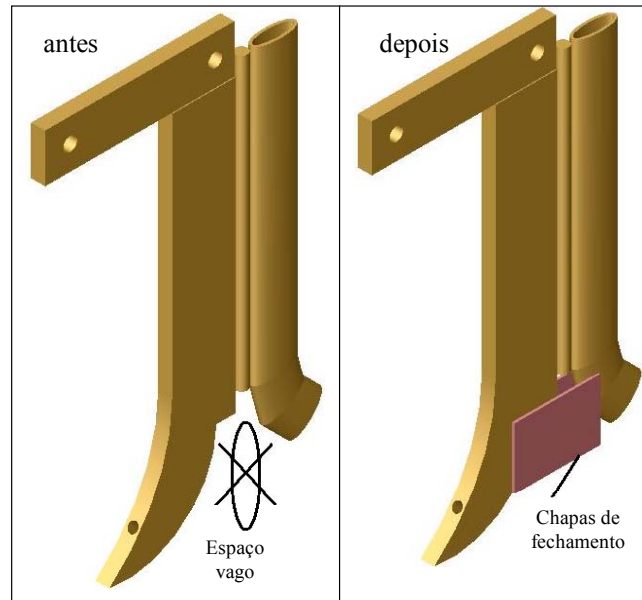


Figura 5.7 - Elemento adicionado entre o cinzel de adubo e o cano condutor de adubo.

- Acréscimo de 10 mm no comprimento das agarradeiras das rodas motoras visando diminuir o escorregamento ao solo.

#### Tarefa 7.3 – Concluir dimensionamentos dos SSC

Como conclusão da tarefa de dimensionamento, destaca-se no Apêndice K, o dimensionamento de peças vitais para o funcionamento do sistema modular, sendo o eixo e os parafusos que fixam as rodas motoras ao eixo. Outro componente vital para o funcionamento do implemento é o chassi, sendo este definido com um diâmetro de 30 mm e parede de 3 mm seguindo recomendações de aplicações em implementos similares segundo WEISS (1998). O restante dos componentes foram estimados de acordo com a experiência e o comportamento durante os testes preliminares em campo.

#### Tarefa 7.4 – Concluir levantamento/seleção e especificações de materiais dos SSC

Neste momento já estão definidos os materiais bem como, as especificações e custos abordados na tarefa seguinte. Desta forma, será apresentado em um único documento os materiais empregados em cada subsistema, suas especificações e os custos conforme Apêndice L.

#### Tarefa 7.5 – Concluir/atualizar levantamento de custos dos SSC

No Apêndice L estão os subsistemas listados seguindo a denominação das partes, materiais (especificação), dimensões, comprimento, quantidade e custos. No quadro 5.1 estão representados os custos relacionados aos materiais de cada subsistema. No Capítulo 6 será feita uma análise mais detalhada destes resultados comparando com um implemento similar fabricado pela empresa.

Quadro 5.1 - Custo da matéria prima para cada subsistema.

SUBSISTEMAS	CUSTO UNITÁRIO (MATÉRIA PRIMA)
Rabiça	R\$ 16,03
Rodas Motoras e Disco de Corte	R\$ 69,38
Chassi	R\$ 18,88
Cinzel de Adubo	R\$ 06,97
Cinzel de Semente	R\$ 06,21
Dosador e Reservatório de Adubo	R\$ 15,65
Dosador e Reservatório de Semente	R\$ 21,74
Roda Compactadora	R\$ 05,89
Engate de Tração	R\$ 03,81
Escarificador	R\$ 29,22
Sulcador	R\$ 12,46
Disco Duplo	R\$ 25,21

#### 5.4 Atividade 8 – Finalizar Atualizar Desenhos e Documentos

O objetivo desta atividade foi finalizar e atualizar a documentação do desenvolvimento, gerando a documentação que fosse necessária a partir dos resultados obtidos com o projeto preliminar.

##### Tarefa 8.1 – Concluir aspecto visual dos SSC

O aspecto visual do produto refere-se a apresentação de seus sistemas, subsistemas e componentes ao meio externo. Não teve-se grandes diferenciações na estética do mesmo, onde utilizou-se apenas a definição da cor que o implemento deverá ser apresentado. Assim foi utilizada a cor verde (característica da empresa) para todos os subsistemas do implemento.

Tarefa 8.2 – Finalizar documentos e desenhos detalhados com cotas, tolerâncias, especificações de materiais, cortes, numerações, etc.

Esta tarefa representou um grande esforço no sentido da finalização dos desenhos e suas especificações tendo como base os desenhos já iniciados no projeto preliminar. Um

software CAD foi utilizado, sendo que os desenhos finais são apresentados no Apêndice M para as respectivas montagens. Devido ao volume de desenhos gerados não estão apresentados os desenhos das peças em individual.

#### Tarefa 8.3 – Finalizar desenhos de conjunto e montagem

Os desenhos de conjunto e montagens de cada subsistema encontram-se no Apêndice M conforme descrito anteriormente.

#### Tarefa 8.4 – Finalizar desenhos pertinentes à produção

Nesta tarefa teve-se como objetivo finalizar ou preparar os desenhos que realmente são pertinentes a produção gerando um arquivo referente a estes. Em alguns casos os desenhos podem ser a mera cópia do que foi gerado nas tarefas anteriores.

#### Tarefa 8.5 – Verificar a validade e conferir a documentação gerada

Tendo finalizada a documentação, o objetivo desta tarefa foi realizar uma verificação final quanto à completeza das informações. A conferência foi realizada com o auxílio de uma *checklist* destes documentos e desenhos.

### 5.5 Atividade 9 – Projetar Embalagem

O implemento não tem embalagem definida para transporte e comercialização, e não foi verificada a sua necessidade. O que se verificou é que existe um cuidado especial no transporte para que não ocorra danificação, riscos, etc. Assim não realizou-se o projeto da embalagem neste desenvolvimento.

### 5.6 Atividade 10 – Criar Material de Suporte do Produto

O material de suporte do produto compreende os principais manuais de apresentação das informações de treinamento, operação, manutenção e descarte. Para esta atividade, ficará a critério da empresa a confecção destes manuais conforme formato e modelos utilizados para seus implementos. Desta forma as tarefas 10.1, 10.2, 10.3 e 10.4 não serão detalhadas.

## Tarefa 10.5 – Verificar resultados finais das especificações de projeto

Levando em conta as especificações de projeto tais informações foram consideradas como orientações e meta durante todo o desenvolvimento. A tabela 5.1 apresenta o resultado final da comparação entre as metas das especificações propostas e o que foi alcançado.

Tabela 5.1 - Resultado final do atendimento das especificações de projeto.

	Descrição	Meta	Alcançado	% de melhoria em relação à meta
1	Set up (preparar implemento)	15 minutos	10 minutos	33,33
2	Número de componentes total	175	277	- 58,29
3	Componentes padronizados n°	105	122	16,19
4	Tempo de manutenção	0	5 minutos	Ver abaixo
5	Peso do implemento (módulos)	139,4	91	34,72
6	Custo de fabricação (materiais)	R\$ 397,98	R\$ 197,50	50,37
7	Tempo de limpeza	20 minutos	5 minutos	OK
8	Vida útil	5 anos	5 anos	OK
9	Ergonomia	Normas	Normas	OK
10	Altura do centro de gravidade	361,25 mm	300 mm	16,96%
11	Frequência de manutenção	1/ano	10h	
12	Consumo de energia	Atender tração	OK	OK
13	Componentes com detalhamento	100%	100%	OK
14	Raio de manobra	Menor/igual ao atual	Menor que o atual	OK
15	Formas de tração	2	2	OK
16	Partes móveis expostas	0	2	Ver abaixo
17	Número de operadores	1	1	OK
18	Componentes recicláveis	100%	100%	OK

Observa-se que a maioria dos valores meta foram alcançados para as especificações, mas, por exemplo, o número de componentes total foi especificado como 50% do número de componentes dos implementos atuais encontrados no mercado, refletindo em um valor meta de 175 componentes. Considera-se este valor baixo para ser alcançado, pois devido o implemento ser modular, não significa que sua principal característica seja uma grande redução no número de componentes. Porém, o número de componentes padronizados teve um percentual de melhoria de 16,19% em relação à meta, considerando ainda que na contagem destes componentes entraram parafusos, arruelas e porcas.

Relacionado a especificação das partes móveis expostas, destaca-se que o implemento não pode ser regulado em operação e, mesmo assim, é operado por apenas uma pessoa que não está próxima destas partes móveis. Desta, forma não foram projetadas proteções para estas partes onde, de maneira geral pode-se dizer que as especificações foram atendidas.

## 5.7 Atividade 11 – Homologar Produto

Esta atividade compreendeu a finalização do processo de projeto envolvendo a apresentação formal dos resultados e definição de ações futuras com relação ao implemento. Tem-se portanto as seguintes tarefas a serem realizadas.

### Tarefa 11.1 – Apresentar os resultados à diretoria e gerentes

A particularidade desta tarefa reflete no andamento do projeto em empresas, mas neste desenvolvimento, tem-se a apresentação dos resultados em relatórios contendo as informações envolvidas na realização das atividades.

### Tarefa 11.2 – Demonstrar o produto

O implemento está disponível nas instalações do NeDIP e pode ser demonstrado em campo sem restrições. Pretende-se ainda, realizar a demonstração do produto em conjunto com a empresa formalizando a transferência da tecnologia e projeto em data a ser marcada.

### Tarefa 11.3 – Certificar o produto e observações gerais

As certificações do implemento envolvem fatores que neste trabalho, englobaram algumas das modalidades de ensaio realizadas nos testes de campo, seguindo os padrões estabelecidos por norma. Outra modalidade é a geração de patente para o sistema desenvolvido, a qual não será abordada neste trabalho.

### Tarefa 11.4 – Planejar ações futuras para o monitoramento coleta e processamento de informações

Como pretende-se realizar novos testes de campo, deverão ser enviadas as informações à empresa caso sejam geradas melhorias. Estes novos testes envolvem a disponibilização do implemento para especialistas da área de Agronomia, onde baseado em um delineamento estatístico, deverá ser providenciado o ferramental necessário para realização de um ensaio envolvendo todos os parâmetros desta modalidade. Isto compreende basicamente em multiplicar por três as repetições realizadas nos testes apresentados neste trabalho, incluindo o ensaio de tração, mobilização de solo para o implemento, realização do ensaio em diferentes tipos de solo, entre outros.

Por parte da empresa, serão fabricados alguns implementos disponibilizando-os para agricultores realizarem suas culturas anuais. Com isto se pretende acompanhar o desempenho e o retorno dos agricultores em relação ao mesmo.

#### Tarefa 11.5 – Registrar lições apreendidas no desenvolvimento

Como este desenvolvimento envolve um trabalho de dissertação, as lições apreendidas durante o mesmo, estão descritas no Capítulo 6.

### 5.8 Atividade 12 – Finalizar o Processo de Projeto – Disponibilizar Documentação para a Produção

Esta atividade final compreende na disponibilização do projeto para a empresa que irá fabricar o implemento.

### 5.9 Comentários finais do projeto detalhado

Em síntese a realização do projeto detalhado compreendeu características que, devido a este trabalho se tratar de uma dissertação, às vezes deixavam determinadas tarefas como realizações de caráter óbvio ou conseqüente do próprio desenvolvimento. Porém destaca-se, por exemplo, que as tarefas compreendidas no item 5.7 da atividade 11 são importantes no desenvolvimento de um produto por tratarem das ações presentes e futuras não descartando, as ações realizadas no passado deste desenvolvimento. Tem-se portanto, pontos chaves para serem considerados no mercado agressivo que exige constantes inovações, desenvolvimento rápido dos produtos sem erros e principalmente, contemplando as necessidades do consumidor.

As atividades constadas nesta fase auxiliaram perfeitamente a realização do projeto do ponto de vista de gerenciamento como também as ações envolvidas com o detalhamento e interação das informações durante o desenvolvimento.

## Capítulo 6

# Conclusões e Recomendações

### 6.1 Introdução

Este capítulo visa apresentar os resultados obtidos com o trabalho realizado e algumas recomendações para trabalhos futuros. O desdobramento seguirá a seqüência dos assuntos abordados no decorrer dos capítulos, tendo-se assim: as verificações feitas durante o desenvolvimento da sistemática; observações realizadas na aplicação da sistemática proposta; algumas considerações quanto à aplicação dos métodos DFX neste trabalho; os resultados e observações realizadas em torno do desenvolvimento do protótipo; testes; e, por fim, as recomendações finais para trabalhos futuros.

### 6.2 O desenvolvimento da sistemática

No desenvolvimento da sistemática, procurou-se delinear alguns parâmetros principais para a realização da modelagem das informações. Uma forma encontrada para tal foi a formulação das diretrizes da sistemática, onde foi possível organizar a maneira de abordar e estruturar as informações em torno das fases de projeto preliminar e detalhado. Para a questão da representação da sistemática, utilizou-se o modelo desenvolvido no NeDIP e empregado em outros trabalhos.

É compreensível que o projeto preliminar e detalhado compõe-se de fases que envolvem, em grande parte, as atividades realizadas em empresas e que, de forma geral, não utilizam metodologia para o desenvolvimento de seus produtos. Porém, é importante mencionar que as fases iniciais do processo de projeto também são primordiais para o sucesso do desenvolvimento como um todo. Dessa forma, a atenção principal, durante a proposição da sistemática, foi no sentido de manter a interatividade e simultaneidade das informações, visando a sua aplicação, sendo, para isso, analisadas as interfaces e informações advindas de outras fases.

Durante o desenvolvimento da sistemática, contou-se com importantes contribuições geradas por Doutorandos, Mestrandos e outros integrantes do NeDIP, de maneira informal, no sentido de serem confrontadas as suas experiências na utilização de modelos semelhantes nas suas atividades e, conseqüentemente, no desenvolvimento de produtos. Os resultados foram satisfatórios e resultaram no acréscimo de algumas informações ao conteúdo das fases, porém houveram divergências no que diz respeito à nomenclatura adotada para as atividades e tarefas, mas não tão significativas frente ao conteúdo e informações contidas em cada uma.

A fim de realizar uma comparação final entre as metodologias estudadas e a presente sistematização, utilizaram-se algumas características citadas por VERNADAT (1996) na avaliação de sistemas de modelagem de processos. Na tabela 6.1, apresenta-se um comparativo entre as metodologias estudadas e a sistematização proposta, envolvendo aspectos que foram considerados principais. A divisão estabelecida foi: “sim” quando atende a característica; “vaga” quando a característica não está clara quanto ao entendimento e conteúdo; “não” quando a característica não foi apresentada.

Tabela 6.1 – Resultados da comparação entre as metodologias para as fases de projeto preliminar e detalhado.

Características Avaliadas	Pahl Beitz	Back	Maribondo	Ullman	Baxter	Hubka	Blanchard Fabrycky	Sistemática Proposta
Construção formal e linguagem	sim	sim	sim	vaga	vaga	sim	vaga	sim
Informações gerenciais	vaga	vaga	vaga	vaga	vaga	vaga	vaga	sim
Níveis de desdobramento	sim	sim	sim	vaga	vaga	sim	vaga	sim
Flexibilidade para métodos e ferramentas	vaga	vaga	vaga	não	não	vaga	vaga	sim
Nível de detalhamento	sim	vaga	vaga	vaga	vaga	vaga	vaga	sim
Mecanismos de avaliação	vaga	vaga	vaga	não	não	vaga	vaga	sim
Informações de outros processos	vaga	vaga	vaga	vaga	vaga	vaga	vaga	sim
Interação e relacionamentos	vaga	vaga	vaga	vaga	não	vaga	vaga	sim

O principal objetivo da comparação foi identificar tais características, para que fosse possível, assim, visualizar as melhorias obtidas com a sistemática proposta. Dessa forma, é possível destacar atividades exclusivas de planejamento, visando ao gerenciamento das atividades, à utilização de DFX nas atividades das fases, ao desenvolvimento de protótipo, a atividades envolvendo a embalagem do produto, à linguagem simples e ao detalhamento de entradas e saídas de cada atividade, possibilitando a realização simultânea das mesmas.



Assim, dedicou-se atenção principal, ao propósito de manter a interatividade e simultaneidade das informações advindas de outras fases, bem como de sua interação e coerência entre o processo de projeto e os outros processos envolvidos com o produto.

Durante a proposição da sistemática, constatou-se quão importante é tal tarefa, que gera muitas discussões justamente por formalizar e tornar explícito o conhecimento da atividade de projeto. É compreensível a modificação do conteúdo na sua aplicação em projetos diferenciados, ou mesmo devido ao surgimento de novas ferramentas e softwares para auxílio em determinadas tarefas. Entretanto, é necessário que essas modificações sejam realmente conscientes e bem fundamentadas, para que não resultem em conclusões errôneas e não seja subestimado o processo metodológico, que vem sendo estudado e utilizado no planejamento e execução de projetos.

### 6.3 A aplicação da sistemática e sua eficácia

A aplicação da sistemática foi seguida para todas as atividades propostas em cada fase do processo de projeto. Aqui será estabelecida uma forma de avaliação da sistemática, de acordo com o verificado na prática, ou seja, considerando a aplicação da mesma. Para cada atividade, serão apresentadas as principais contribuições, geradas em relação às metodologias estudadas na revisão bibliográfica, bem como os aspectos que podem ser destacados frente a essas metodologias. Assim, segue a descrição das contribuições das atividades de projeto preliminar e detalhado, respectivamente:

- Atividade Planejamento do Projeto Preliminar do Produto: Esta atividade, pelo seu caráter, mostrou-se extremamente útil. Seja qual for o projeto ou desenvolvimento que se está realizando, é imprescindível realizar um planejamento, mesmo que, em muitos casos, seja realizado de maneira informal.

Disponibilizaram-se, assim, com as tarefas dessa atividade, os procedimentos básicos para se realizar um planejamento de qualquer projeto. Comparando-se com as metodologias estudadas, alguns autores citam a realização de um planejamento, mas não mostram explicitamente o que necessariamente deve ser feito. O contrário pode ser verificado na sistemática proposta. Destaca-se, também, a questão do planejamento da aplicação de DFX, cujo foco foi uma tarefa de identificação de algumas necessidades que prevêm a aplicação desses métodos.

- Atividade de Definir Estrutura do Produto: nesta atividade pode ser encontrada uma forma simples de iniciar o desenvolvimento das partes do produto. O que se percebe, nas

metodologias estudadas, é que a ligação entre o abstrato (concepção) e concreto (forma física), às vezes, é deixado a critério de quem o está projetando ou é dificultada pelo desdobramento necessário. Realmente esta interface não é simples de ser concretizada, ainda mais se o que está sendo desenvolvido é algo totalmente novo, e assim, em algum momento, a forma e o material do objeto necessariamente devem ser determinados.

Nesse sentido, a atividade abordou, de maneira simples, níveis de desdobramento em separado para as partes, sendo em nível de sistemas, subsistemas e componentes (SSCs). Como as entradas principais dessa atividade são a concepção e as funções do produto, estabeleceu-se que as funções devem ser primeiramente bem entendidas, para que possam refletir na posterior identificação dos SSCs. Com isso, são nomeados os SSCs, sendo atribuídos ou desenvolvidos os princípios físicos que vão atender as necessidades de cada um, gerando um leiaute preliminar, estabelecendo-se a estrutura do produto, que é, de certa forma, definida no projeto conceitual.

As principais contribuições dessa atividade são os passos ordenados para a evolução da concretização do produto, sendo: aspectos funcionais; identificação das partes dos SSCs; definição de princípios físicos, formas e interfaces; e definição de um leiaute preliminar. Esses procedimentos compreendem, em grande parte, a nomenclatura utilizada pelos autores estudados, mas que, nessa atividade, ficou melhor definida e estruturada.

- Atividade de Configurar Preliminarmente: compreende, em grande parte, o conhecimento passado nos cursos de engenharia sobre resistência dos materiais, elementos de máquinas, princípios de estática e dinâmica, termodinâmica, fabricação, etc. É um fator relevante, pois a sistemática pode ser utilizada para o ensino de engenharia, no sentido de fornecer uma visualização de onde se insere todo esse conhecimento e de como utilizá-lo, de forma organizada, em um projeto. Observou-se que alguns dos autores estudados abordam esses conhecimentos apresentando alguns conceitos, mas deixando implícito em que atividade ele é exatamente aplicado. Devido a isso, determinaram-se tarefas destacando a definição de aspectos e parâmetros principais, pré-dimensionamento, modelagens, simulações e processos de fabricação.

A aplicação de DFX mostrou-se eficaz nessa atividade da fase de projeto preliminar, pois é um ponto estratégico de configurações do produto sendo, portanto, o momento de utilizar as potencialidades, princípios e contribuições desses métodos.

- Opção por Fazer ou Comprar SSC: a atividade propôs-se a apresentar procedimentos que são realizados com intensa interação entre a equipe de projeto ou responsáveis e fornecedores de materiais e componentes. Muitas vezes, esses fornecedores são envolvidos

em desenvolvimentos e testes de componentes e, devido a isso, procurou-se abordar os procedimentos dessas interações em uma atividade particular da sistemática, delineando-se tarefas principais. Apesar da não aplicação desta atividade no estudo de caso (componentes comerciais e fornecedores já estavam concretizados pela empresa), verificou-se que a atividade é pertinente e que, em alguns autores, é apenas apresentada como a interação com a área comercial.

- Atividade Desenvolver Protótipo: esta atividade mostrou-se perfeitamente condizente com as necessidades do desenvolvimento, desde que não se realize o processo de forma seqüencial, pois a interatividade conferida a essa fase faz com que seja necessário iniciar o desenvolvimento do protótipo, mesmo não tendo finalizadas outras atividades. Por exemplo, alguns subsistemas ou componentes necessitam ser fabricados e testados em separado, para verificar seu funcionamento, testar vida útil, etc, sendo este o momento de realizar tais procedimentos, conforme tarefas estabelecidas.

Em comparação com as metodologias estudadas, aqui se tem a vantagem de definir uma atividade apenas para a fabricação e testes de protótipo, não a envolvendo com questões de modelagens e simulações, como alguns autores apresentam em meio as suas metodologias.

- Planejamento do Projeto Detalhado do Produto: esta atividade tem a mesma importância e envolve os mesmo aspectos destacados na atividade de planejamento do projeto preliminar. Se o projeto for estritamente seguido em um nível gerencial, a atividade é de extrema utilidade; caso contrário, pode parecer uma redundância no gerenciamento do projeto. Esse é, cada vez mais, evidenciado em pesquisas, visando-se, por exemplo, delinear o cruzamento entre tarefas que foram planejadas para o controle durante o processo de projeto. Portanto não se pode desconsiderar essa importante atividade.

- Configuração Final de SSC do Produto: inicialmente, houve dúvida quanto à localização dessa atividade no processo de projeto, ou seja, poder-se-ia situá-la na fase de projeto preliminar ou no projeto detalhado. Foi na aplicação, durante o desenvolvimento do implemento, que se decidiu por sua inclusão no projeto detalhado, em função do nível de detalhamento envolvido em cada tarefa da atividade.

Verificou-se que essa atividade pode ser um ponto de aplicação dos métodos DFXs, sendo, assim, o momento de gerar otimizações no produto, antes das finalizações de desenhos e especificações em geral. A função, atribuída a essa atividade, refere-se às finalizações em um nível em que as informações podem alterar a estrutura do produto ou configurações das partes, o que fica evidenciado ao comparar-se essa atividade com a seguinte. O objetivo da atividade foi, pois, finalizar a configuração das partes em um nível de decisões para os

parâmetros que definem o produto como um todo, o que ficou mais detalhado e simples em relação às metodologias estudadas.

- Finalizar Atualizar Desenhos e Documentos: esta atividade finaliza o detalhamento das partes, agora em termos de desenhos, documentos e formas de representação em geral. Mesmo que sejam utilizados sistemas CAD ou outras ferramentas de auxílio ao projeto, nesta atividade procurou-se delinear as principais tarefas que representam as necessidades de representação do produto, visando também a áreas que as utilizarão.

- Projeto da Embalagem: esta tarefa não foi aplicada no projeto do implemento desenvolvido, mas destaca-se sua importância. Os próprios autores pesquisados na literatura não evidenciam o projeto da embalagem, aspecto delegado aos responsáveis pelo desenvolvimento dos produtos. Dessa forma, é plenamente justificável a definição dessa atividade no desenvolvimento, como também para o ensino de metodologias de projeto.

- Criação de Material de Suporte do Produto: verificou-se, nessa atividade, um fator de importância que implica a área de desenvolvimento, onde foi possível responder às questões que envolvem os materiais de suporte do produto, como manuais e informações para o treinamento de pessoal envolvido, etc. Tal atividade é pertinente nessa fase, embora não seja abordada nas metodologias estudadas, talvez por refletir aparentemente um trabalho que é realizado para todos os produtos. Porém, destaca-se que, por exemplo, acidentes de trabalho ou interrupções no funcionamento de determinados produtos, são ocasionados justamente devido à operação inadequada e à falta de informação que pode ser transmitida por tais documentos.

Nessa atividade, também se dedicou uma tarefa para a verificação final quanto ao atendimento das especificações de projeto, o que se mostrou condizente, pois é onde realmente se finalizam todas as tarefas do desenvolvimento do produto.

- Homologação do Produto: incluiu-se essa atividade visando à apresentação final do produto, como um marco de finalização do processo de projeto, sem perder de vista o futuro do produto em sua comercialização e uso. Verifica-se, portanto, a sua pertinência quanto às tarefas e à aplicação no processo de projeto.

Os resultados da aplicação da sistemática, no desenvolvimento do implemento agrícola, foram positivos e contribuíram para melhorar alguns aspectos da sistematização. O objetivo da aplicação foi verificar, na prática, como seria o comportamento e interação entre as atividades da sistemática e as necessidades de desenvolvimento, pois o produto (implemento agrícola), foi realmente desenvolvido dentro de prazos, necessidades de

processos de fabricação, e, principalmente, atendendo as especificações de projeto que representam as necessidades de mercado quantificadas.

## 6.4 A aplicação de métodos DFXs

A aplicação de métodos DFX, em meio à sistemática, envolveu três aspectos principais: a forma em que estavam disponibilizados para aplicação; a sua aplicação propriamente dita e interação com a sistemática; e a forma operacional das informações, sendo envolvidas outras pessoas na aplicação. Esses três aspectos serão descritos para cada método aplicado.

### 6.4.1 A aplicação do DFA e da planilha de Ullman

Como visto, a ferramenta utilizada para abordar a montagem encontra-se na forma de um software, para o qual foi necessária a adaptação, bem como o entendimento de seu funcionamento para a sua aplicação. Os principais benefícios gerados foram o auxílio na análise das partes separadamente, gerando redução de peças e tempos de montagem, que refletiram também na redução dos custos. A aplicação desse software ocorreu durante a atividade nomeada como Configurar Preliminarmente SSC, sendo apresentado, no Anexo C, um relatório que o próprio software fornece como resultado. Observou-se que, para o preenchimento do chamado quadro da estrutura do produto, a sistemática já o havia definido, o que simplificou a utilização do DFA.

A aplicação desta abordagem mostrou que é necessário um período de tempo elevado para sua utilização, já que as peças são analisadas individualmente. Ainda com relação à montagem, utilizou-se a planilha de Ullman, obtendo-se, para os subsistemas analisados, resultados dentro dos valores aceitáveis para a montabilidade das partes. Não foram gerados novos princípios ou soluções para o implemento, possivelmente devido à similaridade dessa planilha com o software DFA, ou seja, em alguns momentos os questionamentos se mostraram redundantes.

De qualquer forma, a planilha de Ullman pode ser facilmente aplicada, em qualquer situação, sem maiores dificuldades, gerando resultados que indicam a qualidade do projeto quanto à montabilidade e indicando a necessidade de se re-projetar. Para o software da *BDI* é necessário, além da disponibilidade, dedicar um tempo maior para treinamento e

implementação no processo de projeto, de modo para que se utilize ao máximo suas potencialidades.

#### 6.4.2 A aplicação do DFM

Este método exigiu, além da aplicação, esforços para seu desenvolvimento, já que não foi encontrado na bibliografia nada formalizado, que pudesse ser aplicado ou utilizado no processo de projeto. Aí surgiu a idéia de reunir as principais considerações apresentadas por autores da área e formalizar um método para a aplicação, que gerasse resultados quantitativos, indicando um grau de manufaturabilidade do produto. O método terá melhores resultados se for aplicado por uma equipe multidisciplinar; no caso estudado, a aplicação ocorreu no ambiente da empresa, envolvendo os colaboradores responsáveis pelo processo de fabricação.

Na atividade de Configurar Preliminarmente os SSCs, foi utilizado esse método, tendo sido verificada a boa compatibilidade para aplicação nesse nível do desenvolvimento do projeto preliminar. O processo de aplicação necessitou, primeiramente, de um tempo para o entendimento de cada consideração envolvida pelo método, o que se considera normal, pois ocorre o aprendizado relacionado ao que é mais vantajoso e ao que trará melhores resultados para o projeto, visando à manufatura. Já durante o andamento, conforme o entendimento foi sendo adquirido, o processo mostrou-se prático e envolveu todos os participantes nas discussões, quebrando barreiras, integrando e motivando os colaboradores frente à importância das decisões nessa fase.

Foram obtidas, assim, simplificações de algumas partes do implemento agrícola, a utilização de sobras de materiais de outros processos de fabricação, o emprego de materiais de menor custo, sugestões e o relato de experiências anteriores quanto ao comportamento e funcionamento de determinados mecanismos em campo, entre outros. Assim, o método apresentou-se de boa aplicabilidade, condizente com o processo de projeto e dentro da sistemática proposta, como um mecanismo de auxílio na quebra do paradigma entre as áreas de projeto e manufatura, conforme os preceitos da engenharia simultânea.

#### 6.4.3 A aplicação do FMEA

A forma de utilização da ferramenta e dos procedimentos de aplicação foi baseada na literatura, sendo primeiramente estudadas as possibilidades e fatores envolvidos na aplicação. A ferramenta aplicada em dois momentos da sistemática: na atividade de configuração

preliminar dos SSCs e na atividade de configuração final dos mesmos. Essas duas atividades se encontram nas fases de projeto preliminar e detalhado, respectivamente, sendo que, em ambas, o nível de detalhamento foi razoavelmente diferenciado.

No projeto preliminar, aplicou-se o FMEA para o subsistema rodas motoras e disco de corte, para o qual não se dispunha de maiores detalhamentos dos componentes envolvidos. Procurou-se, dessa forma, contribuir na identificação de fatores determinantes no projeto do subsistema e no fornecimento de informações a respeito do mesmo. Dessa aplicação obtiveram-se resultados, tais como a identificação de materiais que poderiam ocasionar falhas, melhorias no projeto, com relação ao desempenho em campo, a adição de elementos que facilitam as regulagens de altura e considerações referentes à fabricação.

A aplicação, na fase de projeto detalhado, foi no subsistema rabiça, que já estava disponível e cujo funcionamento em campo já era conhecido. A ferramenta empregada teve como objetivo identificar possíveis melhorias e as falhas que viriam a comprometer o funcionamento da rabiça. Assim, obteve-se uma redução de peças, um novo princípio de solução, a identificação dos elementos que necessitam de maior controle na fabricação e os respectivos componentes, mais susceptíveis a falhas.

Se forem comparados os dois casos de aplicação, mesmo sendo em subsistemas diferenciados, verifica-se que, quando se tem disponível o elemento físico, o nível de abstração durante a aplicação do FMEA torna-se menor, facilitando a análise e identificação de modos de falha, efeitos, etc. Enfim, os resultados foram satisfatórios, no sentido de se organizar e induzir a um entendimento do funcionamento e comportamento dos subsistemas, desde que se tenha tempo disponível para a aplicação.

## 6.5 O desenvolvimento do protótipo

O desenvolvimento do protótipo compreendeu a atividade denominada “desenvolver protótipo” da fase de projeto preliminar da sistemática. Envolveu o resultados das atividades anteriores, com os sistemas, subsistemas e componentes devidamente identificados e configurados, de forma que pudessem ser fabricados.

### 6.5.1 Principais resultados

Comparando-se o custo da matéria prima utilizada para fabricar os módulos do Multicultor Modular com os implementos disponíveis no mercado, obtiveram-se os resultados da tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Comparativo entre o custo da matéria prima em R\$ do implemento Multicultor Modular desenvolvido e implementos comerciais.

Implementos	Multicultor Modular (R\$)	Comercial (R\$)	Diferencial no custo (R\$)
Semear-adubar (cinzel)	168,76	237,98	69,22
Semear-adubar (disco duplo)	185,76	250,40	64,44
Escarificador	29,22	90,38	61,16
Sulcador	12,46	81,90	69,44

Os resultados, apresentados na forma de custos de matéria prima, expressam a importante característica da modularização obtida, ou seja, a redução de custo pelo intercâmbio de ferramentas em um chassi principal. Todo agricultor, que utilizar um implemento escarificador, terá um sulcador e também uma semeadora-adubadora e vice-versa.

Outro fator de destaque foi o peso do módulo semeadora-adubadora, de 75,50 kg, sendo que um implemento comercial similar pesa 88 kg. A redução aparenta ser pequena, porém, se forem consideradas as vantagens de o implemento ter um comprimento reduzido e a concentração do peso ficar mais à frente do mesmo, qualquer redução de peso contribui significativamente para tornar sua operação mais fácil e menos desgastante.

No segundo momento, trabalhou-se com a empresa no desenvolvimento e finalização do projeto, para que o protótipo fosse fabricado. Esse momento foi importante, não apenas para a fabricação e transferência das informações, mas também para a geração e otimização das alternativas para as configurações pré-estabelecidas. Outro fator importante foi a adequação dos subsistemas e componentes ao processo de fabricação da empresa, em que, conforme fossem sendo fabricadas as partes, também eram testadas preliminarmente, a fim de se certificar o funcionamento em campo. Comprovou-se que realmente, ao se desenvolverem máquinas agrícolas, é imprescindível o teste de campo, pois é nele que se identificam, principalmente quando há contato da máquina com outros meios, fatores de distúrbios gerados e que não são simples para questões de modelagens e simulações.



Para finalizar o desenvolvimento, também foram planejados e executados testes de campo, seguindo procedimentos estabelecidos por normas. Esses testes envolveram a avaliação de outros parâmetros, além dos verificados nos testes preliminares. Os testes foram realizados nas variações do implemento modular para os módulos semear-adubar, escarificar e sulcar solo. O desenvolvimento e testes possibilitaram a publicação de trabalho em congresso, conforme citado nas referências bibliográficas.

Para os testes de campo, obtiveram-se resultados positivos frente aos parâmetros abordados, sendo o desempenho do sistema de corte da palhada, abertura de sulco e, portanto, a penetração do implemento ao solo. O implemento desenvolvido apresentou qualidades de estabilidade, fácil operação e manobra, devido ao comprimento reduzido, aproximação do centro de gravidade ao solo e por ter duas rodas motoras. É importante mencionar, que durante o desenvolvimento, foi considerada a opinião de agricultores, a fim de se adequarem, ao máximo, suas exigências, facilitando e simplificando as operações como confirmado nos testes de campo. A figura 6.1 ilustra o implemento para o módulo semear-adubar.



Figura 6.1 - Multicultor Modular montado com a opção semeadora-adubadora.

#### 6.5.2 Oportunidades identificadas

No tempo de permanência na empresa e durante o desenvolvimento e respectivas análises e discussões, identificaram-se novas oportunidades para o Multicultor Modular. Como sua estrutura ou o chassi comporta os esforços realizados pelas operações de sulcagem e escarificação, verificou-se que outros implementos poderiam ser modularizados, de forma a serem opções de ferramentas para cada cenário agrícola e, conseqüentemente, para as necessidades de cada agricultor. Os implementos identificados serão descritos, de acordo com as características que vislumbraram sua implementação, conforme destacado a seguir.

**Adubadeira:** Faz a adubação para o plantio ou adubação de cobertura, conforme figura 6.2, sendo que essa opção pode ser utilizada com o próprio módulo reservatório e dosador de adubo do Multicultor Modular desenvolvido.



Figura 6.2 – Adubadeira.

Conjunto Adubadeira: Faz a adubação para o plantio ou adubação de cobertura, conforme figura 6.3, tendo duas saídas de adubo, opção que também pode ser utilizada com o próprio módulo reservatório e dosador de adubo do Multicultor Modular desenvolvido.



Figura 6.3 – Conjunto Adubadeira.

Cultivadores tipo Enxadas: Este implemento é composto por um conjunto de enxadas para o tipo de cultivo que se deseja, conforme figura 6.4, sendo ainda conjugado com arados de aivecas.



Figura 6.4 – Cultivadores tipo enxadas.

Abacelador com Asas: Este implemento é utilizado para aproximar a terra das linhas onde se tem a cultura, realizando um leve revolvimento do solo, conforme figura 6.5. Pode-se, ainda, regular as asas, conforme a distância entre linhas.



Figura 6.5 – Abacelador com Asas.

Arado Aterrador: Este implemento é utilizado para cobrir determinadas culturas ou aproximar a terra das linhas com maior veracidade, realizando o revolvimento do solo conforme figura 6.6. Pode-se ainda regular as asas conforme distância entre linhas.



Figura 6.6 – Arado Aterrador.

Para estes implementos, é possível desenvolver interfaces adequadas com o chassi, desde que sejam testados e certificados quanto ao funcionamento. Esse fator foi recebido com muita satisfação, pois mostra o potencial promissor do Multicultor Modular no cumprimento de um dos objetivos deste trabalho, a contribuição no quadro de mecanização agrícola em pequenas propriedades rurais.

## 6.6 Recomendações finais para trabalhos futuros

Como recomendações finais deste trabalho, consideram-se os três assuntos principais que envolveram a dissertação:

- Os métodos DFXs e ferramentas: recomenda-se continuar os estudos relacionados a esses métodos, tanto na formalização como na aplicação em desenvolvimento de produtos. Sugere-se a construção de uma base de dados, para que possam ser utilizados de forma prática os conhecimentos a respeito desses métodos, contendo os procedimentos para aplicação, treinamento, condições ideais para aplicação, abordando também os detalhes de outros métodos além dos aplicados neste trabalho.

Muitos desses métodos são citados em publicações, mas não se encontram formalizados para aplicação em desenvolvimento de produtos, conforme verificado no estado da arte, o que significa que há muito para explorar nessa área e os resultados são promissores.

- A sistemática para o projeto preliminar e detalhado: recomenda-se continuar as pesquisas envolvendo os métodos e ferramentas que auxiliam o desenvolvimento nessas fases. Sempre é possível desenvolver técnicas visando simplificar a utilização de metodologias, bem como a obtenção de resultados efetivos e rápidos para o produto que se está desenvolvendo nessas fases.

Sugerem-se trabalhos envolvendo o mapeamento das atividades que compreendem outros setores, como fabricação, marketing, vendas, etc, a fim de se identificarem necessidades e relações para o projeto preliminar e detalhado, realizando os preceitos de engenharia simultânea. Para induzir a esse mapeamento, pode ser proveitoso envolver o trabalho com o ambiente de desenvolvimento em empresas, para que possam ser adequadas e realmente certificadas, na prática, as interações, dificuldades e conteúdos envolvidos.

A atividade do projeto preliminar denominada Decidir por Fazer ou Comprar SSC é um exemplo da possível interação com empresas, onde podem ser realizados trabalhos de pesquisa. Os sistemas CAD/CAE/CAM também são assuntos que podem ser explorados para essas fases, quanto às interações e procedimentos durante o projeto, uma vez que, cada vez mais, existe um detalhamento fornecido por tais sistemas, o que auxilia na geração de soluções e nas decisões durante o desenvolvimento.

- O implemento agrícola Multicultor Modular: para o implemento desenvolvido, sugere-se realizar o que já foi comentado durante a dissertação, ou seja, realizar outros testes dentro de um delineamento estatístico visando envolver variações de solo e dentro de todos os parâmetros possíveis, agilizando os equipamentos como dinamômetro, perfilômetro e penetrógrafo.

A pareceria, estabelecida durante o desenvolvimento do implemento, deixou clara a possibilidade desse tipo de trabalho, já que assim é possível contribuir, de alguma forma, com a sociedade, disponibilizando, por meio de empresas, produtos comercialmente viáveis. O presente trabalho de pesquisa e ação representa uma contribuição para com o conhecimento em metodologias de projeto, desenvolvimento de produtos e também para a simplificação da vida do homem no campo.

## Referências Bibliográficas

AHN, Sung-Hoon, ROUNDY, Shad, and WRIGHT, Paul K. "Design Consultant": A Network-Based concurrent design environment. International Mechanical Engineering Congress & Exposition. 1999 International Mechanical Engineering Congress & Exposition. Nashville, Tennessee. 1999.

ANDREASEN M.M., KAHLER S., LUND T., with SWIFT K. Design for Assembly. Springer-Verlag, 1988.

AREND L., FORCELLINI A. F, OGLIARI A. A Proposal of a Systematic Model for the Phases of Preliminary and Detailed Design the of Product Development Process. COBEM (Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica) 2003.

AREND L., FORCELLINI A. F., OGLIARI A., WEISS A. Desenvolvimento de um Implemento Agrícola Modular para Pequenas Propriedades Rurais. XXXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2003.

ASHBY M. F. Materials Selection in Mechanical Design. Engineering Department, University of Cambridge, UK. Pergamon Press 1992.

ASIMOW, Morris. Introdução ao Projeto de Engenharia. Mestre Jou, São Paulo, 1962.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS –ABNT. Projeto de norma 04:015.06-007: semeadora de precisão – ensaios de laboratório – método de ensaio. São Paulo, 1995.

BACK, Nelson. Metodologia de Projeto de Produtos Industriais. Guanabara Dois. 1983.

BACK, Nelson, FORCELLINI, Fernando Antônio. Apostila da disciplina de Projeto Conceitual, EMC 6605, do Programa de Pós-graduação em Eng. Mecânica. UFSC, 2001.

BACK, Nelson, OGLIARI, André. Material da Disciplina de Gerenciamento de Projeto, do Programa de Pós-graduação em Eng. Mecânica. UFSC, 2000.

BALASTREIRE, Antonio Luiz. Máquinas Agrícolas. Editora Manole LTDA. São Paulo 1987.

BAXTER M. Projeto de Produtos. Guia prático para o desenvolvimento de produtos. Edgard Blucher LTDA, 1998.

BITENCOURT, Antônio Carlos Peixoto. Desenvolvimento de uma Metodologia de Reprojetos de Produtos para o Meio Ambiente. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2001.

BLANCHARD S. B., FABRYCKY J. W. Systems Engineering and Analysis. Prentice Hall. Second Edition. 1990.

BOOTHROYD, G., DEWHURST, Inc. Design for Assembly. Version 8.0. Software User Guide. 1996.

BOOTHROYD, G., DEWHURST, P., KIGHT, W. Product Design for Manufacture and Assembly. Marcel Dekker, 1994.

BRALLA, James G. Design For Excellence. McGraw-Hill, Inc. 1996.

BURGESS, J H; Design for Humans. The Humans Factors in Engineering. Petrocelli Books, Inc 1986.

CARTER. A. D. S. Mechanical Reliability. Segunda edição. Macmillan Education Ltda. 1986.

CLARK K. B., FUJIMOTO T. Product Development Performance. Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry. Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts, 1991.

CORBETT J., DOONER M., MELEKA J., PYM C.; Design for Manufacture. Strategies, Principles and Techniques. Addison-Wesley Publishers Company Inc. 1991.

CORYELL, Avery. E. The Design 12 steps that turn (1967).

DELLAGIUSTINA, Dionísio. Desenvolvimento do Protótipo de uma Semeadora Adubadora de Plantio Direto e Tração Animal. Tese de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC. 1990.

DIAS, A., BACK, N., FORCELLINI, F. A., OGLIARI, A., WEISS, A., SCHMIDT A. S. Tecnologia Apropriada em Ferramentas, Máquinas e Implementos Agrícolas para Pequenas Propriedades Rurais: Santa Catarina. XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, pg 67-72. Campina Grande: UFPB, 1997.

EPPINGER, Steven D., ULRICH, Karl D. Product Design and Development. McGraw-Hill, Inc 1995.

FERREIRA, M. G. G. Utilização de Modelos para Representação do Produto no Projeto Conceitual. Dissertação (mestrado em engenharia), Curso de Pós-Graduação em Eng. Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 1997.

FERREIRA, AURÉLIO B. de H. Dicionário Eletrônico. Editora Nova Fronteira. Versão 2.0 Junho de 1996.

FERREIRA, J. C. E. Apostila da disciplina de Integração da Manufatura, do Programa de Pós-graduação em Eng. Mecânica. UFSC, 2001.

FONSECA, A. J. H. Sistematização do Processo de Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos Industriais e Sua Implementação Computacional. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Curso de Pós-Graduação em Eng. Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2000.

FORCELLINI, Fernando Antônio. Projeto para Manufatura. Apostila da Disciplina Projeto para Manufatura EMC 6609, do Programa de Pós-graduação em Eng. Mecânica. UFSC, 2001.

HARTLEY, J. R. Engenharia Simultânea. Um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos. Editora Artes Médicas Sul Ltda. 1998.

HUANG, G. Q. Design for X. Concurrent engineering imperative. Chapman & Hall 1996.

HUANG, G.Q and MAK, K. L. The DFX Shell: A Generic Framework for Developing Design for X Tools. Robotics & Computer-Integrated, vol.13, No. 3, pp.271-280, 1997.

HUBKA, V. Principles of Engineering Design. WDK (1980).

HUBKA, V. and Eder W. E. Theory Technical Systems: a Total Concept Theory for Engineering Design. Springer – Verlag, London, 1988.

HUTHWAITE, Bart whit, Schneberger, David. Design for Competitiveness. The Team Approach To Product Development. Institute For Competitive Design, 1992.

KALYAN-SESHU, Uma-Sankar and BRAS, Bert. Integrating DFX Tools With Computer-Aided Design Systems. ASME Design Engineering Technical Conferences. Atlanta, Georgia. 1998.

KUO, Tsai-C, HUANG, Samuel H., ZHANG, Hong-C. Design for manufacture and design for “X”: concepts, applications, and perspectives. Computers & Industrial Engineering. 2001.

IIDA, Itiro. Ergonomia Projeto e Produção. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo. 1990.

MARIBONDO, J. F. Desenvolvimento de Uma Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares, Aplicada a Unidades de Processamento de Resíduos sólidos Domiciliares. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Curso de Pós-Graduação em Eng. Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MAZETTO, G. M. Desenvolvimento de um sistema modular para mecanização agrícola conservacionista em pequenas propriedades. 2000 – Dissertação (mestrado em engenharia), Curso de Pós-Graduação em Eng. Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.



MIALHE, Luiz Geraldo. Máquinas Motoras na Agricultura. Editora da Universidade de São Paulo EPU. São Paulo 1980.

MIALHE, Luiz Geraldo. Máquinas Agrícolas Ensaio & Certificação. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. 1996.

OGLIARI, André. Sistematização da Concepção de Produtos Auxiliada por Computador com Aplicação no domínio de Componentes Injetados. 1999 – Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Curso de Pós-Graduação em Eng. Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

OGLIARI, André. Apostila da disciplina de Modelagem e Simulação de Sistemas Mecânicos, EMC 6606, do Programa de Pós-graduação em Eng. Mecânica. UFSC, 2001.

PAHL, G. and BEITZ, W. Engineering design: a systematic approach. Londres: Springer-Verlag, 1996.

PALADY, Paul. FMEA Análise dos Modos de Falha e Efeitos. Instituto IMAN. São Paulo. 1997.

PAUPITZ, Alan. Sistematização do Planejamento da Sequência de Montagem de Produtos Industriais. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2000.

PIGHINI, U. Design Methods for Increasing Product Quality. In: ICED PROCEEDINGS, volume III. 1995, página 834 a 849. Munique.

PIGHINI, U, FARGNOLI, M, and GERACI, D. A Design Procedure for the Safety of Mechanical Systems. International Conference on Engineering Design ICED 01 Glasgow. August 21-23. 2001.

PMBOK – A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Disponibilizada através da Internet pelo PMI MG, em maio de 2000.

PORTELLA, José Antonio. Semeadoras para Plantio Direto. Aprenda Fácil Editora. Viçosa – MG 2001.

PUGH, S. Total Design Integrated Methods for Successful Product Engineering. Addison Wesley Publishing Company, 1991.

REIS, Ângelo Vieira dos. Desenvolvimento de uma Concepção para Dosagem e Deposição de Precisão para Sementes Miúdas. Proposta de Tese, Curso de Pós-Graduação em Eng. Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2000.

ROMANO, Leonardo N. Metodologia de Projeto para Embalagem. 1996 – Dissertação (mestrado em engenharia), Curso de Pós-Graduação em Eng. Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ROMANO, Leonardo N. Princípios para a Implementação da Engenharia Simultânea na Indústria de Máquinas e Implementos Agrícolas. Monografia Apresentada na Disciplina Tópicos Especiais em Projetos de Sistemas Mecânicos do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFSC. 2000.

ROMANO, L. N., BACK, N. OGLIARI, A. A Importância da Modelagem do Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas para a Competitividade das Empresas do Setor. X Congresso e Exposição Internacionais da Tecnologia da Mobilidade. São Paulo SAE Brasil 19 A 22 de novembro de 2001.

ROZEMBERG, N. F. M. & EEKELS J. Product Design: Fundamentals and Methods. Chichester: John Wiley & Sons, 1995.

SAKURADA, Eduardo Yuji. As Técnicas de Análise dos Modos de Falhas no Desenvolvimento e na Avaliação de Produtos. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFSC. 2001.

SCHLUTER, Andreas. Requeriments on the use of Methods in Industry. In: ICED PROCEEDINGS, volume I, 1999, página 231 a 232. Munique.

SHIBAIKE, Narito and ASANO, Takahiro. A Design Method for Recycle Optimisation. In: ICED PROCEEDINGS, volume II, 1999, página 1069 a 1072. Munique.

SHIGLEY, Joseph Eduard. Elementos de Máquinas. McGraw-Hill Book Company 1984.

SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R. Administração da Produção. 2º Edição. Editora Atlas S.A . São Paulo. 2002.

SOUSA, Adriano Gomes. Estudo e Análise dos Métodos de Avaliação da Montabilidade de Produtos Industriais no Processo de Projeto. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC, 1998.

STETTER, R. Influences on Method Introduction. In: ICED PROCEEDINGS, volume I, 1999, página 227 a 230. Munique.

ULLMAN, David G. The Mechanical Design Process. McGraw-Hill.Inc. 1992.

VERNADAT. F. B. Enterprise Modeling and Integration: principles and applications. Chapman & Hall. 1996.

WATSON B. A. & RADCLIFFE D. F. A Comparison of DFX Evaluation Tools. In: ICED PROCEEDINGS, volume III. 1995, página 853 a 858. Munique.

WEBER, C. J., GALLINA, F., REIS, A. V. dos, FORCELLINI, F. A. Modelamento e Simulação dos Erros da Cadeia Cinemática de Acionamento e do Disco Dosador em

Semeadoras de Precisão. XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2001.

WEISS, Augusto. Desenvolvimento e Adequação de Implementos para a Mecanização Agrícola Conservacionista em Pequenas Propriedades. 1998 – Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Curso de Pós-Graduação em Eng. de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## **ANEXO A**

- Especificações de projeto (saídas do projeto informacional) segundo MAZETTO (2000).



Tabela A.1 - Especificações de projeto. MAZETTO (2000).

ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO PARA O SISTEMA MODULAR					
Descrição	Meta	Uni	Sensor	Saída indesejável	
1 "Set up" (preparar implemento)	15 minutos	Min	Testes de campo	Tempo elevado	
2 Número de componentes	Reduzir em 50% o número de componentes (em relação aos atuais)	Núm.	Análise de projeto	Aumento do número de componentes ou da complexidade de fabricação	
3 Componentes padronizados	Utilizar no máximo 30% de novos componentes (em relação ao número atual de componentes)	%	Avaliação no decorrer do projeto	Mais do que 30% de novos componentes	
4 Tempo de manutenção	Deve ser o menor possível e, se possível, deve ser nulo	h	Testes de campo	Durabilidade reduzida por desgaste, tempo elevados	
5 Peso do equipamento	Diminuir em 15% o peso dos implementos em relação ao peso atual	kg	Pesagem ou estimativa do peso dos implementos gerados	Equipamentos frágeis ou difícil manobra e manuseio	
6 Custo de fabricação	O custo do sistema modular completo deve ser menor do que a soma dos custos dos implementos atualmente fabricados	R\$	Estimativas de custo através de ferramentas específicas	Custo maior ou perda de qualidade.	
7 Tempo de limpeza	No máximo 20 minutos	min	Testes /cronômetro	Aumento de custos	
8 Vida útil	5 anos	anos	Análise do projeto e materiais utilizados	Aumento dos custos e/ou super dimensionamento	
9 Ergonomia	Atender ao maior número possível de normas de ergonomia	%	Análise do projeto com as normas	Equipamento com custo elevado ou frágil	
10 Altura do centro de gravidade	Diminuir em 15%	m	Comparação com projeto atual	Mau funcionamento	
11 Frequência de manutenção	1/ano	h	Testes	Indisponibilidade do equipamento	
12 Consumo de energia	Ser compatível em consumo de energia com a opção de tração escolhida	kW	Teses de campo e análise de projeto	Consumo elevado de energia ou equipamentos frágeis	
13 Componentes com detalhamento	100%	%	Análise de projeto	Aumento de custos	
14 Raio de manobra	Menor ou igual ao atual	m	Testes	Menor manobrabilidade	
15 Formas de tração	No mínimo duas	Núm.	Projeto e testes	Aumento dos custos de fabricação	
16 Partes móveis expostas	Nenhuma	Núm.	Análise do projeto	Aumento de peso, custo ou tempos de limpeza e manutenção	
17 Numero de operadores	1	Núm.	Teste	Mais de um operador	
18 Componentes recicláveis	100%	%	Análise de projeto	Aumento de custos	



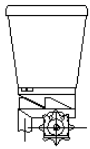
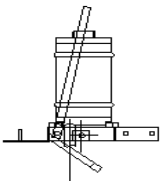
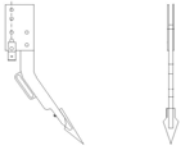
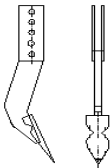
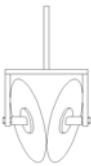
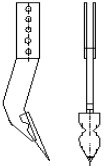
## **ANEXO B**

- Princípios de soluções ou concepções dos módulos construtivos (informações de saída do projeto conceitual) segundo MAZETTO (2000).



Tabela B.1 - Princípios de soluções ou concepções dos módulos construtivos. MAZETTO (2000).

Módulos Básicos:		
Nome	Funções	Princípios de solução empregados
MC 02	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ajustar momento</li> <li>Fixar tração</li> </ul>	 <p>A opção por estes princípios de solução se justificam pela simplicidade de sua construção. A fixação por parafuso e porca foi descartada, devido ao tempo de fixação e maior necessidade de ferramentas para a montagem.</p>
MC 03	<ul style="list-style-type: none"> <li>Posicionar haste;</li> <li>Dar mobilidade</li> <li>Cortar palhada.</li> <li>Captar potência</li> </ul>	 <p>A chapa com furos, como forma de ajuste da posição da haste, é de simples fabricação, e dispensa ferramentas para set up. Para dar mobilidade, a opção pelas rodas duplas está ligada as informações obtidas com pessoas que tiveram ligação direta com testes desenvolvidos neste tipo de equipamentos e que, segundo as mesmas, o corte da palhada acontece de forma mais regular, quando as rodas estão próximas e nos dois lados do disco. Para captação de potência, foi escolhida a corrente por ser simples e robusta, além de ser compatível com os dosadores. Quanto ao disco de corte, será utilizado o modelo já fabricado pela indústria.</p>
MC 04	<ul style="list-style-type: none"> <li>Captar força humana</li> <li>Auxiliar manobras</li> </ul>	 <p>Apesar das concepções I e II, terem se mostrado iguais em relação aos requisitos de projeto, a opção I foi escolhida em função da maior simplicidade. A fixação destes componentes é feita diretamente ao chassi, enquanto que a opção II necessitaria de auxílio para conectar-se ao mesmo.</p>
Módulos Especiais		
MC 01	<ul style="list-style-type: none"> <li>Romper solo</li> </ul>	 <p>As dimensões deste componente já estão definidas. Este módulo será similar aos utilizados atualmente nos equipamento destinados a atividade de escarificar solo fabricados comercialmente</p>
MC 05	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compactar solo</li> <li>Posicionar roda compactadora</li> </ul>	 <p>Dentre as alternativas de concepção apontadas, pesou para que esta fosse escolhida os seguintes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>O ajuste da posição da roda compactadora deve ser dinâmico, detalhe que restringe a utilização de braçadeiras.</li> </ul>

<b>MC 06</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosar adubo</li> <li>• Interromper dosagem</li> </ul>		Módulo comercial já existente.
<b>MC 07</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosar semente</li> </ul>		Módulo comercial já existente.
<b>MC 08</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depositar adubo</li> </ul>		Módulo comercial já existente.
<b>MC 09</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depositar sementes</li> </ul>		Módulo comercial já existente.
<b>MC 10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depositar sementes</li> </ul>		Módulo comercial já existente.
<b>MC 11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrir sulco</li> </ul>		Módulo comercial já existente.

## **ANEXO C**

- Relatórios Gerados pelo Software DFA.

## **ANEXO D**

- Resultados da aplicação do método de ULLMAN (1992) para verificação da montabilidade.

AVALIAÇÃO DA MONTAGEM		Avaliado por ____ Lucas			Data 15/10/2003	
		Revisado por _____			Data ____/____/____	
Análise de montagem individual para o Subsistema Chassi MC 12					Avaliação n : 01 02 03 04 05	
Montagem Global						Comentários
1) Conta total de partes minimizadas (potencial de melhoria)	<input type="radio"/> pobre (>60%)	<input type="radio"/> razoável (40-60%)	<input type="radio"/> boa (20-40%)	<input type="radio"/> muito boa (11-20%)	<input checked="" type="radio"/> excelente (<10%)	
2) Mínimo uso de fixadores separados	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input type="radio"/> bom	<input type="radio"/> muito bom	<input checked="" type="radio"/> excelente	
3) Parte básica com características de instalação	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input type="radio"/> bom	<input type="radio"/> muito bom	<input checked="" type="radio"/> excelente	
4) Reposicionamento requerido durante a montagem	<input type="radio"/> dois ou mais		<input type="radio"/> um		<input checked="" type="radio"/> sem repos.	
5) Eficiência da sequência de montagem	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input type="radio"/> bom	<input type="radio"/> muito bom	<input checked="" type="radio"/> excelente	
Captação das Partes						
6) Características que complicam a manipulação (flexibilidade excessiva, emaranhamento, etc.) foram evitadas	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input type="radio"/> algumas partes	<input type="radio"/> a maioria das partes	<input checked="" type="radio"/> todas as partes	
7) As partes foram projetadas para uma abordagem específica de alimentação (volume, linha, carregador)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Manipulação das Partes						
8) Pates simétricas de ponta a ponta	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input checked="" type="radio"/> algumas partes	<input type="radio"/> a maioria das partes	<input type="radio"/> todas as partes	
9) Partes simétricas ao eixo de inserção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
10) Onde a simetria é impossível, as partes são claramente assimétricas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Combinação das Partes						
11) Movimentações retilíneas de montagem	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input checked="" type="radio"/> algumas partes	<input type="radio"/> a maioria das partes	<input type="radio"/> todas as partes	
12) Chanfros e características que facilitam a inserção e o auto-alinhamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
13) Máxima acessibilidade às partes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<p>NOTA: pontuação de avaliação a ser usada somente para comparar uma montagem a alternativas de projeto da mesma montagem.</p>						48
						6
						24
						78 OK

AVALIAÇÃO DA MONTAGEM		Avaliado por ____ Lucas			Data 15/10/2003	
		Revisado por _____			Data ____/____/____	
Análise de montagem individual para o Subsistema Engate de tração MC 02					Avaliação n : 01 02 03 04 05	
Montagem Global						Comentários
1) Conta total de partes minimizadas (potencial de melhoria)	<input type="radio"/> pobre (>60%)	<input checked="" type="radio"/> razoável (40-60%)	<input type="radio"/> boa (20-40%)	<input type="radio"/> muito boa (11-20%)	<input type="radio"/> excelente (<10%)	
2) Mínimo uso de fixadores separados	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input type="radio"/> bom	<input type="radio"/> muito bom	<input checked="" type="radio"/> excelente	
3) Parte básica com características de instalação	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input type="radio"/> bom	<input type="radio"/> muito bom	<input checked="" type="radio"/> excelente	
4) Reposicionamento requerido durante a montagem	<input type="radio"/> dois ou mais		<input type="radio"/> um		<input checked="" type="radio"/> sem repos.	
5) Eficiência da sequência de montagem	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input type="radio"/> bom	<input type="radio"/> muito bom	<input checked="" type="radio"/> excelente	
Captação das Partes						
6) Características que complicam a manipulação (flexibilidade excessiva, emaranhamento, etc.) foram evitadas	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input type="radio"/> algumas partes	<input type="radio"/> a maioria das partes	<input checked="" type="radio"/> todas as partes	
7) As partes foram projetadas para uma abordagem específica de alimentação (volume, linha, carregador)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
Manipulação das Partes						
8) Pates simétricas de ponta a ponta	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input type="radio"/> algumas partes	<input type="radio"/> a maioria das partes	<input checked="" type="radio"/> todas as partes	
9) Partes simétricas ao eixo de inserção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
10) Onde a simetria é impossível, as partes são claramente assimétricas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Combinação das Partes						
11) Movimentações retilíneas de montagem	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input type="radio"/> algumas partes	<input type="radio"/> a maioria das partes	<input checked="" type="radio"/> todas as partes	
12) Chanfros e características que facilitam a inserção e o auto-alinhamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
13) Máxima acessibilidade às partes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
NOTA: pontuação de avaliação a ser usada somente para comparar uma montagem a alternativas de projeto da mesma montagem.	<input type="radio"/> total x 0				<input type="radio"/> total x 8	80
					<input type="radio"/> total x 6	12
			<input type="radio"/> total x 4			
		<input type="radio"/> total x 2				2
						94 OK

AVALIAÇÃO DA MONTAGEM		Avaliado por ____ Lucas			Data 15/10/2003	
		Revisado por _____			Data ____/____/____	
Análise de montagem individual para o <b>Subsistema Escarificador MC 01</b>					Avaliação n : 01 02 03 04 05	
Montagem Global						Comentários
1) Conta total de partes minimizadas (potencial de melhoria)	<input type="radio"/> pobre (>60%)	<input type="radio"/> razoável (40-60%)	<input checked="" type="radio"/> boa (20-40%)	<input type="radio"/> muito boa (11-20%)	<input type="radio"/> excelente (<10%)	
2) Mínimo uso de fixadores separados	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input checked="" type="radio"/> bom	<input type="radio"/> muito bom	<input type="radio"/> excelente	
3) Parte básica com características de instalação	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input type="radio"/> bom	<input checked="" type="radio"/> muito bom	<input type="radio"/> excelente	
4) Reposicionamento requerido durante a montagem	<input type="radio"/> dois ou mais		<input type="radio"/> um		<input type="radio"/> sem repos.	
5) Eficiência da sequência de montagem	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input type="radio"/> bom	<input type="radio"/> muito bom	<input checked="" type="radio"/> excelente	
Captação das Partes						
6) Características que complicam a manipulação (flexibilidade excessiva, emaranhamento, etc.) foram evitadas	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input type="radio"/> algumas partes	<input checked="" type="radio"/> a maioria das partes	<input type="radio"/> todas as partes	
7) As partes foram projetadas para uma abordagem específica de alimentação (volume, linha, carregador)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Manipulação das Partes						
8) Pates simétricas de ponta a ponta	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input checked="" type="radio"/> algumas partes	<input type="radio"/> a maioria das partes	<input type="radio"/> todas as partes	
9) Partes simétricas ao eixo de inserção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
10) Onde a simetria é impossível, as partes são claramente assimétricas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Combinação das Partes						
11) Movimentações retilíneas de montagem	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input type="radio"/> algumas partes	<input checked="" type="radio"/> a maioria das partes	<input type="radio"/> todas as partes	
12) Chanfros e características que facilitam a inserção e o auto-alinhamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
13) Máxima acessibilidade às partes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
NOTA: pontuação de avaliação a ser usada somente para comparar uma montagem a alternativas de projeto da mesma montagem.	<input type="radio"/> total x 0				<input type="radio"/> total x 8	24
					<input type="radio"/> total x 6	18
				<input type="radio"/> total x 4		24
		<input type="radio"/> total x 2				0
						0
						66 OK

AVALIAÇÃO DA MONTAGEM		Avaliado por ____ Lucas			Data 15/10/2003	
		Revisado por _____			Data ____/____/____	
Análise de montagem individual para o Subsistema Rabiça MC 04					Avaliação n : 01 02 03 04 05	
Montagem Global						Comentários
1) Conta total de partes minimizadas (potencial de melhoria)	<input type="radio"/> pobre (>60%)	<input type="radio"/> razoável (40-60%)	<input type="radio"/> boa (20-40%)	<input checked="" type="radio"/> muito boa (11-20%)	<input type="radio"/> excelente (<10%)	
2) Mínimo uso de fixadores separados	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input checked="" type="radio"/> bom	<input type="radio"/> muito bom	<input type="radio"/> excelente	
3) Parte básica com características de instalação	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input type="radio"/> bom	<input type="radio"/> muito bom	<input type="radio"/> excelente	
4) Reposicionamento requerido durante a montagem	<input type="radio"/> dois ou mais		<input checked="" type="radio"/> um		<input type="radio"/> sem repos.	
5) Eficiência da sequência de montagem	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input type="radio"/> bom	<input checked="" type="radio"/> muito bom	<input type="radio"/> excelente	
Captação das Partes						
6) Características que complicam a manipulação (flexibilidade excessiva, emaranhamento, etc.) foram evitadas	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input checked="" type="radio"/> algumas partes	<input type="radio"/> a maioria das partes	<input type="radio"/> todas as partes	
7) As partes foram projetadas para uma abordagem específica de alimentação (volume, linha, carregador)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Manipulação das Partes						
8) Pates simétricas de ponta a ponta	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input type="radio"/> algumas partes	<input checked="" type="radio"/> a maioria das partes	<input type="radio"/> todas as partes	
9) Partes simétricas ao eixo de inserção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
10) Onde a simetria é impossível, as partes são claramente assimétricas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Combinação das Partes						
11) Movimentações retilíneas de montagem	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input checked="" type="radio"/> algumas partes	<input type="radio"/> a maioria das partes	<input type="radio"/> todas as partes	
12) Chanfros e características que facilitam a inserção e o auto-alinhamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
13) Máxima acessibilidade às partes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
NOTA: pontuação de avaliação a ser usada somente para comparar uma montagem a alternativas de projeto da mesma montagem.						8
						36
						20
						64 OK



AVALIAÇÃO DA MONTAGEM		Avaliado por ____ Lucas			Data 15/10/2003	
		Revisado por _____			Data ____/____/____	
Análise de montagem individual para o <b>Subsistema Rodas motoras e disco de corte MC 03</b>					Avaliação n : 01 02 03 04 05	
Montagem Global						Comentários
1) Conta total de partes minimizadas (potencial de melhoria)	<input type="radio"/> pobre (>60%)	<input type="radio"/> razoável (40-60%)	<input type="radio"/> boa (20-40%)	<input type="radio"/> muito boa (11-20%)	<input checked="" type="radio"/> excelente (<10%)	
2) Mínimo uso de fixadores separados	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input checked="" type="radio"/> bom	<input type="radio"/> muito bom	<input type="radio"/> excelente	
3) Parte básica com características de instalação	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input checked="" type="radio"/> bom	<input type="radio"/> muito bom	<input type="radio"/> excelente	
4) Reposicionamento requerido durante a montagem	<input checked="" type="radio"/> dois ou mais		<input type="radio"/> um		<input type="radio"/> sem repos.	
5) Eficiência da sequência de montagem	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input checked="" type="radio"/> bom	<input type="radio"/> muito bom	<input type="radio"/> excelente	
Captação das Partes						
6) Características que complicam a manipulação (flexibilidade excessiva, emaranhamento, etc.) foram evitadas	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input type="radio"/> algumas partes	<input checked="" type="radio"/> a maioria das partes	<input type="radio"/> todas as partes	
7) As partes foram projetadas para uma abordagem específica de alimentação (volume, linha, carregador)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Manipulação das Partes						
8) Pates simétricas de ponta a ponta	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input type="radio"/> algumas partes	<input checked="" type="radio"/> a maioria das partes	<input type="radio"/> todas as partes	
9) Partes simétricas ao eixo de inserção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
10) Onde a simetria é impossível, as partes são claramente assimétricas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Combinação das Partes						
11) Movimentações retilíneas de montagem	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input type="radio"/> algumas partes	<input checked="" type="radio"/> a maioria das partes	<input type="radio"/> todas as partes	
12) Chanfros e características que facilitam a inserção e o auto-alinhamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
13) Máxima acessibilidade às partes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<p>NOTA: pontuação de avaliação a ser usada somente para comparar uma montagem a alternativas de projeto da mesma montagem.</p>						8
						36
						20
						64 OK

AVALIAÇÃO DA MONTAGEM		Avaliado por ____ Lucas			Data 15/10/2003	
		Revisado por _____			Data ____/____/____	
Análise de montagem individual para o Subsistema Sulcador MC 11					Avaliação n : 01 02 03 04 05	
Montagem Global						Comentários
1) Conta total de partes minimizadas (potencial de melhoria)	<input type="radio"/> pobre (>60%)	<input type="radio"/> razoável (40-60%)	<input type="radio"/> boa (20-40%)	<input checked="" type="radio"/> muito boa (11-20%)	<input type="radio"/> excelente (<10%)	
2) Mínimo uso de fixadores separados	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input checked="" type="radio"/> bom	<input type="radio"/> muito bom	<input type="radio"/> excelente	
3) Parte básica com características de instalação	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input type="radio"/> bom	<input checked="" type="radio"/> muito bom	<input type="radio"/> excelente	
4) Reposicionamento requerido durante a montagem	<input type="radio"/> dois ou mais		<input checked="" type="radio"/> um		<input type="radio"/> sem repos.	
5) Eficiência da sequência de montagem	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input checked="" type="radio"/> bom	<input type="radio"/> muito bom	<input type="radio"/> excelente	
Captação das Partes						
6) Características que complicam a manipulação (flexibilidade excessiva, emaranhamento, etc.) foram evitadas	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input type="radio"/> algumas partes	<input checked="" type="radio"/> a maioria das partes	<input type="radio"/> todas as partes	
7) As partes foram projetadas para uma abordagem específica de alimentação (volume, linha, carregador)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Manipulação das Partes						
8) Pates simétricas de ponta a ponta	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input type="radio"/> algumas partes	<input checked="" type="radio"/> a maioria das partes	<input type="radio"/> todas as partes	
9) Partes simétricas ao eixo de inserção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
10) Onde a simetria é impossível, as partes são claramente assimétricas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Combinação das Partes						
11) Movimentações retilíneas de montagem	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input type="radio"/> algumas partes	<input checked="" type="radio"/> a maioria das partes	<input type="radio"/> todas as partes	
12) Chanfros e características que facilitam a inserção e o auto-alinhamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
13) Máxima acessibilidade às partes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
NOTA: pontuação de avaliação a ser usada somente para comparar uma montagem a alternativas de projeto da mesma montagem.						8
						48
						16
						72 OK

## **ANEXO E**

- Alguns desenhos esquemáticos realizados durante as análises.

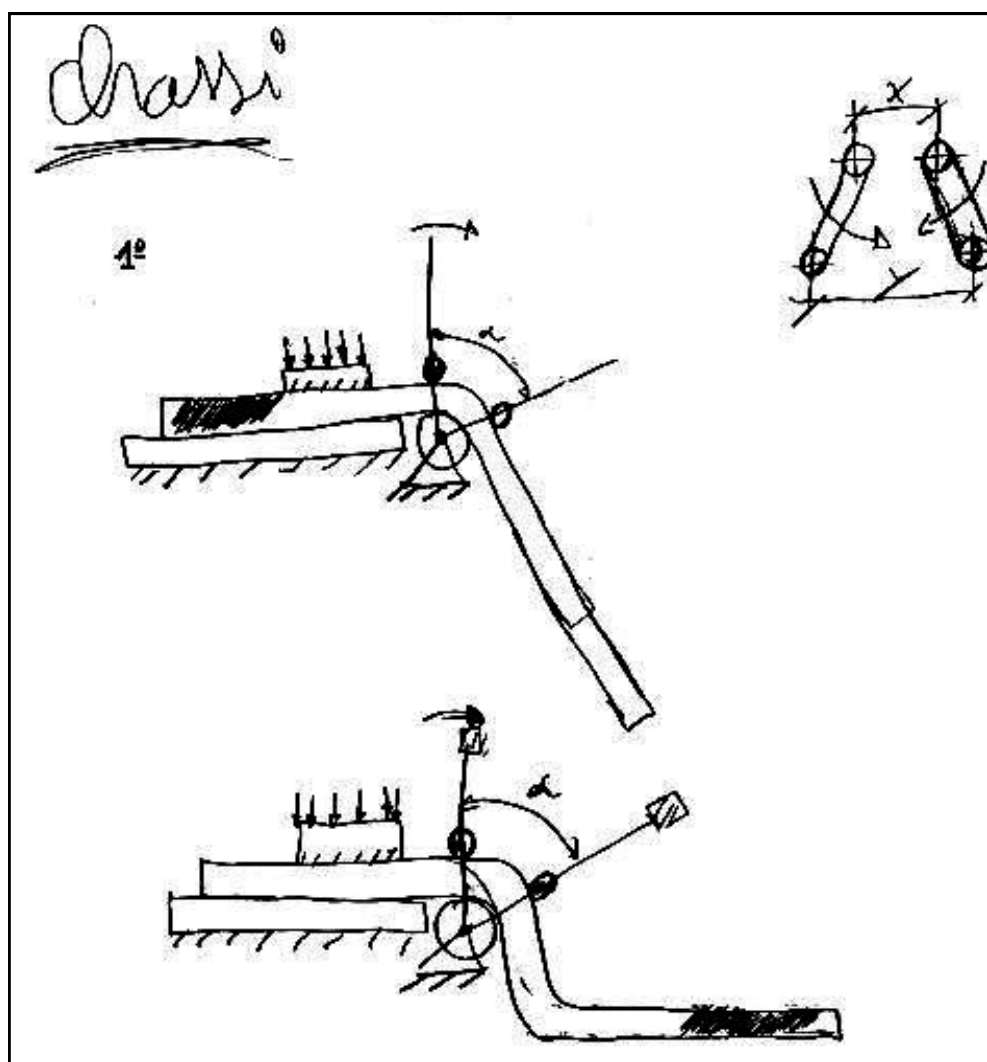


Figura E.1 - Esboços produzidos durante a dobragem dos tubos.

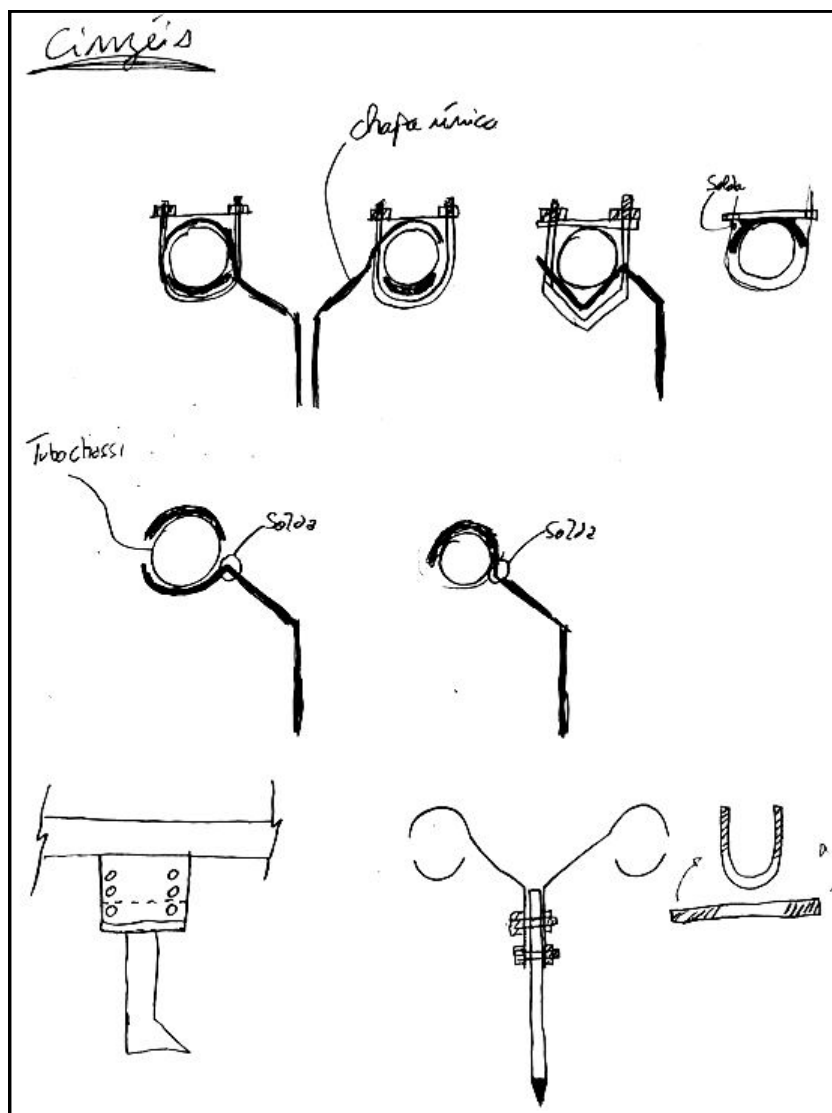


Figura E.2 - Esboços produzidos para discussão das opções nas chapas suporte e cinzéis bem como de suas regulagens.

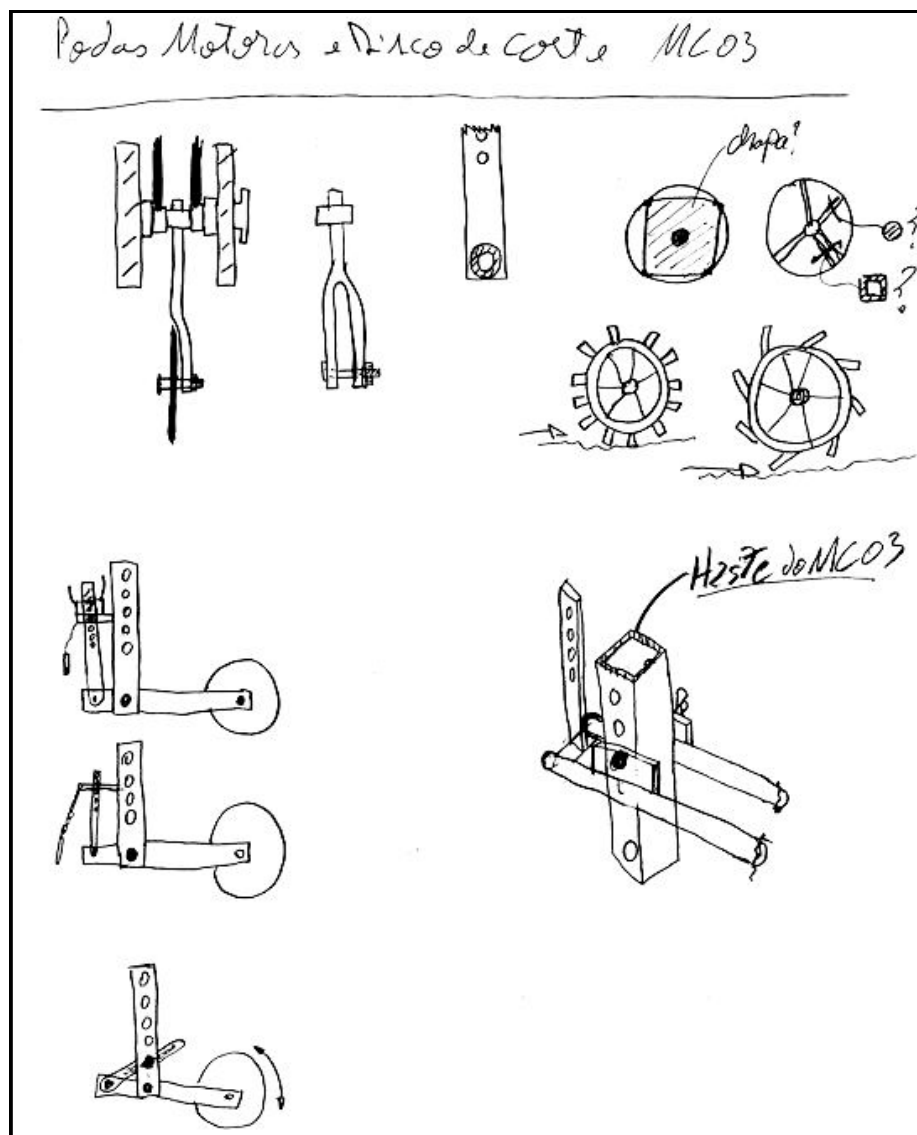


Figura E.3- Esboços produzidos para discussão das opções para algumas peças do subsistema rodas motoras e disco de corte.

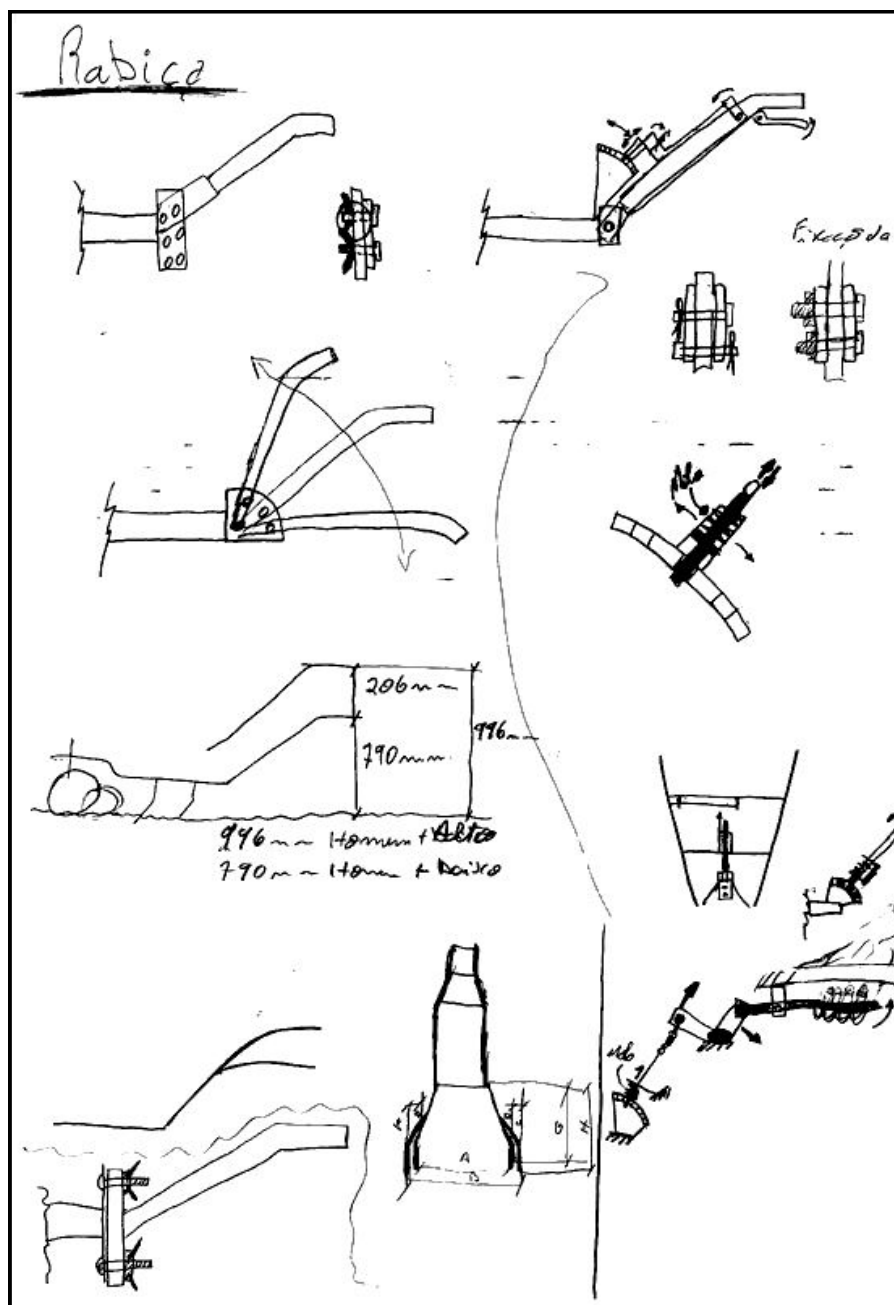


Figura E.4 - Esboços produzidos para discussão das opções para a rabiça.

# **APÊNDICE A**

Métodos: Projeto para Manufatura e Projeto para Montagem



# Projeto para Manufatura e Projeto para Montagem

## (Design for Manufacture – DFM, and Design for Assembly - DFA)

### 1.1 Considerações gerais

Os presentes métodos abordam as questões envolvendo a manufatura e montagem do produto e sua interação com o processo de desenvolvimento de produtos. Como pode-se observar na figura A1, existem elementos chaves que envolvem o planejamento e posterior trabalho com o DFM e DFA.

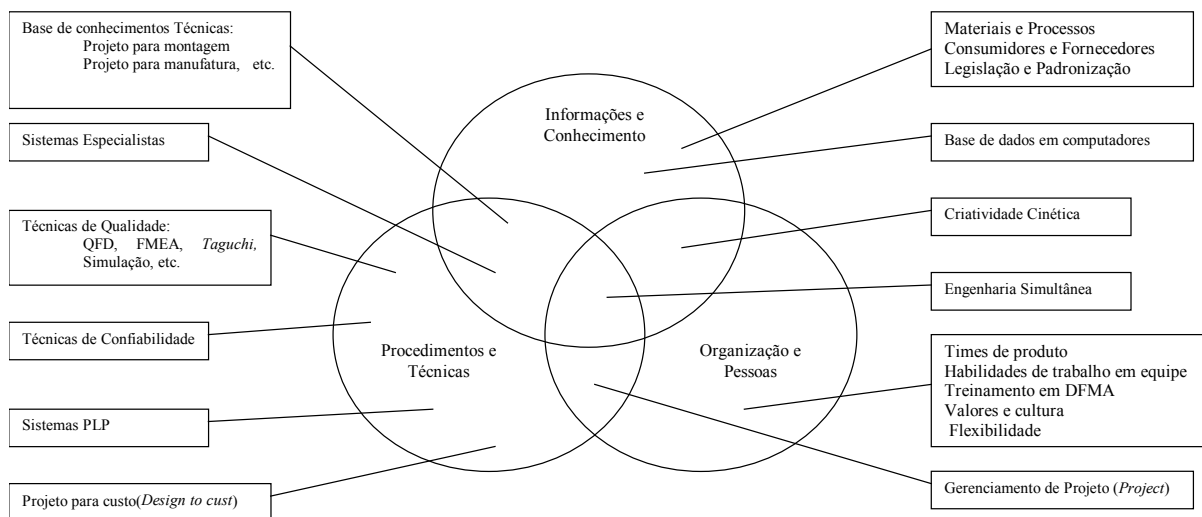


Figura A.1 – Elementos chaves no planejamento do DFM e DFA. MILES (1989) *apud* OLLIKAINEN (2001).

O objetivo principal é eliminar os procedimentos conforme representados na figura A.2, onde, os problemas são identificados e já não podem mais ser desconsiderados quando no estágio de fabricação. Para isto fundamenta-se principalmente na engenharia simultânea.

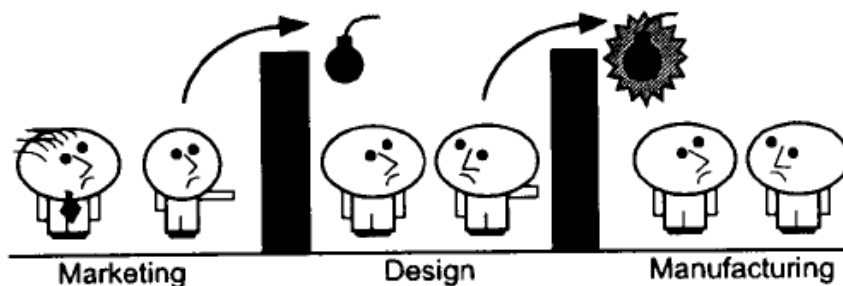


Figura A.2 - Departamento de manufatura frente ao processo de desenvolvimento. Fonte: HAYNES & FROST (1994) *apud* OLLIKAINEN (2001).

Os próximos aspectos e considerações foram desenvolvidos e compilados, para auxiliar no contexto dos processos de projeto e manufatura, visando o desenvolvimento de produtos de maneira harmoniosa e integrada. Portanto, neste, serão abordadas alguns princípios, regras e recomendações de projeto para manufatura e projeto para montagem, considerando mais explicitamente as questões práticas para aplicação do método, não envolvendo fatores organizacionais e de implementação em empresas.

## 2 Projeto para manufatura e montagem (DFM e DFA)

O projeto para a manufatura e projeto para montagem envolve a mudança do modo com que a empresa desenvolve o projeto e, a mudança das necessidades do projeto. Os objetivos do projeto para a manufatura e montagem são:

- Identificar precisamente os aspectos que afetam a produção e montagem de um produto, dentro de determinadas especificações;
- Enfocar o projeto dos componentes visando a fácil fabricação e montagem;
- Integrar o projeto dos processos de fabricação com o projeto do produto, para assegurar o melhor atendimento possível dos requisitos de projeto.

Abaixo tem-se os aspectos envolvidos e possíveis formas de apresentação das características e possibilidades para utilização dos métodos DFM e DFA:

- a) Princípios, regras e recomendações para o projeto na forma de lista e ou conjunto de questões;
- b) Recomendações para o projeto na forma de figuras ilustrativas com especificações de procedimentos corretos e incorretos para a fabricação e montagem ou utilizando *features* para agilizar no projeto e na fabricação;
- c) Tabelas e listas comparando a adequação entre materiais e processos de fabricação;
- d) Cálculos práticos para verificação da montabilidade do produto;
- e) Tabelas e listas contendo custos de materiais e processos de fabricação (pode-se obter custos de determinadas tolerâncias e acabamentos);
- f) Tabelas e listas contendo tempos e custos de montagem;

- g) Informações gerais das especificidades de materiais (dureza, resistência, etc.) e processos de fabricação (tipos de processos, máquinas disponíveis, capacidades, etc.);
- h) Software implementando todas as formas anteriores, como por exemplo, *Design for Manufacture and Assembly Software / Boothroyd Dewhurst, Inc.*

Aqui serão compreendidos os itens a, b, c, d e h por encontrarem-se na bibliografia e assim, possibilitar a formalização para aplicação. Os itens e, f, g não são menos importantes, sugere-se que com maiores esforços de implementação e desenvolvimento destes na indústria, se obtém, um mapeamento e a formalização de importantes fatores que facilitarão a tomada de decisão durante o desenvolvimento do produto.

Na figura A.3 tem-se um fluxograma macro com fases orientativas para aplicação dos métodos, tendo em vista o planejamento anterior destes:

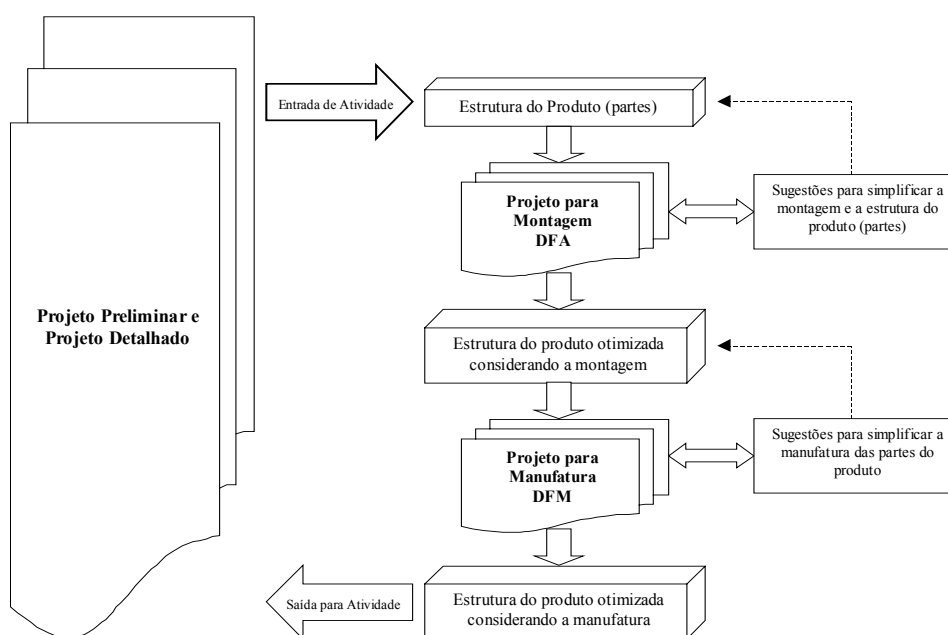


Figura A3 – Fluxograma orientativo para representação da aplicação de DFA e DFM.

### 3 Projeto para Montagem DFA

#### 3.1 Software DFA da *Boothroyd Dewhurst, Inc*

Este software compreende a gama de métodos que foram implementados em ambientes computacionais onde, o NeDIP dispõe da versão 8.0 de 1996 com módulo para montagem (DFA). O objetivo principal deste módulo é analisar o produto sistematicamente

identificando peças individualmente, verificando se as mesmas são necessárias, determinando tempos e custos de montagem. Como este faz parte de um dos módulos que estão disponíveis comercialmente, entre eles Projeto para Montagem DFA, Projeto para Fabricação DFM e Projeto para o Meio Ambiente DFE, a sua aplicação segue a seqüência de utilização em ambientes que utilizam este sistema. Uma descrição deste software em detalhes pode ser encontrada em PAUPITZ (2000).

### 3.2 Planilha para verificação da montabilidade do produto

A planilha proposta por ULLMAN (1992) visa a verificação da eficiência de montagem do produto avaliando fatores gerais como: montagem global, captação das partes, manipulação das partes peças e, a combinação das partes. A planilha a ser preenchida está apresentada na figura A4 e gera resultados entre os valores 0 e 104. Quanto maior a nota melhor a montagem, sendo considerado um projeto muito bom para valores acima de 78 e para valores abaixo de 52 é recomendado o reprojeto. Frente à situação de reprojeto, utiliza-se a comparação entre os resultados do novo projeto e velho, para verificar a eficiência do projeto.

Este cálculo prático é utilizado para verificar o índice de medição do potencial de melhoria da montabilidade do produto da planilha da figura A.4 item 1. O potencial de melhoria PM é calculado através da razão entre o número atual de componentes  $N_{\text{atual}}$  subtraído do mínimo número teórico de componentes  $N_{\text{mín\_teóric}}$  pelo mesmo número atual de componentes, conforme a equação 1:

$$PM = \frac{(N_{\text{atual}} - N_{\text{mín\_teóric}})}{N_{\text{atual}}} \quad \text{equação 1}$$

Para encontrar o número mínimo teórico de componentes  $N_{\text{mín\_teóric}}$  o autor recomenda uma análise dos componentes adjacentes as partes do produto questionando sua necessidade. Componentes adjacentes são por exemplo, componentes como parafusos, fixações rápidas, etc., sendo estes também incluídos na contagem. Assumindo que não se têm limitações no uso de materiais e fabricação, realiza-se as seguintes considerações para verificação e contagem das partes do produto  $N_{\text{mín\_teóric}}$ :

- componentes devem ser contados separados, se o produto tem movimentação relativa entre as partes. Por exemplo, se for necessário o deslizamento, a rotação entre as partes, etc.; porém isto não é válido, se o movimento relativo for pequeno e puder ser realizado por um elemento plástico como em uma dobradiça elástica;

- componentes de materiais diferentes devem ser contados separados, por exemplo, se determinado componente necessitar de um isolador elétrico ou para o aquecimento e outro adjacente seja um condutor;

- componentes devem ser separados quando a montagem ou desmontagem for impossível (observar que esta consideração é quando em casos de “impossibilidade” não de “inconveniência”).

Verificação do resultado:

- Se o PM der um valor menor que 10 %, o projeto é excelente;
- Se o PM for entre 11 e 20%, o projeto é muito bom;
- Se o PM for entre 20 e 40%, o projeto é bom;
- Se o PM for entre 40 e 60%, o projeto é falho;
- Se o PM for maior que 60%, o projeto é ruim.

AVALIAÇÃO DA MONTAGEM		Avaliado por _____			Data ____/____/____	
		Revisado por _____			Data ____/____/____	
Análise de montagem individual para _____					Avaliação n : 01 02 03 04 05	
<b>Montagem Global</b>						<b>Comentários</b>
1) Conta total de partes minimizadas (potencial de melhoria)	<input type="radio"/> pobre (>60%)	<input type="radio"/> razoável (40-60%)	<input type="radio"/> boa (20-40%)	<input type="radio"/> muito boa (11-20%)	<input type="radio"/> excelente (<10%)	
2) Mínimo uso de fixadores separados	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input type="radio"/> bom	<input type="radio"/> muito bom	<input type="radio"/> excelente	
3) Parte básica com características de instalação	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input type="radio"/> bom	<input type="radio"/> muito bom	<input type="radio"/> excelente	
4) Reposicionamento requerido durante a montagem	<input type="radio"/> dois ou mais		<input type="radio"/> um		<input type="radio"/> sem repos.	
5) Eficiência da sequência de montagem	<input type="radio"/> pobre	<input type="radio"/> razoável	<input type="radio"/> bom	<input type="radio"/> muito bom	<input type="radio"/> excelente	
<b>Captação das Partes</b>						
6) Características que complicam a manipulação ( flexibilidade excessiva, emaranhamento, etc.) foram evitadas	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input type="radio"/> algumas partes	<input type="radio"/> a maioria das partes	<input type="radio"/> todas as partes	
7) As partes foram projetadas para uma abordagem específica de alimentação (volume, linha, carregador)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>Manipulação das Partes</b>						
8) Pates simétricas de ponta a ponta	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input type="radio"/> algumas partes	<input type="radio"/> a maioria das partes	<input type="radio"/> todas as partes	
9) Partes simétricas ao eixo de inserção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
10) Onde a simetria é impossível, as partes são claramente assimétricas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>Combinação das Partes</b>						
11) Movimentações retilíneas de montagem	<input type="radio"/> nenhuma parte	<input type="radio"/> poucas partes	<input type="radio"/> algumas partes	<input type="radio"/> a maioria das partes	<input type="radio"/> todas as partes	
12) Chanfros e características que facilitam a inserção e o auto-alinhamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
13) Máxima acessibilidade às partes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
				<input type="radio"/> total x 8		
				<input type="radio"/> total x 6		
			<input type="radio"/> total x 4			
		<input type="radio"/> total x 2				
	<input type="radio"/> total x 0					
NOTA: pontuação de avaliação a ser usada somente para comparar uma montagem a alternativas de projeto da mesma montagem.						

Figura A.4 - Planilha de ULLMAN (1992).

## 4 Projeto para Manufatura DFM

### 4.1 Princípios, regras e recomendações de projeto para manufatura

A seguir são apresentados alguns princípios, regras e recomendações de projeto para a manufatura do produto que, devem ser questionados pela equipe de projeto durante o desenvolvimento do produto visando o preenchimento da planilha representada pela figura A5 descrita posteriormente:

**4.1.1 Minimizar o número de partes.** Partes podem ser facilmente eliminadas se não existir necessidade de movimentos relativos ou sub-seqüentes ajustes entre as mesmas. Também, se não existir necessidade de serviços, reparos ou materiais diferentes, partes podem ser eliminadas. Contudo, a equipe de projeto deve ter cuidados no sentido de que a redução de partes não exceda o ponto em que o retorno diminua, uma vez que a eliminação de certas partes adiciona custo, complexidade, peso, etc.

**4.1.2 Minimizar as variações das partes.** O conteúdo de informações e os riscos para a qualidade são menores quando as variações das partes (tais como tipos de parafusos utilizados) são minimizadas. A utilização de componentes padronizados reduz estas variações, simplificando a fabricação e tornando a produção do produto mais barata.

**4.1.3 Projetar partes para multiuso.** Combinar funções sempre que possível gerando assim produtos mais versáteis e com mais vantagens para o consumidor. O multiuso de partes reduz o conteúdo de informações do sistema de fabricação, reduzindo o número de partes diferentes ou as variações destas que necessitam ser fabricadas. Além disso, acarreta economia de escala, pois aumenta o volume de produção de poucas partes, e também, pelo fato de que algumas podem ser utilizadas em várias outras aplicações e produtos.

**4.1.4 Projetar as partes para fácil fabricação.** As partes deverão ser projetadas com o menor custo de material que satisfaz os requisitos funcionais de forma exata, e que ambos, desperdício de material e tempo, sejam minimizados. Para isso aconselha-se que os processos de fabricação mais adequados e disponíveis sejam usados na confecção de cada parte e, que as partes sejam adequadamente projetadas para o processo escolhido. Processamentos secundários, tais como acabamento superficial, pintura, revestimentos, tratamentos térmicos e

movimentação de material, devem ser evitados sempre que possível, pois podem ser tão dispendiosos quanto o processamento primário.

**4.1.5 Evitar o uso de elementos de fixação separados.** Elementos desta natureza devem ser evitados, pois, além do aumento do conteúdo de informações, cada elemento usado é um elemento a mais para ser manufaturado, manipulado, transportado, inspecionado, armazenado e ter a qualidade controlada. Parafusos muito longos ou muito curtos e arruelas separadas deverão ser evitadas. Outro aspecto importante é que estes elementos normalmente são concentradores de tensão, tornando-se potenciais pontos de falha estrutural no projeto.

**4.1.6 Eliminar ou simplificar os ajustes.** Ajustes mecânicos manuais ou automáticos são caros e geram problemas de serviço, teste, montagem e de confiabilidade. Evitar ajustes significa redução dos custos de fabricação, montagem, automação, e redução dos custos de serviço.

**4.1.7 Minimizar a manipulação na fabricação.** As partes deverão ser projetadas de modo que a sua localização e orientação sejam fáceis de serem obtidas, mantendo estas, para o processo de produção. Ou seja, as partes deverão ser projetadas de tal forma que seja possível executar tantas operações de fabricação quantas possíveis, sem haver a necessidade de reposicionar a parte na máquina. Com isso, consegue-se maior diminuição dos tempos, custos e precisão uma vez que a precisão pode ser adquirida na ferramenta e equipamento.

**4.1.8 Usar material de mais fácil processamento.** Desde que atenda às características funcionais e seja de custo compatível, deve-se escolher o material de mais fácil processamento. O material mais econômico é aquele que ao longo do ciclo de vida do produto, permite o menor custo combinado de: material, processamento, garantia e serviço.

**4.1.9 Usar materiais e componentes normalizados.** O uso de materiais e componentes normalizados permite, mesmo para um pequeno número de peças, as vantagens da produção em massa, simplificar o controle de peças e de almoxarifado, reduzir custos de compra, reduzir usinagens especiais, reduzir o investimento de capital e acelerar o ciclo de fabricação.

**4.1.10. Utilizar as características especiais dos processos.** A equipe de projeto deverá identificar as capacidades especiais dos processos de fabricação que são aplicáveis ao seu produto e tirar vantagens dos mesmos. Por exemplo, na injeção de plásticos, as peças já saem

com a coloração e a textura desejada; na sinterização, as peças apresentam porosidades que podem ser aproveitadas para a retenção de lubrificantes, de forma a não ser necessária a introdução de buchas para o caso de mancais. Aproveitando-se as características especiais de certos processos, pode-se eliminar muitas operações adicionais e mesmo componentes separados.

**4.1.11 Projetar de acordo com o volume esperado.** Cada processo tem um volume econômico de produção. Assim, conhecendo-se o volume de produção de uma peça ou produto, deve-se adequar o projeto ao correspondente processo de fabricação, e desta forma obter as vantagens do mesmo. Por exemplo, não se deve projetar uma peça para fundição em matriz, se o seu volume de produção é tão pequeno que o custo da matriz não possa ser amortizado.

**4.1.12 Liberar as tolerâncias.** Apesar dos custos extras na fabricação de tolerâncias estreitas já serem bem documentados e discutidos, estes fatos, muitas vezes não é bem apreciado pelos projetistas. Os custos elevados de tolerâncias estreitas resultam nos seguintes aspectos: custos elevados de usinagem devido à precisão necessária, operações extras tais como retificação, polimento e lapidação, após o processamento inicial das peças, maior frequência na afiação de ferramentas, ciclos de operação mais longos, mais refugos e serviços de recuperação de peças, mão-de-obra qualificada e treinamentos, materiais mais caros, maior investimento em equipamentos de metrologia e testes.

**4.1.13 Projetar visando à pintura.** Muitas vezes a pintura das peças não é considerada no projeto. Projetar um simples engate em um componente grande e pesado facilita a operação de pintura, possibilitando a economia através da não necessidade de um suporte para esta finalidade. Também deve ser evitada a diversificação de cores quando desnecessária, pois dificulta e encarece a pintura de um componente, por exemplo, quando este necessita de uma pintura que tenha três cores exigindo um isolamento e, portanto um processo mais complexo.

**4.1.14 Prever a manutenção das partes.** Ao projetar é importante prever a montagem das partes do produto, verificando a acessibilidade bem como, a manutenção de componentes que o compõem. A dificuldade no acesso prejudica a manutenção e exige a desmontagem de outros componentes, onde também é possível prever esforços, ferramentas necessárias e a facilidade da montagem do produto.



**4.1.15 Verificar projetos existentes.** Consultar projetos anteriores bem como as lições apreendidas podem facilitar o projeto de componentes similares. Verificar os problemas encontrados na fabricação ou alterações e o porque delas terem sido feitas, promove melhorias no sentido de não serem cometidos os mesmos erros de projetos anteriores.

**4.1.16 Compatibilizar materiais/funções/formas/processos.** Verificada a compatibilidade entre os materiais que compõem as partes que deverão desempenhar determinada função e, que necessitem de um determinado formato. É importante especificar com atenção às interfaces do produto relacionado a estes fatores, projetando com maior eficiência e evitando assim, problemas futuros durante o ciclo de vida do produto.

Depois de consideradas as regras e recomendações anteriores, FERREIRA (2001) apresenta três questões pertinentes. Estas questões requerem a combinação das interações do projetista com as exigências do engenheiro de manufatura para fabricar o produto. As interações entre estes, visa analisar as funções que o produto irá possuir e suas conseqüências, como:

4.1.17 - Qual a função de determinada *feature*<sup>1</sup> na peça?

4.1.18 - Qual operação está inferida por esta *feature*?

4.1.19 - Qual ferramenta pode ser usada para fabricar essa *feature*?

Para responder a estas questões é necessário o diálogo entre as áreas, promovendo assim, simplificações e redução de custos no processo de fabricação e conseqüentemente no produto. Durante o questionamento deve-se registrar todas as recomendações, melhorias, possibilidades, dúvidas, etc., levantadas com relação às partes do produto. Para isto recomenda-se o preenchimento da figura A.5 de acordo com os três parâmetros seguintes:

- Excelente (E): as características e especificações atribuídas estão aprovadas;
- Bom (B): as características e especificações atribuídas foram convincentes, mas determinados aspectos são duvidosos para alguns integrantes da equipe, exigindo apenas o controle destes;

---

<sup>1</sup> *Feature*: é descrita como sendo uma configuração geométrica específica formada na superfície, aresta ou vértice de uma peça, com o objetivo de auxiliar numa dada função; Ferreira (2001). Outras definições: [Qualquer entidade com atributos tanto de forma quanto de função (DIXON 1988); Conjunto de informações sobre o produto, ou padrões de informações relacionados com a descrição de uma peça, (SHAH 1988); Conjunto de elementos geométricos que formam uma unidade de interesse, (PRINZ *et al* 1989)] *apud* FERREIRA (2001).

- Razoável (R): as características das partes não são convincentes e necessitam obrigatoriamente de maior detalhamento, por exemplo, a realização de melhorias, reprojeção, testes de campo, um lote piloto, etc.

A figura A.5 é proveniente de uma planilha desenvolvida no Excel onde são preenchidas na coluna horizontal as partes do produto e na coluna vertical estão as questões relacionadas ao método DFM. O questionamento é feito em conjunto com a equipe de projeto preenchendo-se com as respectivas letras conforme a legenda anterior. Os valores são então calculados e fornecem a eficácia do projeto com relação à manufatura.

A principal característica deste método é a análise e discussão direcionada para os elementos que se pretende concentrar os esforços da equipe, identificando assim, partes críticas do ponto de vista da manufatura gerando resultados positivos no produto como um todo.

SUBSISTEMAS	Escanificador MC1		Engate tração MC2		Rod. Mot. Disc. MC3		Rabiça MC4		Roda compac MC5		Dos. Reserv. Ad. MC6		Dos. Res. Sem. MC7		Cinzel de adubo MC8		Cinzel de seme. MC9		Disco duplo MC10		Sulcador MC11		Chassi MC12			
	100	E	100	E	66	B	33	R	33	R	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
Minimizar o número de partes	100	E	100	E	66	B	33	R	33	R	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
Minimizar variação das partes	66	B	100	E	66	B	66	B	66	B	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
Partes para multiuso	100	E	100	E	66	B	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
Partes para fácil fabricação	100	E	100	E	100	E	100	E	66	B	33	R	33	R	100	E	100	E	66	B	100	E	100	E	100	E
Elementos de fixação separados	100	E	100	E	66	B	100	E	100	E	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
Eliminar simplificar ajustes	100	E	100	E	66	B	100	E	100	E	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
Manipulação na fabricação	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
Materiais de fácil processamento	100	E	100	E	100	E	66	B	66	B	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
Partes normalizadas	100	E	100	E	100	E	66	B	100	E	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
Características especiais do processo	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
Conforme volume esperado	100	E	100	E	100	E	100	E	66	B	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
Liberar tolerâncias	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
Visar a pintura	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
Prover manutenção das partes	100	E	100	E	100	E	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
Verificar projetos existentes	66	B	100	E	66	B	66	B	66	B	66	B	66	B	100	E	100	E	66	B	66	B	66	B	66	B
Compatibilizar materiais/funções/formas	100	E	100	E	66	B	66	B	66	B	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
Qual função da <i>feature</i> ?	100	E	100	E	100	E	66	B	66	B	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
Qual operação está inferida pela <i>feature</i> ?	100	E	100	E	100	E	66	B	66	B	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
Qual ferramenta pode ser usada	100	E	100	E	100	E	66	B	66	B	66	B	66	B	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E	100	E
<b>SOMATÓRIO</b>	<b>96</b>		<b>100</b>		<b>88</b>		<b>79</b>		<b>77</b>		<b>72</b>		<b>72</b>		<b>100</b>		<b>100</b>		<b>96</b>		<b>98</b>		<b>98</b>		<b>98</b>	

Figura A.5 – Quadro de aplicação das considerações do DFM.

**LEGENDA DOS RESULTADOS** (As faixas para os resultados foram consideradas apenas nos intervalos de E(100) e B(66,33). Valores atribuídos como R(33,33) são inadmissíveis.)

**Faixa de 66 – 82** = Os resultados obtidos para os sistemas, subsistemas e componentes (SSC) do produto são considerados bons, frente às análises e otimizações realizadas durante a discussão entre a equipe de projeto.

**Faixa de 83 – 100** = Os resultados obtidos para os sistemas, subsistemas e componentes (SSC) do produto estão em uma faixa que demonstra concordância total e excelência no desenvolvimento.

## 5 Quadros comparativos entre processo de fabricação e alguns atributos

Um ou mais atributos (acabamento superficial, precisão dimensional, complexidade, etc.), podem ser utilizados para determinar os processos de fabricação candidatos, que poderão ser adequados para a manufatura do produto. Infelizmente, para muitos processos de fabricação a satisfação destes critérios freqüentemente envolve soluções de compromisso, de tal forma que nem todos os atributos podem ser satisfeitos da maneira desejada. Para minimizar a severidade desses compromissos pode-se identificar as capacidades dos processos de manufatura mais comuns de forma que os atributos mais importantes possam se satisfeitos com um grau mais elevado. Esta abordagem está mostrada no quadro A.1, segundo FORCELLINI (2000).

Quadro A.1 - Processos de manufatura e seus atributos.

PROCESSOS	ATRIBUTOS						
	Acabamento superficial	Precisão dimensional	Complexidade	Taxa de produção	Lote econômico	Custo relativo	Tamanho (área projetada)
Fundição em areia	A	M	M	B	A/M/B	A/M/B	A/M/B
Fundição em casca	B	A	A	A/M	A/M	A/M	M/B
Fundição em cera perdida	B	A	A	B	A/M/B	A/M	M/B
Fundição sob pressão	B	A	A	A/M	A	A	M/B
Torneamento	B	A	M	A/M/B	A/M/B	A/M/B	A/M/B
Fresamento	B	A	A	M/B	A/M/B	A/M/B	A/M/B
Retificação	B	A	M	B	M/B	A/M	M/B
Eletroerosão	B	A	A	B	B	A	M/B
Moldagem por injeção	B	A	A	A/M	A/M	A/M/B	M/B
Moldagem por sopro	M	M	M	A/M	A/M	A/M/B	M/B
Estampagem	B	A	A	A/M	A/M	A/M/B	B
Forjamento	M	M	M	A/M	A/M	A/M	A/M/B
Moldagem por compressão	B	A	M	A/M	A/M	A/M	A/M/B
Laminação	B	M	A	A	A	A/M	A/M
Extrusão	B	A	A	A/M	A/M	A/M	M/B
Metalurgia do pó	B	A	A	A/M	A	A/M	B
UNIDADES	mm	mm		peças/h	peças		
A	>0,0064	< 0,13	Alto	> 100	> 5000	Alto	
M	<0,0064 >0,0016	> 0,13 < 1,3	Médio	< 100 > 10	< 5000 > 100	Médio	
B	< 0,0016	> 1,3	Baixo	< 10	< 100	Baixo	

Os processos de manufatura candidatos obtidos no quadro A1, podem ser relacionados com os materiais candidatos através do quadro A2 de acordo com FORCELLINI (2000). Essa

tabela relaciona o grau de adequação dos materiais candidatos com os processos de manufatura candidatos.

Quadro A.2 - Adequabilidade de materiais e processos de manufatura.

MATERIAIS	PROCESSOS DE MANUFATURA															
	Fundição em arca	Fundição em casca	Fundição em cera perdida	Fundição sob pressão	Torneamento	Fresamento	Retificação	Eletroerosão	Moldagem por injeção	Moldagem por sopro	Estrampagem	Forjamento	Moldagem por compressão	Laminação	Extrusão	Metalurgia do pó
Aço carbono	E	E	E	-	B	B	E	E	-	-	B	B	-	B	B	E
Aço baixa liga	E	E	E	-	-	B	E	E	-	-	B	B	-	B	B	E
Aço ferramenta	B	E	E	-	-	-	-	E	-	-	-	-	-	-	-	E
Aço inox	E	E	E	-	-	-	-	E	-	-	B	B	-	B	B	E
Ferro cinzento	E	E	E	-	B	B	E	E	-	-	B	R	-	R	R	E
Ferro maleável	E	E	E	-	B	B	E	E	-	-	B	R	-	R	R	E
Ferro dúctil	E	E	E	-	B	B	E	E	-	-	B	R	-	R	R	E
Ferro fundido	E	E	E	-	B	B	E	E	-	-	B	R	-	R	R	E
Ligas de zinco	B	B	R	E	B	-	R	E	-	-	E	R	-	R	B	E
Ligas de alumínio	E	B	E	E	E	E	B	E	-	-	E	E	-	E	E	E
Ligas de magnésio	E	B	E	E	B	-	R	E	-	-	B	S	-	B	E	E
Ligas de titânio	-	B	R	-	-	-	R	E	-	-	-	B	-	R	R	E
Ligas de cobre	E	B	B	B	E	E	G	E	-	-	E	E	-	E	E	E
Ligas de níquel	E	B	B	-	-	-	R	E	-	-	B	R	-	B	B	E
Ligas de cobalto	-	R	R	-	-	-	R	E	-	-	-	-	-	-	-	E
Ligas de molibdênio	-	R	R	-	-	-	R	E	-	-	-	-	-	-	-	E
Ligas de tungstênio	-	R	R	-	-	-	R	E	-	-	-	R	-	-	-	E
ABS	-	-	-	-	B	B	B	-	-	B	-	-	-	-	E	-
Acetatos	-	-	-	-	B	B	B	-	-	B	-	-	-	-	B	-
Nylons	-	-	-	-	B	B	B	-	E	B	-	-	-	-	B	-
Fluorcarbonos	-	-	-	-	B	B	B	-	-	B	-	-	-	-	R	-
Policarbonatos	-	-	-	-	B	B	B	-	-	B	-	-	-	-	B	-
Poliamidas	-	-	-	-	B	B	B	-	-	B	-	-	-	-	R	-
Poliestireno	-	-	-	-	B	B	B	-	E	B	-	-	-	-	E	-
PVC	-	-	-	-	B	B	B	-	-	B	-	-	-	-	E	-
Poliuretano	-	-	-	-	B	B	B	-	-	B	-	-	E	-	B	-
Polietileno	-	-	-	-	B	B	B	-	E	E	-	-	-	-	E	-
Polipropileno	-	-	-	-	B	B	B	-	-	B	-	-	-	-	E	-
Acrílico	-	-	-	-	B	B	B	-	-	-	-	-	-	-	R	-
Epóxi	-	-	-	-	B	B	B	-	E	-	-	-	E	-	R	-
Fenólicos	-	-	-	-	B	B	B	-	-	-	-	-	E	-	B	-
Silicones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E	-	R	-
Poliéster	-	-	-	-	B	B	B	-	-	-	-	-	E	-	R	-
Borrachas	-	-	-	-	-	-	-	-	E	-	-	-	E	-	R	-

E → Excelente, o material é um dos mais adequados para o processo;

B → Bom, o material é um bom candidato para o processo;

R → Raramente usado, o material é raramente usado no processo;


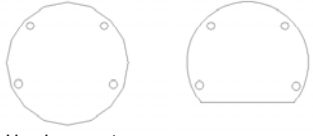

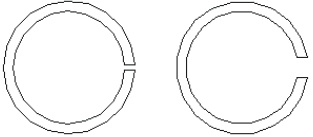
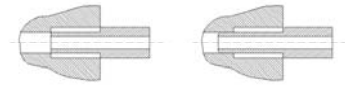
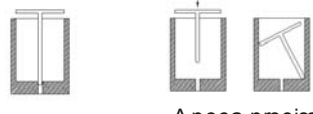
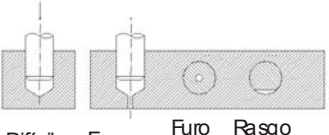
“-“ → Inadequado, o material não é usado ou adequado para o uso no processo.

## 6 Figuras ilustrativas com recomendações para o projeto visando a fabricação e montagem

Nos quadros A.3, A.4, A.5 e A.6 serão apresentadas figuras ilustrativas com recomendações de projeto visando evitar problemas futuros como o reprojeito de componentes e peças. As recomendações na forma de figuras estão divididas em dois itens, onde, são primeiramente abordados aspectos de manipulação e montagem das partes (quadro A.3 e A.4)

e posteriormente, as recomendações visando projetar para a fabricação das partes (quadro A.5 e A.6). Para cada figura encontra-se uma representação e pequena síntese do problema com a solução visando facilitar a fabricação, manipulação e montagem.

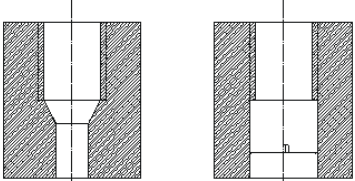
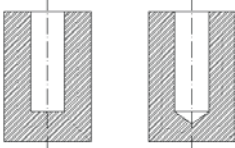
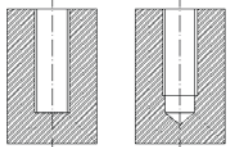
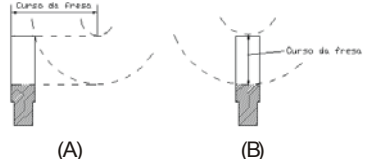
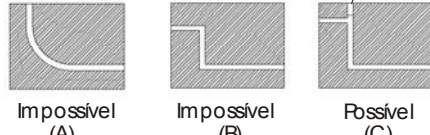
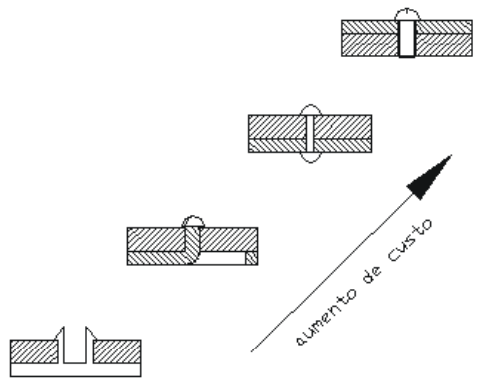

Quadro A.3 – Recomendações de projeto visando facilitar a manipulação e montagem.

 <p>Simétrico      Assimétrico</p>	<p>Desenhar partes que tenham simetria radial e axial. Não</p>
 <p>Ligeiramente assimétrico      Assimétrico</p>	<p>Quando não é possível projetar de forma simétrica, como neste caso, ressaltar a assimetria da peça para facilitar e diminuir o tempo de montagem</p>
 <p>Irá prender      Não irá prender</p>	<p>Desenvolver características para prevenir que uma peça não prenda na outra quando armazenadas.</p>
 <p>Não irá emaranhar      Irá emaranhar</p>	<p>Evitar características que permitam o emaranhamento das peças quando armazenadas.</p>
 <p>Difícil de encaixar      Fácil de encaixar</p>	<p>Projetar para um fácil encaixe, verificando as características das interfaces entre as peças</p>
 <p>A peça é encaixada antes de ser solta      A peça precisa ser solta antes de ser encaixada</p>	<p>Projetar para facilitar os encaixes</p>
 <p>Difícil inserção      Furo na peça      Furo no pino      Rasgo no pino</p>	<p>Prever a saída de ar em furos cegos durante a</p>

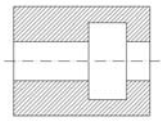

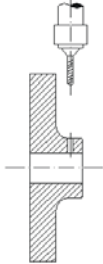
Quadro A.4 – Recomendações de projeto visando facilitar a manipulação e montagem.

	<p>Decomposição em duas peças reduz custos de fabricação e simplifica o processo, desde que seja conveniente a operação de fabricação e montagem</p>
	<p>Projetar prevendo a saída da ferramenta de corte (plaina, fresa, rebolo, broca)</p>
	<p>Redução da área usinada com o acabamento especificado</p>
	<p>Acabamento somente nos extremos do eixo, reduzindo custo e tempo de usinagem</p>
	<p>Economia na usinagem de acabamento (se o diâmetro d1 puder se reduzido)</p>

Quadro A.5 – Recomendações de projeto visando a fabricação.

 <p>(A) (B)</p>	<p>Utilizando rosca interna, pode ocorrer a quebra da ferramenta se houver uma saída igual à da figura (A). Recomenda-se projetar conforme a figura (B)</p>
 <p>Difícil Fácil</p>	<p>Especificação do furo pode implicar em dificuldades na fabricação</p>
 <p>Impossível Fácil</p>	<p>Verificar especificação de rosca interna e espaço para a saída da ferramenta de corte</p>
 <p>(A) (B)</p>	<p>Esta consideração refere-se à fabricação da peça quando na máquina ferramenta. Observa-se a redução no curso da fresa na figura (B) em relação à figura (A). Esta é válida dependendo das dimensões da peça</p>
 <p>Impossível (A) Impossível (B) Possível (C)</p>	<p>Projetar furos em curvas - figura (A) - impossibilita a fabricação. Da mesma forma a furação da figura (B). Pode-se utilizar artifícios como na figura (C.)</p>
 <p>Aumento de Custo</p>	<p>Prever o aumento de custo do projeto levando em consideração as características das peças, forma e função relacionado a elementos de fixação.</p>
	<p>Certificar-se no projeto, que a ferramenta de corte alcance superfícies internas da peça</p>

Quadro A.6 – Recomendações de projeto visando a fabricação.

	Impossível de usinar no intervalo interno, dependendo das dimensões da peça
	Prever o espaço para a saída da ferramenta de corte na operação de fabricação da rosca
	Prever a entrada da ferramenta, bem como, o espaço livre para realizar a operação. Neste caso, o mandril sofre uma interferência com a peça impossibilitando a furação. Outra possibilidade, é a utilização de uma broca especial para furos radiais.



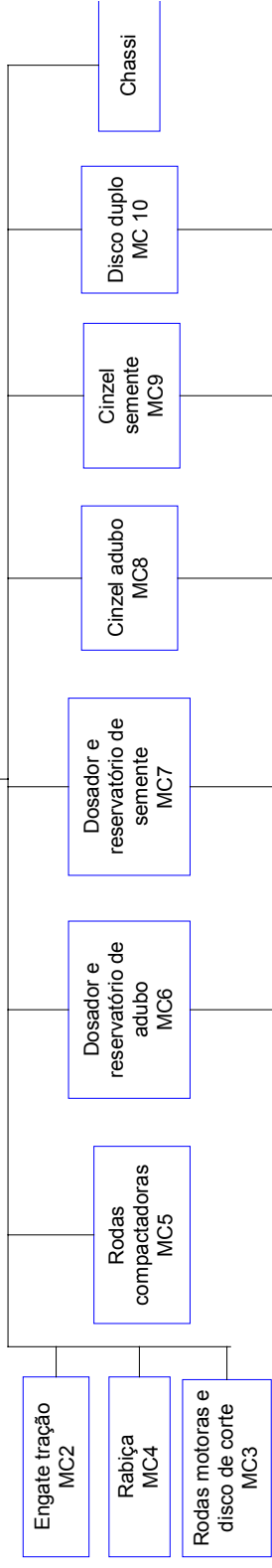
## **APÊNDICE B**

- Desdobramento do implemento em sistemas, subsistemas, componentes e peças.
  - Figura B1 Sistema Semear Adubar solo
  - Figura B2 Sistema Escarificar Solo
  - Figura B3 Sistema Sulcar Solo

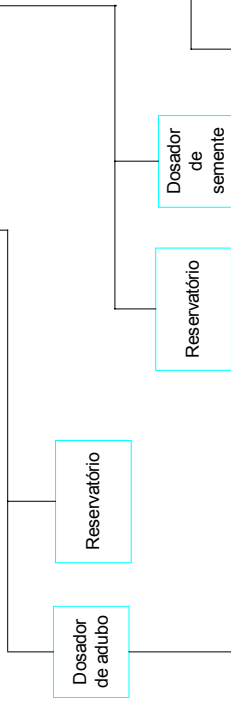


Semear e Adubar Solo (variante 2 da função global)

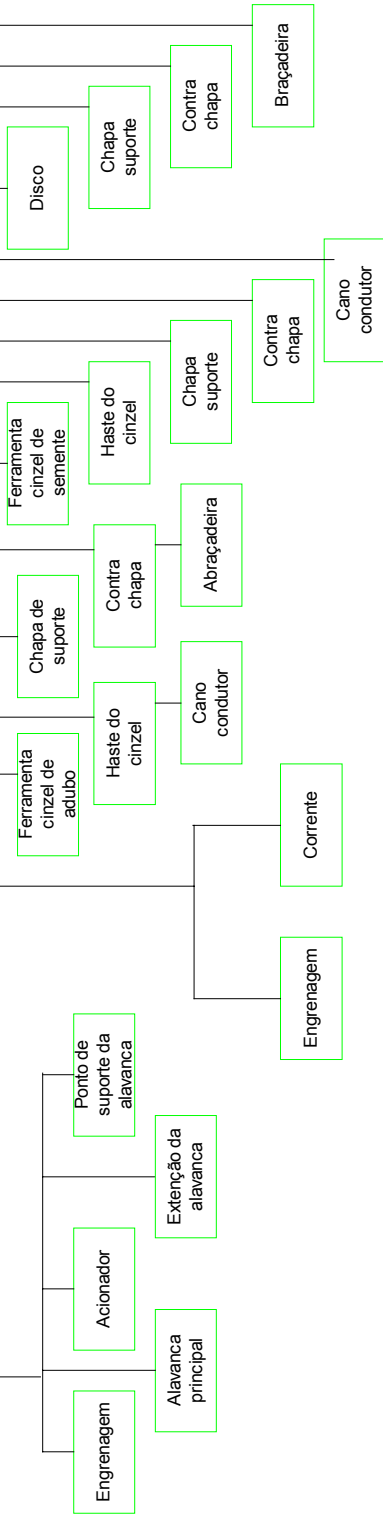
Sistemas



Subsistemas



Componentes

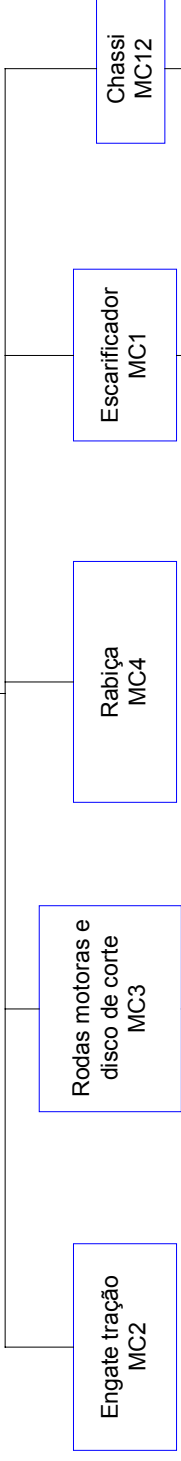


Peças

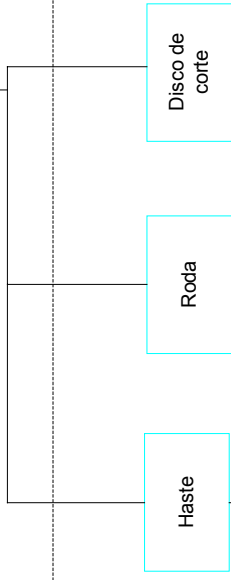
Figura B.1 – Sistema semear-adubar solo

# Sistemas

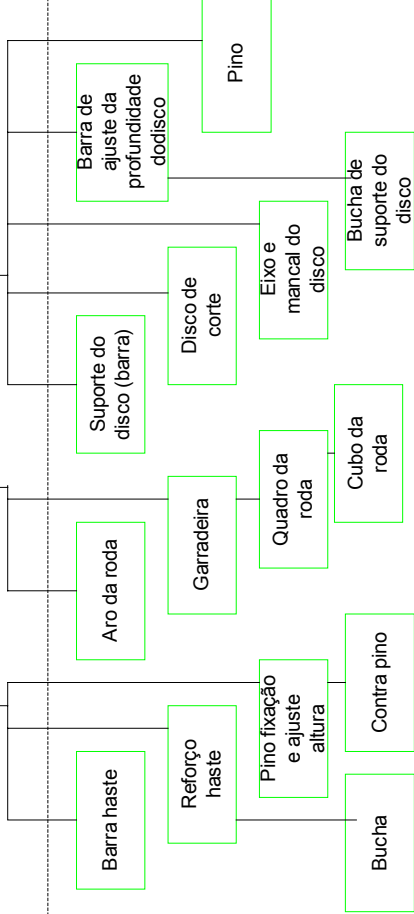
Escarificar Solo (variante 1 da função global)



# Subsistemas



# Componentes



# Peças

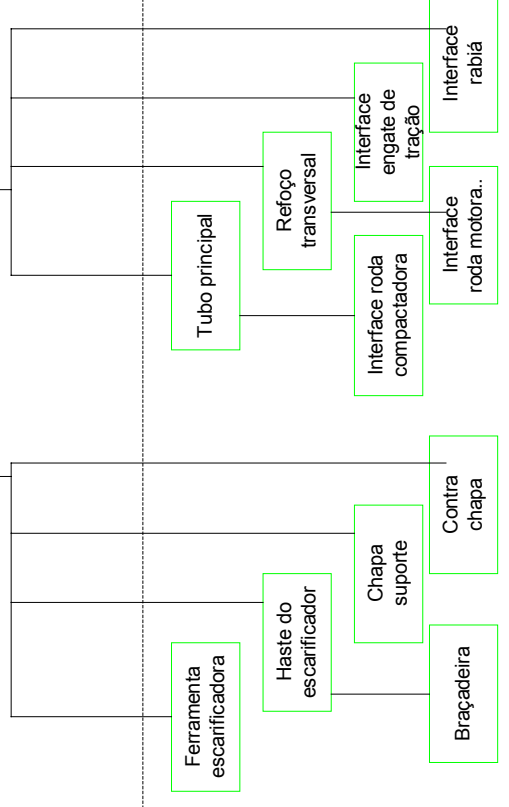
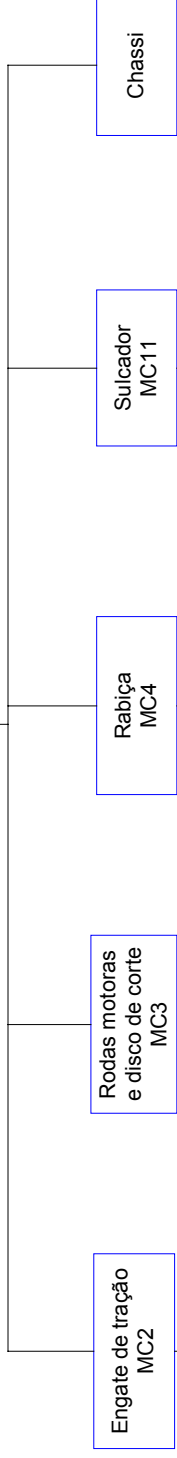


Figura B.2 – Sistema esarificar solo

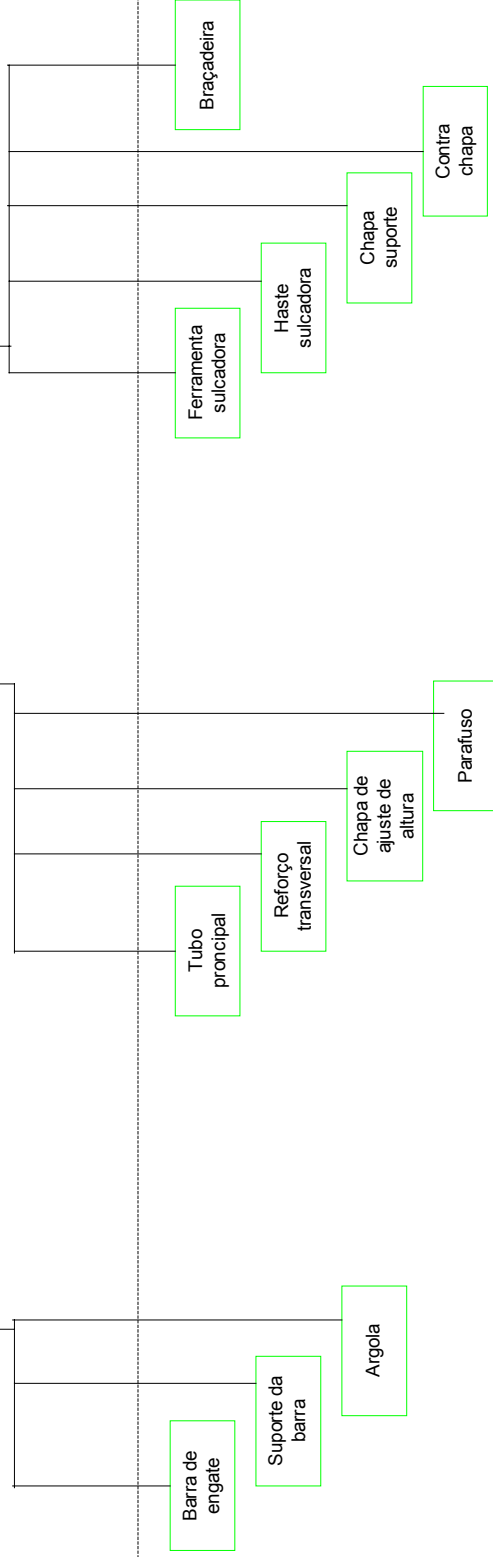
Sistemas

Sulcar Solo (variante 3 da função global)

Subsistemas



Componentes



Peças

Figura B.3 – Sistema sulcar solo

## **APÊNDICE C**

- Princípios gerados para os sistemas sulcar, escarificar e semear-adubar solo, na forma de fluxogramas.

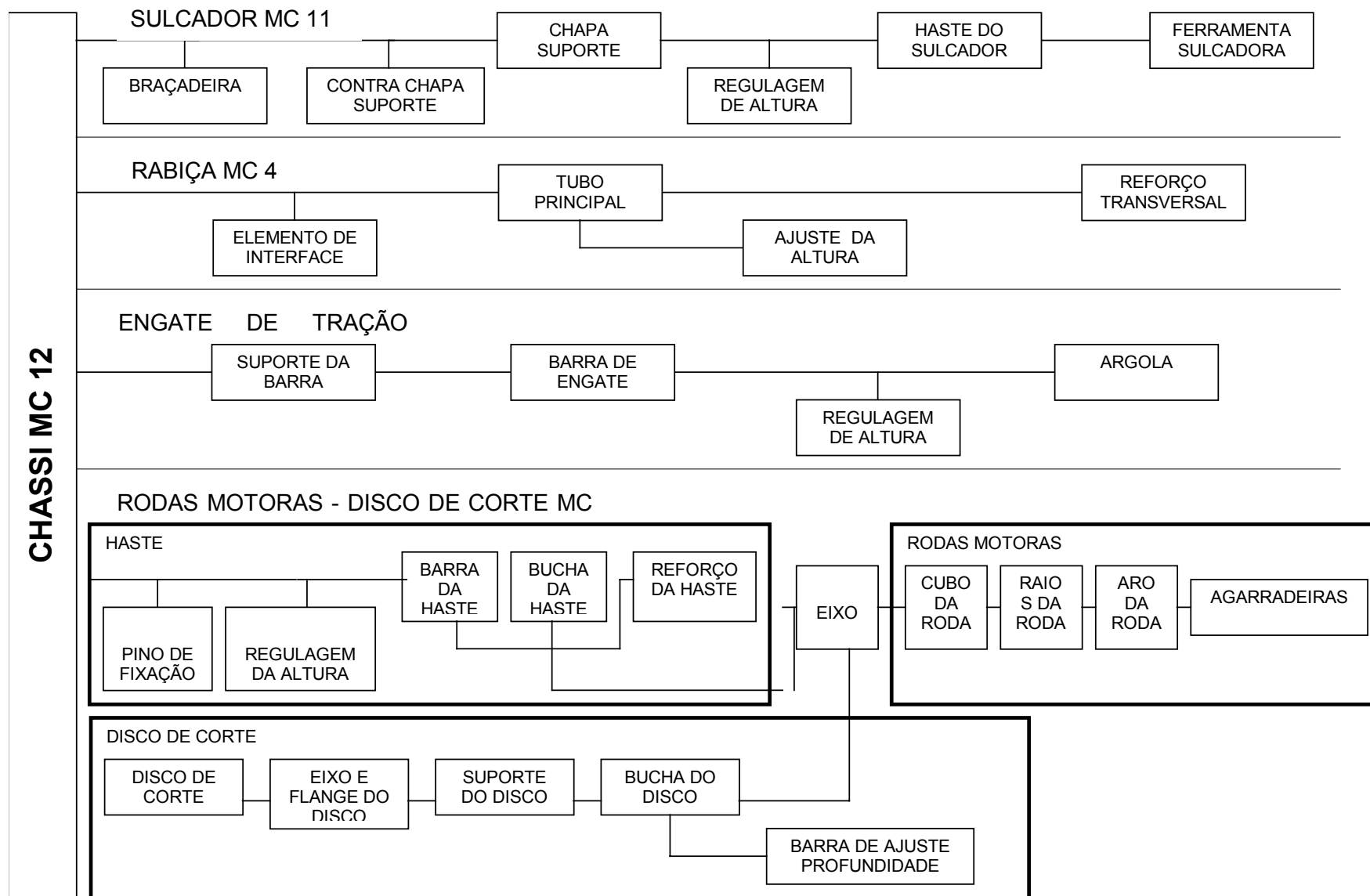


Figura C.1 – Variante sulcador.

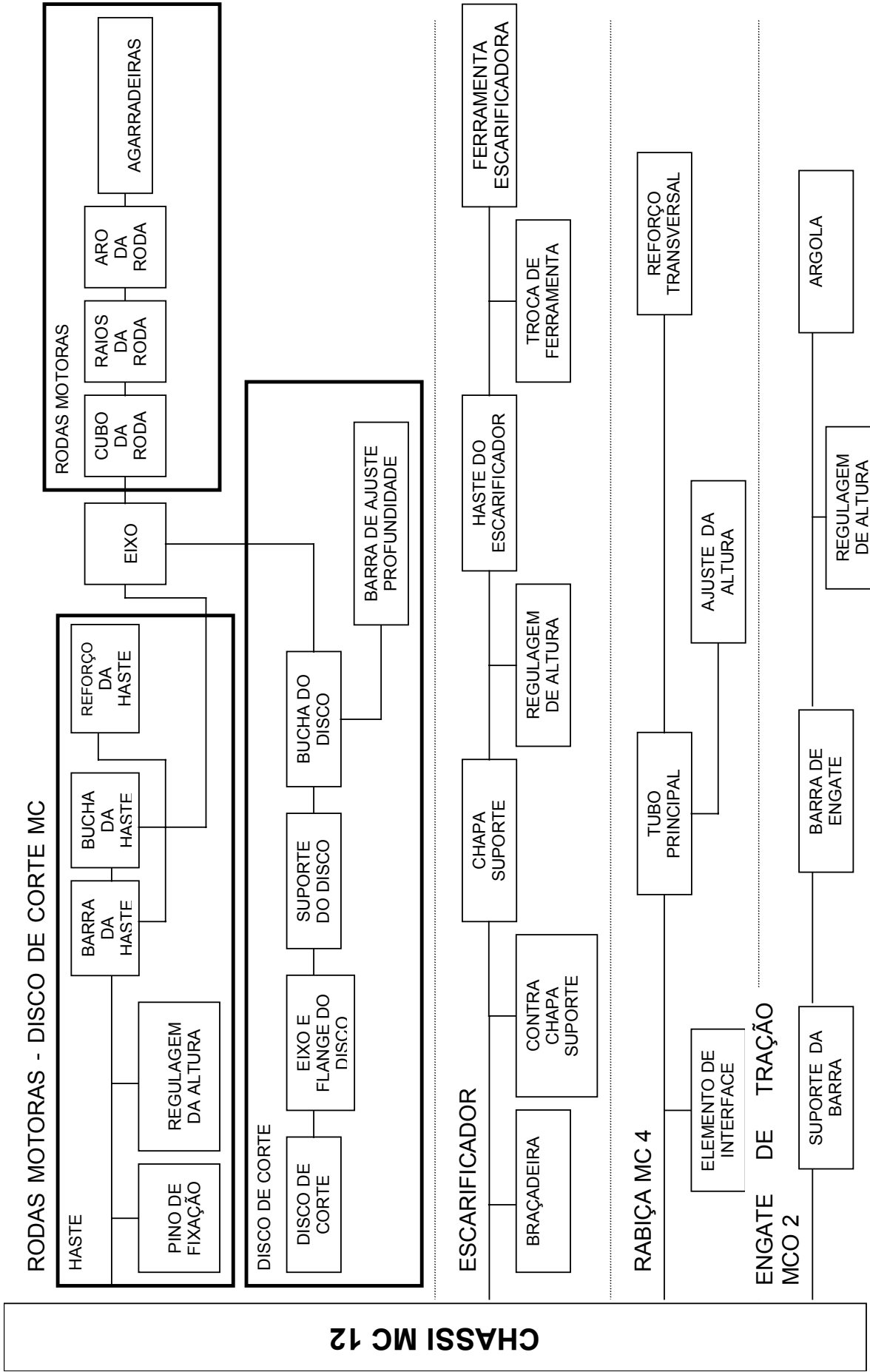


Figura C.2 – Variante esçarificador



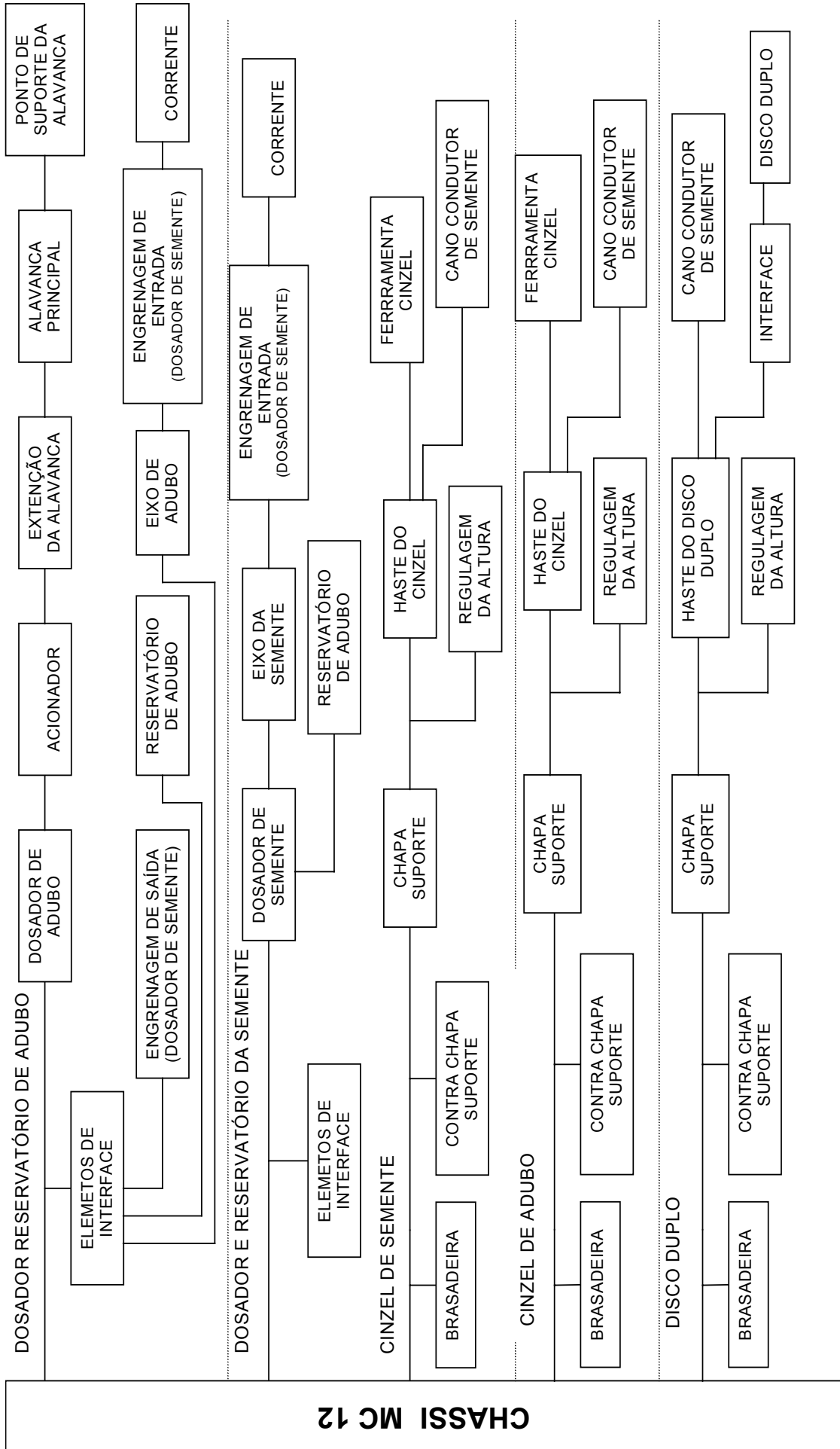


Figura C.3 – Variante semeadora adubadora

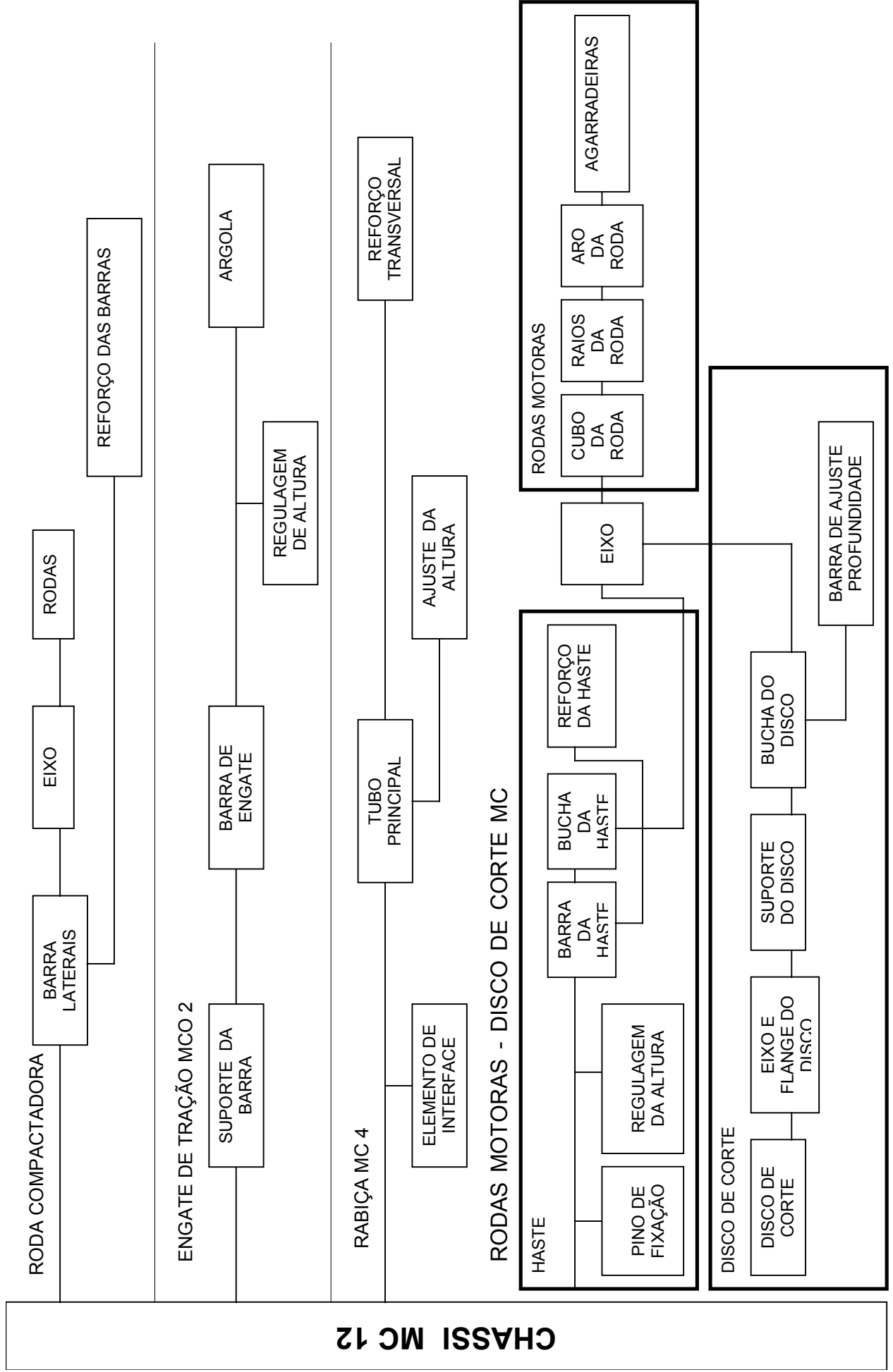
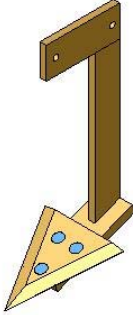


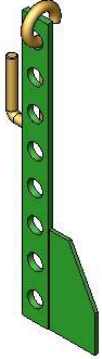
Figura C4 – Variante semeadora-adubadora

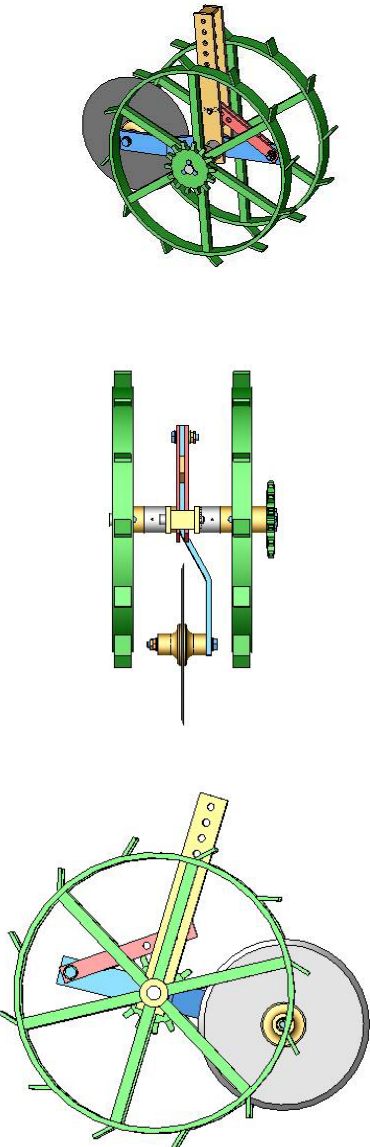


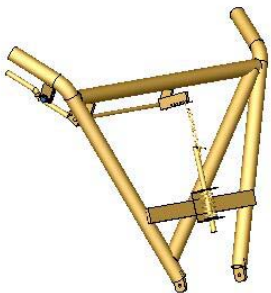
## **APÊNDICE D**

- Fichas Técnicas

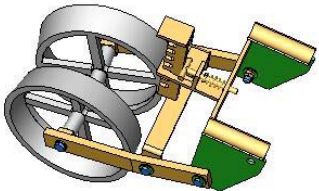
Ficha técnica: Subsistema – Escarificador MC 01		Ficha 01
<u>Conteúdo adicionado:</u> 16/09/2002 – 22/11/2002 - 08/02/2003 – 08/03/2003 <u>Adicionado por:</u> Lucas Alberto		
Desenho Representativo  	<b>Características Funcionais:</b> - subsistema que entra em contato direto com o solo exercendo a função de escarificar o solo; - recebe regulagem de altura entre a haste e as chapas suporte;	
	<b>Características Técnicas:</b> - fabricado em chapas e barras chatas de aço SAE1020; - a ferramenta escarificadora já é fabricada pela empresa; - compõe a variante do implemento escarificador;	
	<b>Características de Interface:</b> - este subsistema tem interface com o chassi por meio das chapas suporte; - pode ser intercambiado por diferentes tamanhos de ferramentas escarificadoras;	

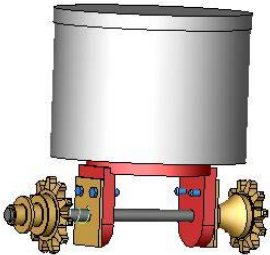
Ficha técnica: Subsistema – Engate de Tração MC 02		Ficha 02
<u>Conteúdo adicionado:</u> 16/09/2002 – 22/11/2002 - 08/02/2003 – 08/03/2003 <u>Adicionado por:</u> Lucas Alberto		
Desenho Representativo  	<b>Características Funcionais:</b> - subsistema onde o implemento é tracionado; - possibilita a regulagem de altura na barra de tração;	
	<b>Características Técnicas:</b> - fabricado em barra chata e barra redonda de aço SAE1020; - gancho já fabricado pela empresa; - compõe todas as variantes do implemento;	
	<b>Características de Interface:</b> - este subsistema tem interface com o chassi sendo fixado ao mesmo por meio de solda;	

Ficha técnica: Subsistema – Rodas motoras e disco de corte MC 03		Ficha 03
<p>Conteúdo adicionado: 16/09/2002 – 22/11/2002 - 08/02/2003 – 08/03/2003</p> <p>Adicionado por: Lucas Alberto</p>		
<p><b>Desenho Representativo</b></p> 	<p><b>Características Funcionais:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- subsistema que exerce suporte para o implemento onde, necessariamente realiza as funções de dar mobilidade, captar tração e cortar palhada;</li> <li>- composto pelos componentes rodas motoras e disco de corte;</li> <li>- possibilita a regulagem de altura frontal do implemento nas barras da haste;</li> <li>- capta a tração por meio das rodas que giram chavetadas a um eixo, transferindo o torque por engrenagem-corrente a engrenagem do dosador de adubo;</li> <li>- possibilita a regulagem de altura e profundidade de operação do disco de corte;</li> </ul> <p><b>Características Técnicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- fabricado em barra chata de aço SAE1020;</li> <li>- o componente disco de corte já é fabricado pela empresa;</li> <li>- os raios das rodas motoras são fabricados por tubos de seção quadrada que são sobras de material de outro produto da empresa;</li> <li>- para permitir o movimento circular do eixo foram utilizadas buchas de aço por conveniência à empresa;</li> <li>- está presente em todas as variantes do implemento;</li> <li>- necessita a fabricação de gabaritos para realizar a soldagem das peças.</li> </ul> <p><b>Características de Interface:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- este subsistema tem interface com o chassi por meio da haste com regulagem de altura, sendo fixada na posição por meio de pinos;</li> <li>- a regulagem de altura do disco de corte foi projetada visando manter dependência com o subsistema em si.</li> </ul>	

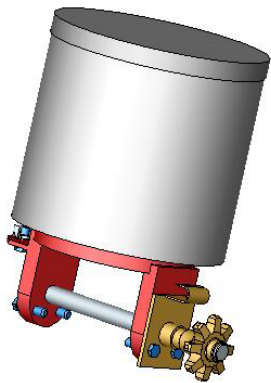
Ficha técnica: Subsistema – Rabiça MC 04		Ficha 04
<u>Conteúdo adicionado:</u> 16/09/2002 – 22/11/2002 - 08/02/2003 – 08/03/2003 <u>Adicionado por:</u> Lucas Alberto		
Desenho Representativo  	<b>Características Funcionais:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- subsistema onde o implemento é dirigido e operado pelo agricultor;</li> <li>- possibilita a regulagem de altura para diferentes operadores por meio do mecanismo de acionamento (manete e conjunto de transmissão de força);</li> </ul>	
	<b>Características Técnicas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- fabricado em tubo redondo, barras chatas e perfil “U” de aço SAE 1020;</li> <li>- empresa necessita realizar a compra de uma dobradeira de tubos;</li> <li>- é necessário fabricar gabaritos para posicionar e soldar peças;</li> <li>- compõe todas as variantes do implemento;</li> </ul>	
	<b>Características de Interface:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- este subsistema tem interface com o chassi por meio de três pontos: dois fornecem o suporte e permitem o giro para posicionamento, o outro ponto também serve de suporte e como limitador de altura da rabiça tendo interface com o conjunto de transmissão de força;</li> <li>- este mecanismo foi desenvolvido visando a simples fabricação e principalmente visando facilitar a manobra com o implemento adequando-o a altura do operador;</li> </ul>	

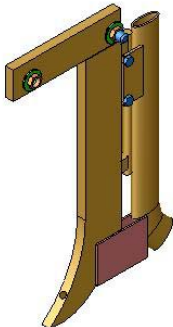
Ficha técnica: Subsistema – Roda Compactadora MC 05		Ficha 05
<u>Conteúdo adicionado:</u> 16/09/2002 – 22/11/2002 - 08/02/2003 – 08/03/2003 <u>Adicionado por:</u> Lucas Alberto		
Desenho Representativo	<b>Características Funcionais:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- realiza as funções de compactação superficial do solo posteriormente ao plantio e serve como limitador de profundidade de plantio;</li> <li>- possibilita a regulagem de altura com o pé do operador em sua posição de trabalho;</li> </ul>	

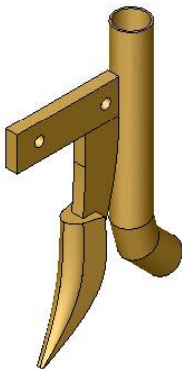
	<b>Características Técnicas:</b> - fabricado em barra chata de aço SAE1020 e rodas de alumínio; - subsistema já fabricado pela empresa; - compõe a variante semear/adubar solo;
	<b>Características de Interface:</b> - este subsistema tem interface com o chassi por meio de parafusos que possibilitam a movimentação para regulagem de altura;

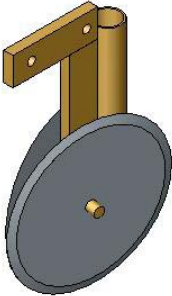
Ficha técnica: Subsistema – Dosador e Reservatório de Adubo MC 06		Ficha 06
<u>Conteúdo adicionado:</u> 16/09/2002 – 22/11/2002 - 08/02/2003 – 08/03/2003 <u>Adicionado por:</u> Lucas Alberto		
<b>Desenho Representativo</b>  	<b>Características Funcionais:</b> - sistema responsável pelo armazenamento de adubo e dosagem do mesmo; - possibilita a regulagem de deposição em volume por ajuste de mecanismo de abertura ou pela relação de transmissão;	
	<b>Características Técnicas:</b> - subsistema já fabricado pela empresa e adquirido de terceiros alguns componentes; - compõe a variante semear/adubar solo do implemento; - reservatório com capacidade para 10 Kg de adubo; - o dosador de adubo é do tipo disco horizontal rotativo;	
	<b>Características de Interface:</b> - este subsistema tem interface com o chassi e fixação por parafuso nas chapas suportes do dosador que estão soldadas as peças chapas suporte do cinzel de adubo; - o cano condutor de adubo (cano plástico), tem interface com este subsistema, mais especificamente com o dosador de adubo por meio de encaixe;	



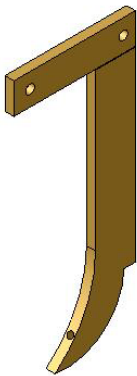
Ficha técnica: Subsistema – Dosador e Reservatório de Sementes MC 07		Ficha 07
<u>Conteúdo adicionado:</u> 16/09/2002 – 22/11/2002 - 08/02/2003 – 08/03/2003 <u>Adicionado por:</u> Lucas Alberto		
<b>Desenho Representativo</b>  	<b>Características Funcionais:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- subsistema responsável pelo armazenamento de sementes e dosagem das mesmas;</li> <li>- possibilita a regulagem de deposição em volume pela troca do disco alveolado horizontal e ou pela relação de transmissão;</li> </ul>	
	<b>Características Técnicas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- subsistema já fabricado pela empresa e adquirido de terceiros alguns componentes;</li> <li>- compõe a variante semear-adubar solo do implemento;</li> <li>- capacidade de armazenagem de sementes para 6 kg;</li> <li>- dosador tipo disco horizontal;</li> <li>- dosagens para as culturas de milho, feijão e soja conforme detalhado Apêndice I – Relatório de testes conforme a norma ABNT.</li> </ul>	
	<b>Características de Interface:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- este subsistema tem interface com o chassi e fixação por parafuso nas chapas suportes do dosador que estão soldadas as peças chapas suporte do cinzel de adubo;</li> <li>- o cano condutor de sementes (cano plástico), tem interface com este subsistema, mais especificamente com o dosador de sementes por meio de encaixe;</li> </ul>	

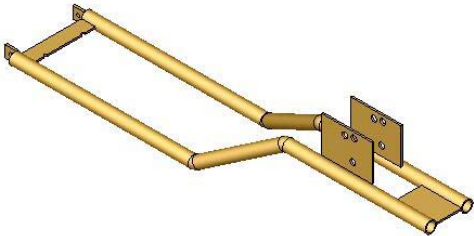
<p><u>Conteúdo adicionado:</u> 16/09/2002 – 22/11/2002 - 08/02/2003 – 08/03/2003</p> <p><u>Adicionado por:</u> Lucas Alberto</p>	
<p><b>Desenho Representativo</b></p> 	<p><b>Características Funcionais:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- subsistema responsável pela abertura de sulco posterior a passagem do disco de corte e também por depositar o adubo;</li> <li>- possibilita a regulagem de profundidade de operação na haste do cinzel e chapas suporte;</li> </ul>
	<p><b>Características Técnicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- fabricado em barra chata de aço SAE1020;</li> <li>- o subsistema já é fabricado pela empresa;</li> <li>- compõe a variante semear-adubar solo do implemento;</li> </ul>
	<p><b>Características de Interface:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- este subsistema tem interface com o chassi por meio de fixação por parafusos com as chapas de suporte;</li> </ul>

<p><b>Ficha técnica: Subsistema – Cinzel de Sementes MC 09</b></p>	<p><b>Ficha 09</b></p>
<p><u>Conteúdo adicionado:</u> 16/09/2002 – 22/11/2002 - 08/02/2003 – 08/03/2003</p> <p><u>Adicionado por:</u> Lucas Alberto</p>	
<p><b>Desenho Representativo</b></p> 	<p><b>Características Funcionais:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- subsistema responsável pela abertura de sulco posterior a passagem do cinzel de adubo e também por depositar as sementes;</li> <li>- possibilita a regulagem de profundidade de operação na haste do cinzel e chapas suporte;</li> <li>- este subsistema opera em condições de plantio convencional podendo ser utilizado em plantio direto.</li> </ul>
	<p><b>Características Técnicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- fabricado em barra chata de aço SAE1020;</li> <li>- o subsistema já é fabricado pela empresa;</li> <li>- compõe a variante semear-adubar solo do implemento.</li> </ul>
	<p><b>Características de Interface:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- este subsistema tem interface com o chassi por meio de fixação por parafusos com as chapas de suporte;</li> <li>- tem as mesmas condições de interface do subsistema disco duplo.</li> </ul>

Ficha técnica: Subsistema – Disco Duplo MC 10		Ficha 10
<u>Conteúdo adicionado:</u> 16/09/2002 – 22/11/2002 - 08/02/2003 – 08/03/2003 <u>Adicionado por:</u> Lucas Alberto		
Desenho Representativo  	<b>Características Funcionais:</b> - subsistema responsável pela abertura de sulco posterior a passagem do cinzel de adubo e também por depositar as sementes; - possibilita a regulagem de profundidade de operação na haste do cinzel e chapas suporte; - este subsistema tem a função de operar em condições de plantio direto.	
	<b>Características Técnicas:</b> - fabricado em barra chata de aço SAE1020; - o subsistema já é fabricado pela empresa; - compõe a variante semear-adubar solo do implemento.	
	<b>Características de Interface:</b> - este subsistema tem interface com o chassi por meio de fixação por parafusos com as chapas de suporte; - tem as mesmas condições de interface do subsistema cinzel de sementes.	

Ficha técnica: Subsistema – Sulcador MC 11		Ficha 11
<u>Conteúdo adicionado:</u> 16/09/2002 – 22/11/2002 - 08/02/2003 – 08/03/2003 <u>Adicionado por:</u> Lucas Alberto		
Desenho Representativo	<b>Características Funcionais:</b> - subsistema que entra em contato direto com o solo exercendo a função de sulcar o solo; - recebe regulagem de altura entre a haste e as chapas suporte; - utilizado para abertura de sulco para o plantio ou transplante de mudas ao solo.	

	<b>Características Técnicas:</b> - fabricado em chapas e barras chatas de aço SAE1020; - subsistema já fabricado pela empresa; - compõe a variante do implemento sulcador.
	<b>Características de Interface:</b> - este subsistema tem interface com o chassi por meio das chapas suporte.

<b>Ficha técnica: Subsistema – Chassi MC 12</b>		<b>Ficha 12</b>
Conteúdo adicionado: 16/09/2002 – 22/11/2002 - 08/02/2003 – 08/03/2003 Adicionado por: Lucas Alberto		
<b>Desenho Representativo</b>  	<b>Características Funcionais:</b> - este serve de sustentação e suporte para todos os subsistemas das três variantes do implemento.	
	<b>Características Técnicas:</b> - fabricado em tubo de seção redonda de aço SAE1020; - empresa necessita realizar a compra de uma dobradeira de tubos; - é necessário fabricar gabaritos para posicionar e soldar peças;	
	<b>Características de Interface:</b> - por ter interface com todos os subsistemas do implemento, necessita de diferentes peças para exercer a interface com cada subsistema;	

## APÊNDICE E

- Estudo dos Esforços no Implemento Agrícola:
  - Baseado em um estudo de DELLAGIUSTINA (1990) onde, encontram-se resultados de experimentos e testes com máquinas, estes realizados por pesquisadores como PORTELLA (1983), RIGHES *et al* (1984), GILL e VANDEN BERG (1968) e BERNACKI *et al* (1972).

## Esforços para semear/adubar o solo

Na figura E.1 está representando o diagrama de corpo livre para este sistema sendo posteriormente explicadas as siglas e origem das forças atuantes nos subsistemas.

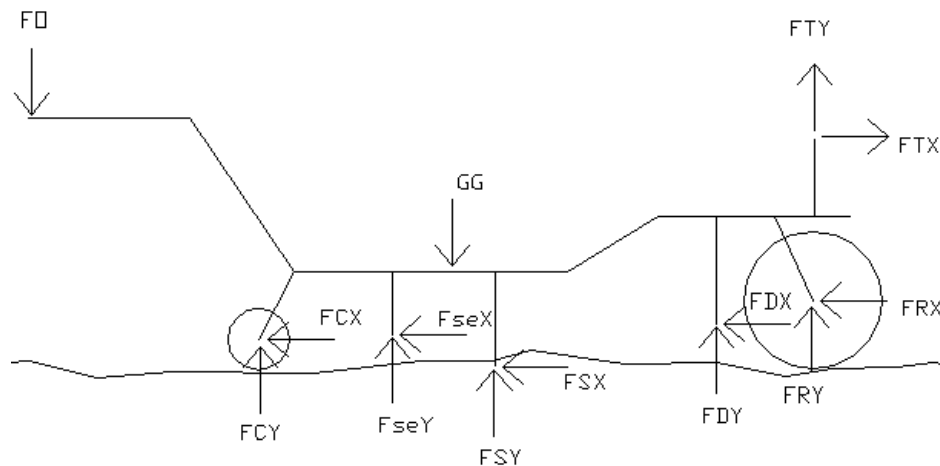


Figura E.1 - Forças atuantes no sistema adubar/semear solo.

Descrição das forças máximas e mínimas nos respectivos subsistemas (módulos) e componentes:

- Forças (FDY e FDX) do disco de corte componente do subsistema (MC03): o valor médio e máximo para estas componentes é de 460N em X e 40N em Y.

- Forças (FSX e FSY) atuantes no sulcador de adubo (MC08): a componente média e máxima estimada em Y é de 30N, já para a componente em X o valor estimado é de 200N.

- Forças (FseX e FseY) atuantes no sulcador de sementes (MC09): estas forças são consideradas desprezíveis às demais grandezas envolvidas. Isto se explica pelo fato deste sulcador estar alinhado ao disco de corte e ao sulcador de adubo, estando ainda à uma profundidade menor que estes. Logo a porção de solo em contato estará solta e revolvida.

- Forças de tração (FTX e FTY) no engate de tração (MC02): o valor médio e mínimo destas componentes depende do animal que está tracionando, sendo, aproximadamente 266N em Y e 570 N em X. Pode ser necessário a tração com uma junta de animais (2 bois ou cavalos) em condições mais severas de operação, dobrando então estes valores.

- Componente da força (FO) do operador na rabiça (MC04): esta força depende da situação de trabalho sendo, especificada como a menor possível para atender a comodidade de operação.
- Força devido ao peso do implemento (GG): força aplicada no centro de gravidade da máquina é estimada em 700N e completada com adubo e semente passa para 1200N.
- Forças (FCY e FCX) atuantes na roda compactadora (MC05): para garantir um mínimo de compactação do solo a componente em Y é estimada em 60N. A componente em X deve vencer apenas a resistência ao deslocamento e é estimada em 40N.
- Forças (FRY e FRX) atuantes nos componentes ou rodas do subsistema (MC03): estes componentes exercem a função de dar mobilidade e captar potência para acionar os dosadores. Suas componentes variarão de esforços por dependerem das regulagens de outros subsistemas, mas, em síntese, deverá assumir valores mínimos para Y de 60N e em X de 40N.

### Esforços para escarificar o solo

Na figura E.2 está representado o diagrama de corpo livre para este sistema sendo, posteriormente explicadas as siglas e origem das forças atuantes nos subsistemas.

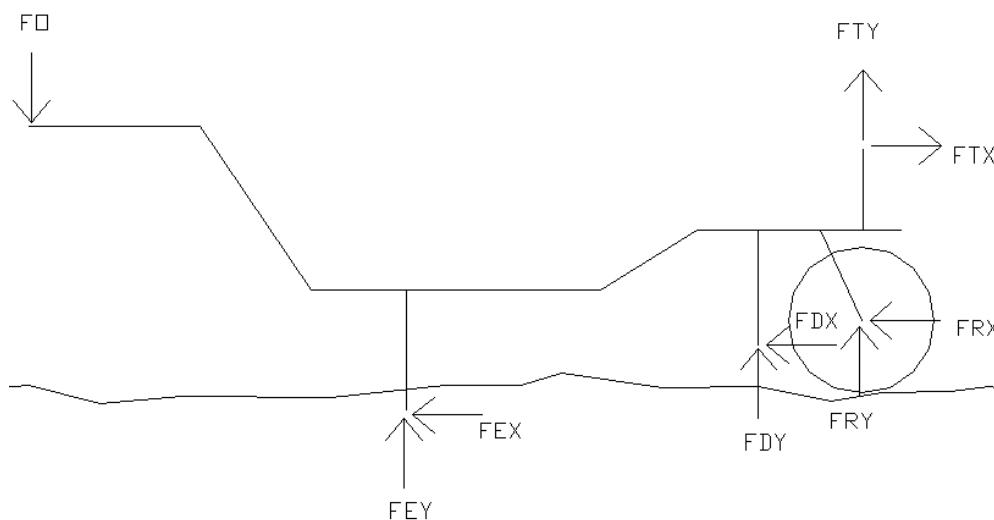


Figura E.2 - Forças atuantes no sistema escarificar solo.

Descrição das forças máximas e mínimas nos respectivos subsistemas (módulos) e componentes:

- Forças (FDY e FDX) do disco de corte componente do subsistema (MC03): o valor médio e máximo para estas componente é de 460N em X e 40N em Y.

- Forças de tração (FTX e FTY) no engate de tração (MC02): o valor médio e mínimo destas componentes depende do animal que está tracionando, sendo, aproximadamente 266N em Y e 570N em X. Pode ser necessário a tração com uma junta de animais (2 bois ou cavalos) em condições mais severas dobrando então estes valores. Quando for utilizada a tração por trator o esforço é garantido.

- Componente da força (FO) do operador na rabiça (MC04): esta força depende da situação de trabalho sendo, especificada como a menor possível para atender a comodidade de operação.

- Força devido ao peso do implemento (GG): força aplicada no centro de gravidade da máquina e estimada em 400N.

- Forças (FEY e FEX) atuantes na ferramenta escarificadora (MC04): a componente Y tem seu valor estimado de 40N e em X de 400N.

- Forças (FRY e FRX) atuantes nos componentes ou rodas do subsistema (MC03): Sua componentes variarão de esforços por dependerem das regulagens de outros subsistemas. Podem assim, assumir qualquer valor desde que garantam o bom funcionamento da ferramenta escarificadora.

### Esforços para sulcar o solo

Na figura E.3 está representado o diagrama de corpo livre para este sistema sendo posteriormente explicadas as siglas e origem das forças atuantes nos subsistemas.

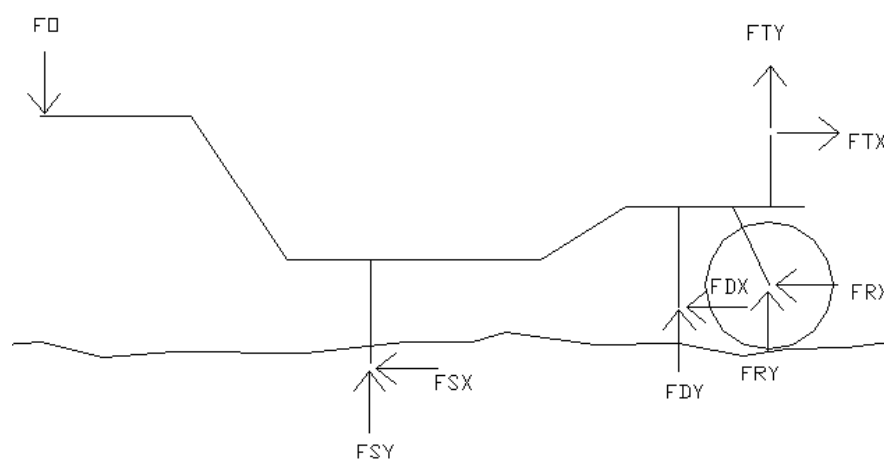


Figura E.3 - Forças atuantes no sistema sulcar solo.



Descrição das forças máximas e mínimas nos respectivos subsistemas (módulos) e componentes:

- Forças (FDY e FDX) do disco de corte componente do subsistema (MC03): os valores médio e máximo para estas componentes são de 460N em X e 40N em Y.

- Forças de tração (FTX e FTY) no engate de tração (MC02): o valor médio e mínimo destas componentes depende do animal que está tracionando, sendo, aproximadamente 266N em Y e 570N em X. Pode ser necessário a tração com uma junta de animais (2 bois ou cavalos) em condições mais severas dobrando então estes valores. Quando for utilizada a tração por trator o esforço é garantido.

- Componente da força (FO) do operador na rabiça (MC04): esta força depende da situação de trabalho sendo especificada como a menor possível para atender a comodidade de operação.

- Força devido ao peso do implemento (GG): força aplicada no centro de gravidade da máquina e estimada em 400N.

- Forças (FSY e FSX) atuantes na ferramenta sulcadora (MC11): a componente Y tem seu valor estimado de 40N e em X de 400N.

- Forças (FRY e FRX) atuantes nos componentes ou rodas do subsistema (MC03): Sua componentes variarão de esforços por dependerem das regulagens de outros subsistemas. Podem assim, assumir qualquer valor desde que garantam o bom funcionamento da ferramenta escarificadora.

## **APÊNDICE F**

- Análise geral dos esforços e definição da posição do engate de tração

## Análise geral dos esforços

Tendo apresentado os esforços a que o implemento está submetido no Apêndice E para suas três variantes, será agora realizado a modelagem e simulação para definir qual a melhor posição do subsistema engate de tração no implemento, tendo em vista as configurações possíveis. Todas as dimensões utilizadas nestes cálculos foram baseadas no leiaute preliminar e na aproximação e adequação destas, tendo como base, o protótipo construído por MAZETTO (2000).

Os cálculos foram feitos em dois momentos: um quando o engate de tração está posicionado a frente das rodas de mobilidade e, o outro, quando o engate de tração está posicionado atrás das rodas de mobilidade. Estas condições são necessárias para se ter certeza de qual posição, o operador exercer o menor esforço.

Desta forma, foram estabelecidas as seguintes variáveis para efetuar o cálculo nas três variantes do implemento de acordo com o esquema ilustrativo na figura F.1:

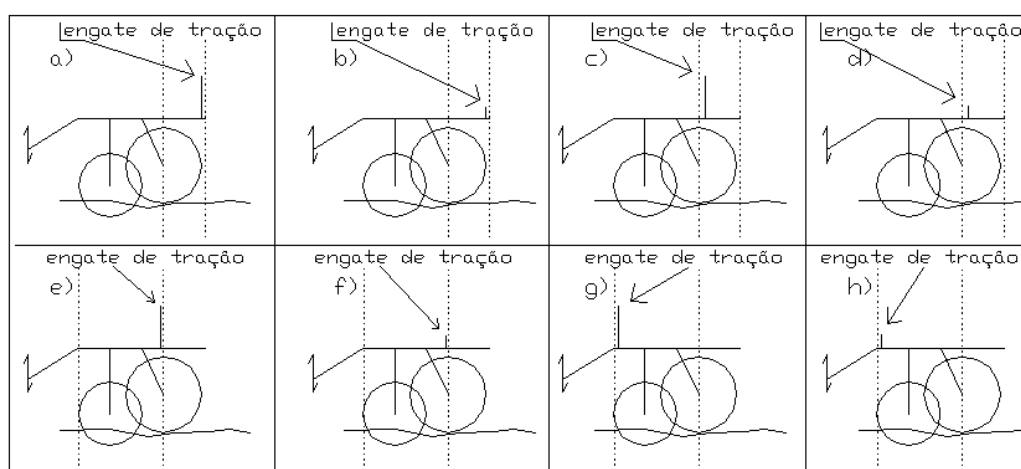


Figura F.1 - Ilustração das condições das variáveis.

- GG mínimo representa o peso do implemento ou quando os reservatórios estão praticamente vazios;
- GG máximo representa o peso do implemento somado ao peso dos reservatórios de semente e adubo cheios;

- A mínimo representa a dimensão da posição do engate de tração e a extremidade frontal do implemento (esquemas “a” e “b” da figura F.1), ou para o segundo caso a ser calculado é, a dimensão que corresponde ao valor ligeiramente maior à máxima dimensão de B (esquemas “e” e “f” da figura F.1);
- A máximo representa a dimensão máxima do engate de tração desde a extremidade frontal do implemento até um valor menor que a dimensão B (esquemas “c” e “d” da figura F.1), ou para o segundo caso a ser calculado é, a dimensão que corresponde ao valor máximo e menor a dimensão de C (esquemas “g” e “h” da figura F.1);
- H mínimo representa a dimensão que corresponde à altura mínima do engate de tração;
- H máximo representa a dimensão que corresponde à altura máxima do engate de tração;

Para efetuar os cálculos, utilizou-se uma planilha do *Excel* da *Microsoft*, sendo apresentado a seguir os resultados para as três variantes.

### **Cálculo da variante 2**

A primeira configuração apresentada é a da variante 2 (semear e adubar solo), onde de acordo com o diagrama de corpo livre da figura F.2, sendo representado na tabela F.1 os valores assumidos por estas forças e estabelecida a equação F.1 de momento entorno do ponto de ação das forças  $FRX$  e  $FRY$  (rodas de mobilidade). A decisão de apresentar apenas a equação de momento em torno deste ponto, se deve ao fato de que esta equação fornece o resultado para as variáveis necessárias à análise.

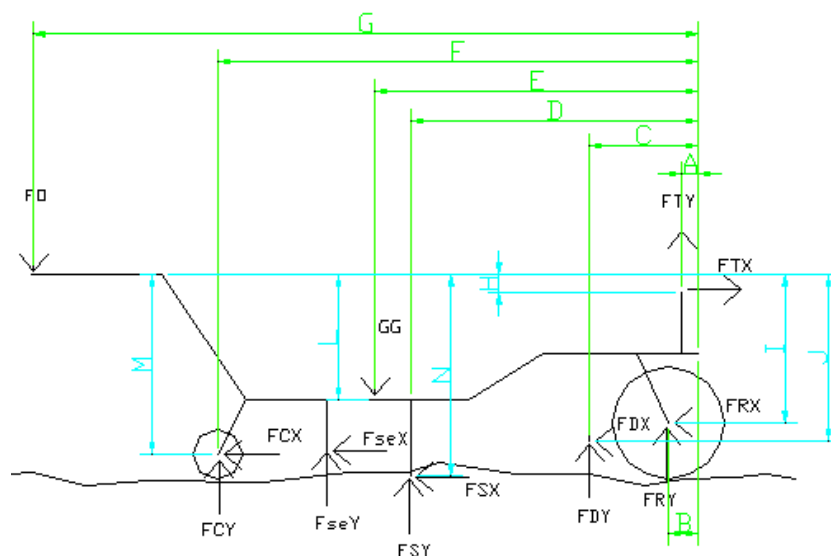


Figura F2 - Esforços do implemento e respectiva nomenclatura das dimensões (semear e adubar solo).

$$\sum \text{momento} = (F_0 \times (G - B)) + (-FCY \times (F - B)) + (-FCX \times (M - I)) + (GG \times (E - B)) + (-FSY \times (D - B)) + (-FSX \times (N - I)) + (-FDY \times (C - B)) + (-FDX \times (J - I)) + (FTY \times (B - A)) + (-FTX \times (I - H)) = 0 \quad \text{equação F.1}$$

Tabela F.1 - Valores adotados para as forças e dimensões.

FORÇAS	VALORES (N)	DIMENSÕES	VALORES (mm)
F0	Detalhado abaixo	A	200
GG	700 e 1200	B	240
FCY	60	C	330
FCX	40	D	700
FSX	200	E	600
FSY	30	F	1600
FDX	460	G	1900
FDY	40	H	300
FRX	Detalhado abaixo	I	650
FRY	Detalhado abaixo	J	825
FTY	Detalhado abaixo	L	680
FTX	Detalhado abaixo	M	850
		N	910

Os resultados obtidos para a força FO (força do operador) foram expressos em função das três possibilidades de tração abaixo:

- Para um animal tracionando tendo então valores para FTY, FTX e, portanto encontrando-se os valores do esforço do operador em função do FO como:

$$FTY = 266N$$

$$FTX = 570N$$

- Para dois animais tracionando tendo então valores para FTY, FTX e, portanto encontrando-se os valores do esforço do operador em função do FO.2 como:

$$FTY = 532N$$

$$FTX = 1140N$$

- Para tracionamento com trator tendo então valores para FTY, FTX e, portanto encontrando-se os valores do esforço do operador em função do FT como:

$$FTY = 1064N$$

$$FTX = 2280N$$

Teve-se assim, para as condições anteriores os resultados apresentados nas tabelas F.2 e F.3 que serão interpretados logo abaixo:

Tabela F.2 - Resultados com engate de tração à frente das rodas motoras.

<b>VAR. 1 (mm)</b>	<b>CONDIÇÃO 1 (N)</b>	<b>VAR. 2 (mm)</b>	<b>CONDIÇÃO 2 (N)</b>
GGmín = 700	FO = 175	GGmáx = 1200	FO = 2,61
Amín = 10	FO.2 = 358	Amáx = 230	FO.2 = 121
Hmín = 10	FT = 1018	Hmáx = 300	FT = 371
GGmín = 700	FO = 75	GGmáx = 1200	FO = -32
Amín = 10	FO.2 = 195	Amín = 10	FO.2 = 50
Hmáx = 300	FT = 620	Hmáx = 300	FT = 512
GGmín = 700	FO = 270	GGmáx = 1200	FO = 102
Amáx = 230	FO.2 = 428	Amáx = 230	FO.2 = 320
Hmín = 10	FT = 878	Hmín = 10	FT = 769
GGmín = 700	FO = 111	GGmáx = 1200	FO = 67
Amáx = 230	FO.2 = 230	Amín = 10	FO.2 = 250
Hmáx = 300	FT = 479	Hmín = 10	FT = 910

Tabela F.3 - Resultados com engate de tração atrás das rodas motoras.

<b>VAR. 3 (mm)</b>	<b>CONDIÇÃO 3 (N)</b>	<b>VAR. 4 (mm)</b>	<b>CONDIÇÃO 4 (N)</b>
GGmín = 700	FO = 213	GGmáx = 1200	FO = 18
Amín = 250	FO.2 = 435	Amáx = 329	FO.2 = 152
Hmín = 10	FT = 865	Hmáx = 300	FT = 307
<b>GGmín = 700</b>	<b>FO = 114</b>	<b>Ggmáx = 1200</b>	<b>FO = 5,18</b>
<b>Amín = 250</b>	<b>FO.2 = 236</b>	<b>Amín = 250</b>	<b>FO.2 = 127</b>
<b>Hmáx = 300</b>	<b>FT = 466</b>	<b>Hmáx = 300</b>	<b>FT = 358</b>
GGmín = 700	FO = 226	Ggmáx = 1200	FO = 118
Amáx = 329	FO.2 = 460	Amáx = 329	FO.2 = 352
Hmín = 10	FT = 814	Hmín = 10	FT = 706
GGmín = 700	FO = 126	GGmáx = 1200	FO = 105
Amáx = 329	FO.2 = 261	Amín = 250	FO.2 = 362
Hmáx = 300	FT = 416	Hmín = 10	FT = 756

Ao observar-se os resultados obtidos nas tabelas F.2 e F.3, verifica-se que os valores em tonalidade maior apresentam grandezas menores, o que, corresponde a um menor esforço do operador durante a operação do implemento. Também se verifica que para estes valores marcados (negrito) em VAR.3, VAR.4 e CONDIÇÃO 3, CONDIÇÃO 4 da tabela F.3, as grandezas são maiores que para os valores marcados (negrito) em VAR.1, VAR.2 e CONDIÇÃO 1, CONDIÇÃO 2 da tabela F.2.

Assim, concluiu-se que para a variante semear e adubar solo, o engate de tração deve ser projetado a frente das rodas de mobilidade do implemento, pois esta condição proporciona o menor esforço para o operador. Quando o implemento está cheio de semente e adubo ou vazio de ambos, percebe-se que os resultados permaneceram os menores para as variáveis Amín e Hmáx, sendo, portanto as condições a serem consideradas no projeto.

### Cálculo da variante 1 e 3

Para as variantes 1 sulcar solo e 3 escarificar solo, será utilizada a figura F.3 para representar as dimensões e forças envolvidas. Nestes casos ocorrem umas igualdades nas forças exercidas pelas ferramentas de escarificação e de sulcagem, pois, o sulcador apresenta uma profundidade de trabalho maior que o escarificador, porém este último, tem uma largura de trabalho maior. De acordo com o diagrama de corpo livre da figura F.3, sendo representado na tabela F.4 os valores assumidos por estas forças e estabelecida a equação F.2 de momento entorno do ponto de ação das forças FRX e FRY (rodas de mobilidade). A decisão de apresentar apenas a equação de momento em torno deste ponto, se deve ao fato de que esta equação fornece o resultado para as variáveis necessárias a análise.

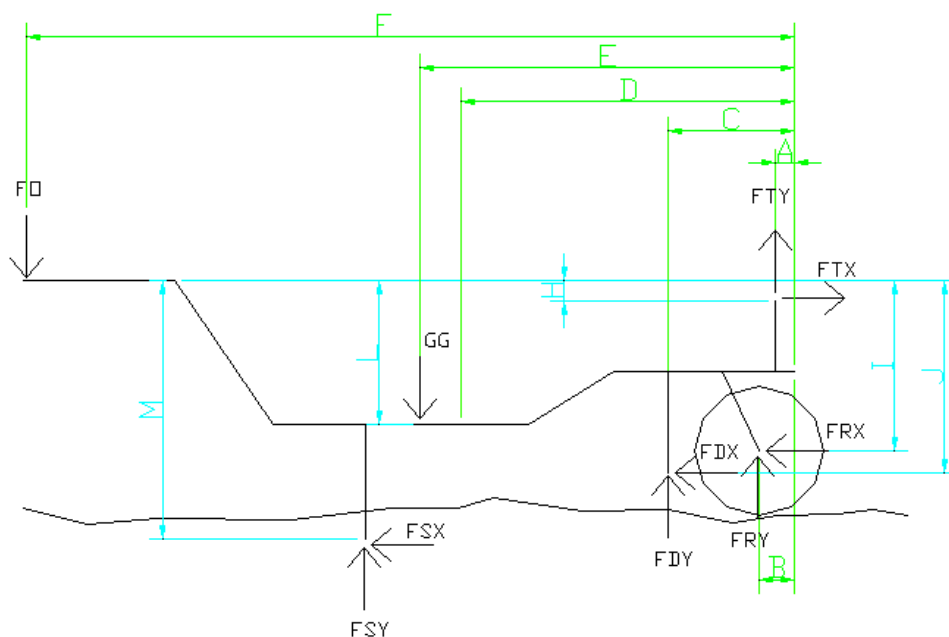


Figura F.3 - Esforços do implemento e respectiva nomenclatura das dimensões (sulcar e escarificar).

$$\sum \text{momento} = (FO \times (F - B)) + (GG \times (D - B)) + (-FSY \times (E - B)) + (-FSX \times (M - I)) + (-FDY \times (C - B)) + (-FDX \times (J - I)) + (-FTY \times (B - A)) + (-FTX \times (I - H)) = 0 \quad \text{equação}$$

F.2



Tabela F.4 - Valores adotados para as forças e dimensões.

<b>FORÇAS</b>	<b>VALORES (N)</b>	<b>DIMENSÕES</b>	<b>VALORES (mm)</b>
F0	Detalhado abaixo	A	200
GG	400	B	240
FSY	40	C	330
FSX	400	D	700
FDX	460	E	600
FDY	40	F	1600
FRX	Detalhado abaixo	H	300
FRY	Detalhado abaixo	I	650
FTY	Detalhado abaixo	J	825
FTX	Detalhado abaixo	L	680
		M	850

Os resultados obtidos para a força FO (força do operador) também foram expressos em função das três possibilidades de tração abaixo:

- Para um animal tracionando tendo então valores para FTY, FTX e, portanto encontrando-se os valores do esforço do operador em função do FO como:

$$FTY = 266N$$

$$FTX = 570N$$

- Para dois animais tracionando tendo então valores para FTY, FTX e, portanto encontrando-se os valores do esforço do operador em função do FO.2 como:

$$FTY = 532N$$

$$FTX = 1140N$$

- Para tracionamento com trator tendo então valores para FTY, FTX e, portanto encontrando-se os valores do esforço do operador em função do FT como:

$$FTY = 1064N$$

$$FTX = 2280N$$

O que diferencia esta seqüência de cálculos da anterior, é que para as duas variantes do implemento, tem-se apenas o peso do implemento na força GG sendo considerado um mesmo valor de peso para as duas variantes.

Tabela F.5 - Resultados com engate de tração a frente das rodas de mobilidade.

<b>VAR. 1 (mm)</b>	<b>CONDIÇÃO 1 (N)</b>	<b>VAR. 2 (mm)</b>	<b>CONDIÇÃO 2 (N)</b>
GG = 400	FO = 219	GG = 400	FO = 281
Amín = 10	FO.2 = 442	Amín = 250	FO.2 = 536
Hmín = 10	FT = 1248	Hmín = 10	FT = 1060
GG = 400	FO = 97	GG = 400	FO = 144
Amín = 10	FO.2 = 199	Amín = 250	FO.2 = 293
Hmáx = 300	FT = 762	Hmáx = 300	FT = 574
GG = 400	FO = 262	GG = 400	FO = 329
Amáx = 230	FO.2 = 532	Amáx = 329	FO.2 = 567
Hmín = 10	FT = 1076	Hmín = 10	FT = 999
GG = 400	FO = 140	GG = 400	FO = 160
Amáx = 230	FO.2 = 288	Amáx = 329	FO.2 = 324
Hmáx = 300	FT = 590	Hmáx = 300	FT = 513

Como no caso anterior, ao observar-se os resultados obtidos nas tabelas F.5, verifica-se que os valores em negrito apresentam grandezas menores, o que, corresponde a um menor esforço do operador durante a operação do implemento. Assim, verifica-se que para estes valores marcados em VAR.3, VAR.4 e CONDIÇÃO 3, CONDIÇÃO 4 tabela F.5 que são correspondentes ao engate de tração a frente das rodas de mobilidade apresentam condições baixas para o esforço do operador.

Desta forma concluí-se que para as variantes sulcar e escarificar solo, o engate de tração será projetado a frente das rodas de mobilidade do implemento, pois esta condição proporciona o menor esforço para o operador como na variante semear e adubar solo, sendo portanto, as condições a serem consideradas no projeto.

## **APÊNDICE G**

- FMEA do subsistema rodas motoras e disco de corte

## Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos – FMEA

Para aplicar esta ferramenta, utilizou-se como referências principais PALADY (1997) e SAKURADA (2001), sendo a equipe participante composta pelo bolsista de iniciação científica que acompanhou todas as atividades de desenvolvimento estando devidamente capacitado, o mestrando, e tendo a posterior análise de um engenheiro da empresa. É importante mencionar que nesta tarefa tinha-se o implemento e suas partes em desenvolvimento, sendo o principal objetivo desta aplicação prever os problemas mais importantes e tentar impedir a sua ocorrência ou minimizar as conseqüências destes caso venham ocorrer.

A aplicação do método foi realizada para o subsistema Rodas Motoras e Disco de Corte MC03 onde, justifica-se sua aplicação devido ao subsistema ser de total inovação, o que não acontece com o restante dos subsistemas a não ser a Rabiça que nesta tarefa ainda não estava concretizada e será posteriormente analisada em conjunto com a empresa na atividade 5. Informações gerais sobre este subsistema pode ser verificadas na ficha técnica 03 do Apêndice C. O seqüenciamento de aplicação consistiu basicamente em:

- Listagem dos componentes (ou peças): listou-se os componentes e ou peças que compõem o subsistema tomando o cuidado de não especificar em particular uma solução como única. Desta forma listou-se o mais genérico possível os níveis de desdobramento das partes, pois, estes estavam disponíveis pelas atividades anteriores e também pelos princípios de solução vindos do projeto conceitual segundo MAZETTO (2000). Um desenho esquemático apresentando as partes pode ser observado na figura G.1;

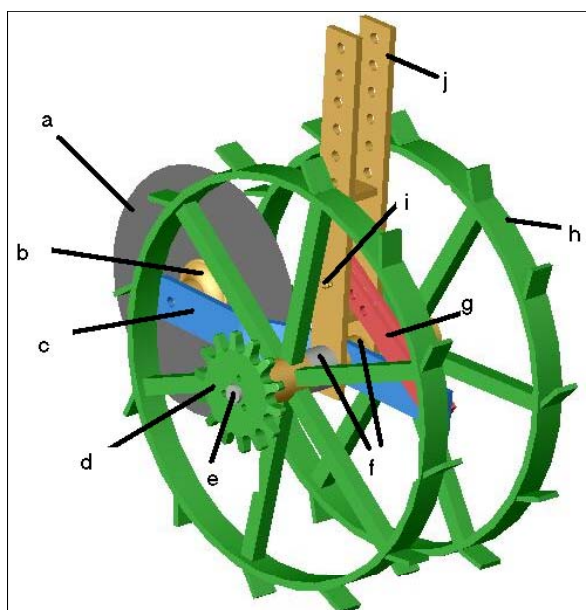


Figura G.1 - Desenho esquemático do subsistema rodas motoras sendo: a:Disco de corte; b: Eixo e flange do disco; c: Barra do disco; d: Engrenagem; e: Eixo; f: Bucha da haste e suporte do disco; g: Barra de altura do disco; h: Rodas; i: Pino da barra de altura do disco; j: haste.

- Listagem das funções: listou-se as funções que os componentes e peças devem realizar;
- Listagem dos modos de falha: listou-se os modos de falha sendo estes identificados quando o componente ou peça deixa de desempenhar suas funções definidas anteriormente;
- Listagem dos efeitos: listou-se os efeitos dos modos de falha, ou seja, estes são as conseqüências ou, o que o cliente sente quando este modo de falha em potencial ocorre;
- Avaliação da severidade: esta indica a gravidade de cada efeito do modo de falha onde, utilizou-se a escala do quadro G.1. PALADY (1997) sugere o desenvolvimento de uma escala específica a cada organização e como não tem-se um histórico da empresa neste sentido, utilizou-se a escala do quadro seguinte por ser indicado para aplicações e se mostrar condizente com o necessário;

Quadro G.1 – Severidade dos efeitos – BEM-DAYA (1996) *apud* SAKURADA(2001)

Severidade	Escore
O cliente provavelmente não tomará conhecimento	1
Leve aborrecimento	2-3
Insatisfação do cliente	4-6
Alto grau de insatisfação	7-8
Atinge as normas de segurança	9-10

- Listagem das causas: foram listadas todas as causas ou razões possíveis que poderiam resultar neste modo de falha;
- Avaliação da ocorrência: da mesma forma que para a severidade, aqui é utilizada uma escala de avaliação da ocorrência, ou seja, com que frequência o modo de falha ocorre onde, utilizou-se o quadro G.2 como escala para aplicação;

Quadro G.2 – Probabilidade de ocorrência - BEM-DAYA (1996) *apud* SAKURADA(2001).

Probabilidade de ocorrência	Escore	Chances de ocorrência
Remota	1	0
Baixa	2	1/20.000
	3	1/10.000
Moderada	4	1/2.000
	5	1/1.000
	6	1/200
Alta	7	1/100
	8	1/20
Muito alta	9	1/10
	10	1/2

- Listagem das providências necessárias e ações recomendadas: listou-se neste, todos as providências necessárias e ações recomendadas para atender aos modos de falha no sentido de evitar que estes venham causar danos ao subsistema em questão e, conseqüentemente, ao implemento como um todo;

- Preenchimento do gráfico de áreas: este gráfico consiste na separação de três regiões que delimitam a **prioridade relacionada** entre a **ocorrência dos modos de falha** e a **severidade dos efeitos**. A classificação das três áreas compreende níveis de prioridade alta, média e baixa conforme a figura 4.12 do Capítulo 4. Esta classificação foi atribuída para escores 4 em ocorrências e severidades no limite de área baixa e média, já para os limites das áreas média e alta o escore atribuído foi 8.

Os resultados da aplicação do FMEA para este subsistema estão representados nas tabelas G.1, G.2 seguintes. Pode-se observar nestas tabelas, que a coluna de ocorrências está representada pela letra “O” e a severidade pela letra “S”, constando nas colunas denominadas “Ref” uma contagem de referência para o preenchimento do gráfico de áreas, pois alguns pontos do mesmo são coincidentes necessitando desta diferenciação.

Tabela G.1 - FMEA do subsistema rodas motoras e disco de corte MC03.

Componentes e Peças	Função	Ref.	Modo de Falha	O
Roda	Dar mobilidade	a	Desprender do eixo	4
	Fornecer torque	b	Não girar	3
	Suportar o implemento	c	Não fornecer o torque	4
	Resistir à impactos	d	Empenar	2
	Prender a palhada	e	Romper	1
			f	Não prender a palhada
Eixo	Suportar o implemento	g	Empenar	3
	Transmitir o torque	h	Ruptura	2
	Atender ao ajuste	i	Desgaste	4
		j	Não atender ao ajuste	2
Bucha da haste e do suporte do disco	Atender ao ajuste	k	Quebrar a solda	2
	Transmitir as forças	l	Ruptura	2
	Resistir aos esforços	m	Não atender ao ajuste e à concentricidade	4
Suporte do disco	Suportar o disco	n	Empenar	2
	Suportar os esforços	o	Romper	1
		p	Desalinhamento	3
Disco de corte	Cortar a palhada	q	Desgaste	3
	Abertura inicial do sulco	r	Desprender	2
	Resistir aos impactos	s	Ranuras na borda de corte	3
		t	Empenar	1

Eixo e Flange do disco		u	Engripamento	2
	Cortar a palhada	v	Funcionamento intermitente	2
	Abertura inicial do sulco	w	Romper	2
	Resistir aos impactos	x	Empenar	3
		y	Desgaste	5
		z	Não atender ao ajuste	3
Engrenagem	Transmitir o torque	aa	Desprendimento	1
		ab	Desgaste	2
Barra de altura do disco	Ajustar a profundidade do disco de corte	ac	Romper	1
		ad	Empenar	2
	Resistir aos esforços	ae	Não atender ao ajuste	3
		af	Desgaste dos furos	2
		ag	Empenar	3
		ah	Vir empenado do fornecedor de barras	4
Pino da barra de altura do disco	Prender as barras de altura com as barras da haste	ai	Romper	2
	Suportar os esforços	aj	Cair (perder)	3
		ak	Desgaste	2
	al	Não atender ao ajuste	3	
Haste		am	Romper	1
	Suportar o implemento	an	Empenar	1
	Regular a altura	ao	Não atender ao ajuste	3
	Resistir aos impactos	ap	Desalinhamento dos Furos	3
	Corpo principal para prender as outras peças do subsistema	aq	Trincar	2
		ar	Quebrar a solda	2

Tabela G.2 - FMEA do subsistema rodas motoras e disco de corte MC03.

Componentes e Peças	Ref.	Efeitos	S	Causa
Roda	1	Parar a operação	8	Impacto em pedras ou outros
	2	Plantio desalinhado	7	Sem conexão com o eixo/eixo não está girando
	3	Aumentar os esforços de tração	2	roda sem contato com o solo
	4	Corte incorreto da palhada	6	Implemento empenado
	5	Plantio ineficaz	7	Não suportar o implemento Agarradeiras muito grande Aro externo empenado
Eixo	6	Aumenta os esforços de tração	1	Não suportar o implemento Impacto da roda com obstáculo



	7	Não transmite o torque	9	Limite das horas de vida útil alcançada
	8	Parar a operação	8	Material inadequado Fabricação que não atende às especificações
Bucha da haste e do suporte do disco	9	Desgaste dos furos da barra	4	Soldagem inadequada
	10	Desgaste do eixo	4	Impacto
	11	Desgaste em um ponto do eixo	4	Material inadequado
	12	Travar o eixo	7	Impacto durante a montagem
	13	Parar a operação	8	Fabricação inadequada
Suporte do disco	14	Não atende à profundidade de corte desejada	5	
	15	Parar a operação	9	Impacto do disco de corte em objetos
	16	Plantio desalinhado	6	Folga excessiva
	17	Plantio ineficaz	7	
Disco de corte	18	Corte irregular da palhada	6	Limite das horas de vida útil alcançada
	19	Não atua na profundidade regulada	6	Material inadequado
	20	Parar a operação	5	Impactos em pedras ou outros objetos
	21	Plantio ineficaz	4	Montagem inadequada
Eixo e Flange do disco	22	Corte irregular / Não corta a palhada	4	Lubrificação inadequada
	23	Abertura irregular do sulco	6	Fabricação inadequada
	24	Maior esforço de tração	5	Impacto do disco de corte em objetos
	25	Geometria irregular do disco	3	Limite das horas de vida útil alcançada
	26	Parar a operação	5	Eixo mal dimensionado
Engrenagem	27	Parar a operação	7	Usinagem inadequada
	28	Desprende a corrente	8	Montagem inadequada
	29	Desgaste da corrente(danifica)	7	Impacto com elementos externos
	30	Parar a operação	8	Impacto do disco de corte em objetos
Barra de altura do disco	31	Não atua na altura regulada	6	Fabricação inadequada
	32	Desgaste maior dos componentes do disco	4	Limite das horas de vida útil alcançada
	33	Irregularidade na altura de corte do disco	6	
	34	Dificulta a regulagem e altura	7	Impacto do disco de corte em objetos

Pino da barra de altura do disco	35	Parar a operação	8	Fabricação inadequada
	36	Impossibilita a regulação	9	Limite das horas de vida útil alcançada Fornecedor Cliente esqueceu de colocar o pino-R Pino-R caiu
	37	Parar a operação	8	Impacto do disco de corte em objetos
Haste	38	Plantio desalinhado	6	Fabricação inadequada
	39	Aumento dos esforços sobre todos os outros componentes do módulo	2	Não suportar o implemento
	40	Plantio ineficaz	6	

Tabela G.3 - FMEA do subsistema rodas motoras e disco de corte MC03.

Componentes e Peças	Providências Necessárias e Ações Recomendadas
Roda	Garantir que o sistema de fixação da roda no eixo (chavetas) esteja devidamente dimensionado Certificar-se nos testes de campo que as rodas permaneceram em contato com o solo (avaliação necessária) Dar leve inclinação (soldar com angulação) às agarradeiras para melhorar tração e aderência ao solo Certificar se engate de tração funcionou conforme projetado
Eixo	Dimensionar de acordo com o material e esforços aos quais o eixo estará sujeito Informar/conscientizar o responsável pela fabricação da peça sobre a importância do controle no ajuste Decidir com a empresa à cerca do material a empregar
Bucha da haste e do suporte do disco	Informar/conscientizar o responsável pela fabricação da peça sobre a importância do controle no ajuste Decidir com a empresa à cerca do material a empregar e dimensões com relação ao eixo Montar (soldar) adequadamente utilizando gabarito
Suporte do disco	Informar/conscientizar o responsável pela fabricação da peça sobre a importância e controle do ajuste Dimensionar Mola no disco de corte
Disco de corte	Informar/conscientizar o responsável pela fabricação da peça sobre a importância e controle do ajuste Verificar a afiação do disco de corte
Eixo e Flange do disco	Garantir a furação correta das flanges, assim como a usinagem correta do eixo Especificar intervalo de lubrificação (etiqueta na máquina/ manual)

	Estas peças já são fabricadas pela empresa mas devem ser verificadas quanto ao processo utilizado
Engrenagem	Proteção para a engrenagem Utilizar parafusos de fixação adequados à tração produzida Estas peças já são fabricadas pela empresa, mas devem ser verificadas quanto ao processo utilizado
Barra de altura do disco	Informar/conscientizar o responsável pela fabricação da peça sobre a importância do controle do ajuste Elemento de suporte quando o mesmo estiver sem o pino (facilita o reposicionamento e regulagem de altura) Utilizar gabaritos para a furação
Pino da barra de altura do disco	Corrente fixa ao pino e à barra para evitar que este caia e seja perdido, o mesmo para o pino-R Informar/conscientizar o responsável pela fabricação da peça sobre a importância do controle do ajuste Verificar com a empresa material empregado
Haste	Informar/conscientizar o responsável pela fabricação da peça sobre a importância do controle do ajuste Colocar reforços nas extremidades da barra Certificar a eficácia do sistema de fixação da haste com o chassi Utilizar gabarito para furação e soldagem (soldagem pode coincidir com o gabarito das buchas)

---

## **APÊNDICE H**

- Planejamento, execução e avaliação dos testes de campo.

## 1.0 Parâmetros de avaliação

Nos testes de campo o desempenho da semeadora-adubadora será avaliado por meio de um conjunto de parâmetros previamente selecionados e estabelecidos seguindo as possibilidades e materiais disponíveis para o ensaio, sendo estes:

### **SEMEADORA-ADUBADORA**

Parâmetros de desempenho:

- patinação das rodas motoras
- regularidade da distribuição em profundidade das sementes
- cobertura das sementes e adubo
- verificação da distribuição longitudinal de sementes
- verificação do índice de emergência de plântulas
- revolvimento de cobertura vegetal no solo
- embuchamento durante o plantio
- verificação da manobrabilidade

Parâmetros morfológicos:

- regulagem da haste das rodas motoras
- regulagens de profundidade do disco de corte
- regulagem de profundidade do disco duplo
- regulagem de profundidade dos cinzéis (adubo e semente)
- regulagem de operação das rodas compactadoras
- regulagem da altura da rabiça
- montagem e desmontagem dos módulos
- eficácia do engate de tração

## 2.0 Áreas e Parcelas dos Testes de Campo

Para realizar-se os testes de campo se fez primeiramente um plano de execução dos testes agrupando os parâmetros de avaliação conforme a possibilidade de repetição em uma mesma parcela. A plantadora-adubadora foi tracionada durante os testes com um trator (não havia cavalo disponível) a uma velocidade de 1,388m/s (5 Km/h), utilizando sementes de milho e adubo com 50% da capacidade dos reservatórios conforme recomendado por Norma em uma área de plantio direto (figura H.2). Para todos os parâmetros foram realizados e coletados os dados em três repetições. A descrição da área de ensaio bem como, sementes e adubo empregados estão no relatório de ensaios do Apêndice I.

### 2.1 Linhas de Plantio e Parcelas

Os testes foram divididos em quatro linhas de plantio, sendo uma linha reserva para eventuais repetições. Para estas linhas, forma divididas três parcelas denominadas por letras conforme tabela H.1.

Tabela H.1 - Divisão das parcelas e linhas de plantio para o ensaio.

PARCELAS	LINHAS	ENSAIOS
A, B, C	1°	Patinagem das rodas motoras; Cobertura das sementes e adubo; Regularidade da distribuição em profundidade das sementes.
D, E, F	2°	Revolvimento de cobertura vegetal no solo; Verificação da distribuição longitudinal das sementes.
G, H, I	3°	Verificação do índice de emergência de plântulas.
J, L, M	4°	Linha reserva

Obs.: Na parcela D, ocorreu o embuchamento durante o plantio, transferindo-se assim o ensaio deste parâmetro para a parcela J da 4° linha (linha reserva).

Com isto foram distribuídas aleatoriamente as parcelas nas linhas de plantio em um comprimento de 20 m para cada parcela. Na figura H.1 está representado a área de testes planejada onde, pode-se observar na parte de baixo da figura um comprimento de 20 m para as quatro linhas de plantio visando iniciar a operação para que se opere em regime permanente quando atingir as parcelas de testes, não influenciando assim nos resultados.

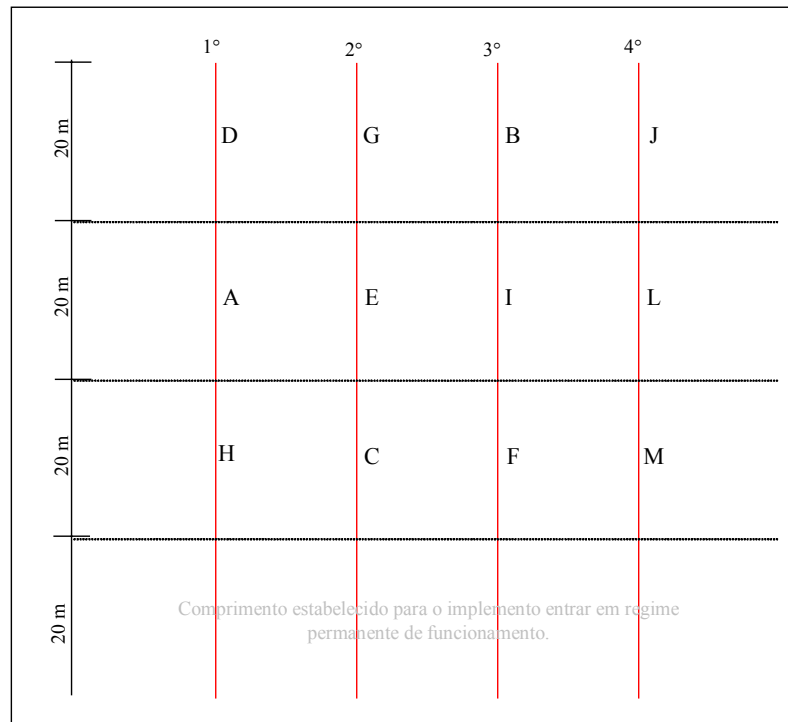


Figura H.1 - Planejamento e divisão da área de testes em linhas e parcelas aleatórias.

Na figura H.2 pode-se observar o implemento em funcionamento durante o ensaio.



Figura H.2 – Foto do implemento durante a realização do ensaio.

## Descrição dos Parâmetros de Desempenho

Aqui constará uma descrição dos parâmetros de desempenho para o módulo semeadora-adubadora do implemento. Cada parâmetro foi dividido em itens contendo objetivo do teste com tal

parâmetro, método empregado durante o teste, variáveis envolvidas, instrumentos utilizados e, os resultados obtidos com a discussão dos mesmos.

### **Patinagem das rodas motoras**

Objetivo: Verificar se as rodas motoras estão dentro do padrão admissível de patinagem para plantadoras, e com isto, assegurar que os dosadores estão recebendo a rotação necessária para executar suas funções. Também verificar se as rodas motoras estão em contato constante com o solo devido às posições do engate de tração e devido o desempenho global do implemento.

Método: O método de medição é realizado por meio de uma demarcação (risco pintado) em uma das rodas motoras, e em operação, demarca-se com uma vara o local de contato com o solo já durante a operação do implemento e dentro da limitação das parcelas. Assim, conta-se o número de voltas realizado pela roda em um comprimento de 20 m (comprimento da linha de plantio) fazendo a posterior relação das variáveis. Valores admissíveis para a patinagem percentual das rodas junto ao solo segundo WEBER *et al* (2001) são de 3,2 a 8,8%.

Variáveis: Diâmetro das rodas = 500 mm  
 Perímetro de uma roda = 1570,8 mm  
 Distâncias percorridas = mm  
 Número de voltas = revoluções

$P_i(\%) = [(N_o - N_i)/N_o] \times 100$  equação H1.1

$P_i$  (%) – patinagem percentual

$N_o$  – número teórico de giros das rodas motoras (calculado)

$N_i$  – número real de giros das rodas motoras na mesma distância (contado)

Instrumentos: Trena, bastão, tinta e pincel.

Resultado: Os resultados deste parâmetro estão representados na tabela H.2.



Tabela H.2 - Resultados do teste de patinagem das rodas motoras.

PARCELAS	Ni	No	Pi %
Parcela A	8	8,55	6,43
Parcela B	9	9,84	8,54
Parcela C	11	12,08	8,94
		MÉDIA:	7,97

A média dos escorregamentos se manteve dentro dos valores admissíveis, ou seja,  $3,2 < 7,97 < 8,8$ . Pode-se observar que um dos valores (parcela C) ultrapassou em 0,14 o escorregamento máximo, pois a grande quantidade de massa seca (resteva de milho), entorno de 11,5 t/ha, pode ter contribuído com o aumento da patinagem. De qualquer forma, o resultado deste parâmetro fez com que fossem geradas melhorias no projeto, onde acrescentou-se 10 mm no comprimento das agarradeiras das rodas motoras.

### **Regularidade da distribuição em profundidade das sementes e adubo**

Objetivo: Verificar a profundidade de abertura dos sulcos para a deposição de sementes e adubo, ou seja, a profundidade em que estes são depositados verificando sua regularidade.

Método: Em três parcelas ou repetições de plantio, retirar a terra ao lado do sulco de plantio manualmente (com as mãos) e, medir a profundidade de plantio das sementes atingida em relação a superfície do solo verificando também a posição do adubo. Para realizar a medição utiliza-se o auxílio de um elemento plano que delimite a superfície do solo. Esta verificação demonstra a regularidade em que estão sendo depositadas as sementes e adubo no solo em função da profundidade requerida.

Variáveis: Profundidade das sementes regulada para = 5 cm  
Profundidade do adubo regulada para = 6,5 cm

Instrumentos: Trena, barra plana.

Resultados: A verificação foi feita nas parcelas E, F e J. O implemento foi regulado para operar em 5 cm de profundidade para a deposição das sementes e aproximadamente 6,5 cm para o adubo.

Obteve-se assim os seguintes resultados da tabela H.3 para a profundidade das sementes, onde, cada valor corresponde a uma semente entre os 2 m de comprimento verificados em cada parcela. Na figura H.3 está apresentada uma foto tirada em uma das parcelas, onde se verifica as distâncias de deposição em relação a superfície “W”, a sementes “L” e ao adubo “M”.

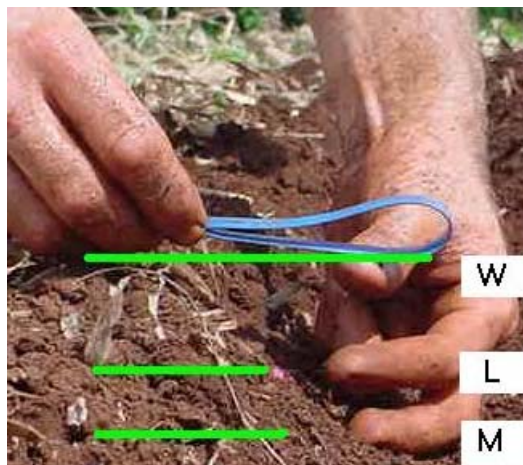


Figura H.3 - Distâncias de deposição da semente e adubo.

Na tabela H.3 estão apresentados os resultados das medições.

Tabela H.3 - Profundidade da deposição das sementes com 12 medições (sementes) em 2 m para cada parcela.

MEDIÇÕES	PARCELA E (cm)	PARCELA F (cm)	PARCELA J (cm)
1	5,0	5,5	5,0
2	5,0	4,8	4,5
3	4,5	5,0	5,3
4	5,3	5,0	4,5
5	5,2	5,3	5,0
6	4,6	5,0	5,5
7	4,8	4,8	5,4
8	5,4	4,9	4,5
9	5,3	5,2	5,2
10	5,0	5,0	4,9
11	5,0	5,0	4,7
12	5,0	(falha)	5,2
MÉDIA (cm)	5,0± 0,2	5,1± 0,1	5,0± 0,20
C.V. (%)	5,4	4,3	7,2

Os resultados obtidos demonstram que alguns valores medidos estão afastados do intervalo de confiança da média para 95% de probabilidade, o que aumenta também o C.V. Porém verifica-se

que as diferenças entre as medições representam milímetros em relação aos 5 cm médios requeridos de profundidade, o que demonstra uma regularidade na deposição para as parcelas verificadas. Já para a profundidade do adubo, verificou-se que o mesmo permaneceu abaixo das sementes na profundidade média requerida de 6,5 cm não ocorrendo à mistura entre adubo e semente.

### **Cobertura das sementes e adubo**

Objetivo: Verificar se as sementes e o adubo estão devidamente cobertos após o plantio nas parcelas estabelecidas.

Método: Contar as sementes que estão aparentes na superfície do solo nos 20 m de comprimento para as três parcelas sendo estas A, B e C.

Variáveis: Número de sementes contadas = unidade  
Comprimento medido = 20 m

Instrumentos: Trena.

Resultados: Os resultados desta medição estão representados na tabela H.4.

Tabela H.4 - Cobertura das sementes.

PARCELAS (20 m)	POPULAÇÃO TEÓRICA (sem.)	SEMENTES COBERTAS EM (20 m)	SEMENTES COBERTAS (%)
A	120	118	98,33
B	120	118	98,33
C	120	119	99,17
	MÉDIA	118,33	98,61

O implemento foi regulado para depositar 6 grãos por metro, o que representa 60.000 plantas/ha com 1 m entre linhas. Com bases nos resultados levantados, verifica-se que um total de 830 plantas estão comprometidas por não estarem devidamente cobertas. Da mesma forma, nas condições dos testes (solo, regulagem, etc), a média entre plantas cobertas adequadamente nas parcelas é de 98,61%.

Um dos fatores que influenciaram possivelmente nos resultados deste parâmetro foi o módulo rodas compactadoras que, não exerceu sua função adequadamente durante o teste. Assim, gerou-se modificações no projeto deste módulo tornando as rodas independentes e com angulação entre os eixos axiais.

### **Verificação da distribuição longitudinal de sementes e do índice de germinação de plântulas**

**Objetivo:** Verificar a distribuição das sementes levantando o número de ocorrências de deposição de múltiplos, falhos e aceitáveis, e comparando-os com as recomendações agronômicas do espaçamento entre sementes para a cultura utilizada (milho espaçamento de 12,5 – 16,5 cm). O recomendado para a cultura de milho é cerca de 56.000 plantas/hectare em um espaçamento de 1 m entre linhas. Para estes espaçamentos verificar também a germinação das plântulas. Com isto foi possível considerar todos os fatores que de alguma forma influenciaram durante o plantio. Realiza-se a medição passados dezenove dias do teste onde, levanta-se o número de ocorrências de deposição de múltiplos, falhos e aceitáveis, comparando-os com as recomendações agronômicas do espaçamento entre sementes para a cultura utilizada (milho espaçamento de 12,5 – 16,5 cm).

**Método:** Em três parcelas de 10 m de plantio, contar as sementes medindo os espaçamentos onde:  
Múltiplos – termo que caracteriza a ocorrência de distâncias entre as sementes menores que  $0,5 \times X_{ref}$ .

Aceitáveis – Termo que caracteriza a ocorrência de distâncias entre as sementes dentro dos limites de  $0,5$  e  $1,5 \times X_{ref}$ .

Falhas – Termo que caracteriza a ocorrência de distância entre as sementes maiores que  $1,5 \times X_{ref}$ .

Tendo levantado estes números são feitas então as análises dos resultados.

Utilizando 16,5 cm como espaçamento referência ( $X_{ref}$ ) tem-se a tabela H.5 como intervalos obtidos.

Tabela H.5 – Intervalos de referência para os espaçamentos.

TIPO DE ESPAÇAMENTO	INTERVALO DE TOLERÂNCIA PARA “X”
MÚLTIPLOS $< 0,5 \cdot X_{ref}$ )	$X < 8,25$
$0,5 \cdot X_{ref} < \text{ACEITÁVEIS} < 1,5 \cdot X_{ref}$	$8,25 < X < 24,75$
FALHAS $> 1,5 \cdot X_{ref}$	$X > 24,75$

**Variáveis:** Número de sementes = uni  
Comprimento medido = m

**Instrumentos:** Trena.

**Resultados:** O resultado final dos intervalos entre as sementes (espaçamentos), relacionado com as recomendações agronômicas para múltiplos, aceitáveis e falhas na cultura de milho estão apresentados na tabela H.6.

Tabela H.6 – Resultados da análise da distribuição longitudinal das sementes e germinação de plântulas em três parcelas com 10 m cada e total de 179 leituras.

PARCELAS	E	F	J
MÚLTIPLOS (%)	14,12	10,20	04,12
ACEITÁVEIS (%)	65,31	69,39	73,47
FALHAS (%)	20,57	20,41	22,41
MÉDIA (cm)	20,29	13,39	22,90
GERMINAÇÃO TEÓRICA (%)	85	85	85
GERMINAÇÃO VERIFICADA (%)	96	98	98

De acordo com MIALHE (1996) os espaçamentos aceitáveis deve ter valores mínimos de 60%, sendo verificado que nas três parcelas do teste teve-se valores acima do recomendado, o que é mais significativo. O percentual restante para cada parcela, são as ocorrências de espaçamentos múltiplos e falhas, sendo verificada maior ocorrência de falhas. As prováveis causas para estas ocorrências de falhos no plantio são:

- Comprimento excessivo do cano condutor de sementes, ocasionando o repique de sementes no mesmo durante o plantio. A altura do dosador em relação ao solo era de 400 mm;
- Ocorrência de patinagem exagerada durante o plantio devido às agarradeiras das rodas motoras coincidirem com restos das “canas” da cultura de milho, que podem diminuir o desempenho das mesmas e oscilar a rotação do dosador.

Gerou-se assim, melhorias nos módulos dosador de sementes e cinzel de sementes, onde com o reprojeto houve a redução altura do dosador em relação ao solo ficando este com 300 mm de altura. Relacionado a germinação das sementes, constatou-se que nas ocorrências de espaçamentos falhos para as três parcelas, um total de 4 sementes foram encontradas no solo mas não germinaram. Isto representa uma média total de 97,80% de germinação para as três parcelas verificadas sendo que, o mínimo garantido de germinação para as sementes era de 85% (germinação teórica percentual). Na figura H.4 tem-se representando a germinação das sementes no dia da medição.

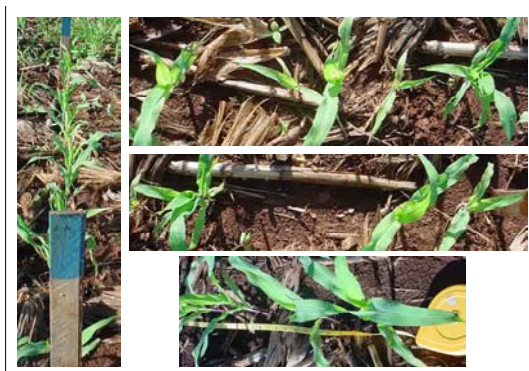


Figura H.4 - Fotos do milho que germinou obtidas no dia em que foram realizadas as medições.

### **Revolvimento de cobertura vegetal no solo**

**Objetivo:** Obter dados sobre a eficácia do plantio relacionado a palhada ou vegetação de cobertura depois do plantio no ensaio. Quanto menos o implemento revolver o solo e afastar a palhada da linha de plantio, melhor é o resultado desta verificação para a operação.

**Método:** O método empregado consiste em coletar nas três parcelas antes do plantio, com o auxílio de uma trena com 100 marcas distanciadas de 20 cm uma da outra, a cobertura vegetal no solo. A cada marca coincidente com cobertura vegetal (solo não nú) considera-se equivalente a um ponto percentual de cobertura. Desta forma deve-se coletar nas três parcelas uma medição antes do plantio, e posterior ao plantio realiza-se novamente a medição agora em posições conforme mostrado na figura H.5. Confrontam-se então, os resultados obtidos antes e após a passagem da máquina na área padrão de ensaio, obtendo-se o grau de incorporação da cobertura vegetal realizado pelo implemento sob ensaio.

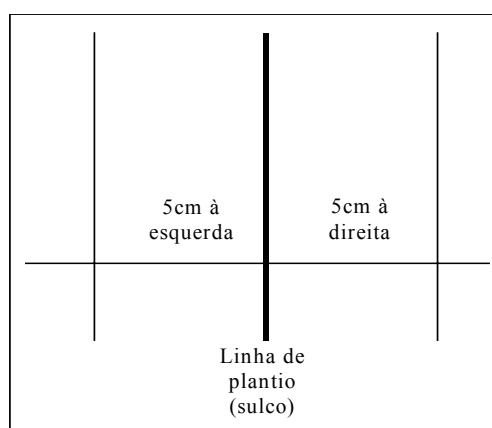


Figura H.5 - Esquema de coleta dos resultados do revolvimento de cobertura.

Os resultados foram comparados com os dados obtidos do instituto de pesquisa IAPAR - PR, para ensaios do parâmetro de mobilização de cobertura vegetal com a trena estirada em diagonal sendo:

- 15% de redução da cobertura vegetal: resultado é considerado bom;
- 15 a 30% de redução da cobertura vegetal: resultado é considerado regular;
- acima de 30% de redução da cobertura vegetal: o resultado é considerado ruim.

Variáveis: S (solo com cobertura)

N (solo nú)

Instrumentos: Trena com marcas.

Resultados: Na figura H.6 apresenta-se uma foto aproximada do solo tendo, a trena estirada conforme foi realizada a coleta dos dados.



Figura H.6 - Foto aproximada do solo durante a verificação de cobertura vegetal no solo.

Os resultados obtidos foram analisados comparando-se com o percentual da linha de referência para os valores de solo não nu “S” conforme tabela H.7. A opção por apresentar estes valores é devido a melhor condição do sulco após o plantio no sistema plantio direto, ou seja, o implemento deverá movimentar o solo e a palhada o menos possível, reposicionando a palhada em cima do sulco de plantio.

Tabela H.7 - Comparativo com os valores referência.

PARCELAS	DISTÂNCIAS	% DE REDUÇÃO DA COBERTURA VEGETAL

J	5 cm à direita	16,67%
	sulco	47,44%
	5 cm à esquerda	20,51%
E	5 cm à direita	20%
	sulco	58,89%
	5 cm à esquerda	44,45%
F	5 cm à direita	21,18%
	sulco	48,24%
	5 cm à esquerda	28%

Os resultados apresentaram valores regulares (entre 15 e 30%) para o revolvimento de cobertura a direita e esquerda do sulco. Já para as medições em cima do sulco, verificou-se que os valores do revolvimento ficaram acima de 30% de redução da cobertura vegetal inicial (referência). Estes resultados não são considerados ruins devido a coleta dos dados ter sido realizada exatamente no sulco, e não em diagonal, onde obteve-se uma média de 51,52% de mobilização. Portanto o desempenho global para este parâmetro foi satisfatório aprovando o plantio.

### **Embuchamento durante o plantio**

Objetivo: Verificar se o implemento está realizando a operação para a qual foi desenvolvido, sem causar grandes interrupções na operação por consequência de embuchamentos. Estando o solo dentro das condições ideais de operação, a ocorrência de embuchamento pode ser devido ao mau funcionamento de algum componente, ou seja, alguma função pode estar sendo mal executada ou interferindo em outra.

Método: Contagem do número de ocorrências de embuchamentos durante os testes, verificando por inspeção visual e descrevendo as possíveis causas que ocasionaram o mesmo. Transferir assim, os parâmetros de ensaio da parcela onde ocorreu o(s) embuchamento(s), para as parcelas da linha reserva. Desta forma se a causa do embuchamento foi o implemento, sugerir possíveis melhorias em seus subsistemas.

Instrumentos: Análise visual.

Resultados: O embuchamento ocorrido durante o ensaio (parcela D) foi devido o acúmulo de palhada entre o cinzel de adubo e o cano condutor de adubo. O cano condutor estava afastado do cinzel, o que fez com que no início do plantio acumulou palha entre estas partes. Este acúmulo de palhada aumentou conforme a operação fosse realizada ocasionando o embuchamento, conforme pode-se verificar na figura H.7. Pela foto apresentada observa-se que o disco de corte está livre de



palhada e que realmente o subsistema cinzel de adubo foi o responsável pelo embuchamento (ver área quadriculada na figura).



Figura H.7 - Foto do embuchamento ocorrido.

Esta ocorrência de embuchamento levantou um aspecto que deve ser corrigido no projeto, ou seja, o cano condutor de adubo deverá estar encostado ao cinzel para que não permita o acúmulo de palhada e com um elemento que preencha o espaço vago entre ambos na extremidade. Teve-se outros embuchamentos durante a preparação do implemento para o ensaio, onde se regulou a profundidade de trabalho do disco de corte, dos cinzéis e roda compactadora. Estes embuchamentos foram considerados normais, pois o implemento ainda não estava regulado para o plantio.

#### **Verificação da manobrabilidade**

Objetivo: Verificar se o implemento realiza a manobra de retorno em uma nova linha de plantio, sem exigir do operador grande esforço, bem como, uma grande área para efetuar esta manobra.

Método: Realizar o plantio e retornar a uma nova linha verificando o espaço necessário para tal. O espaçamento desta nova linha de plantio deve ser o menor entre as culturas que o implemento cultiva, portanto o espaçamento de 40 cm para a cultura de feijão.

Instrumentos: Inspeção visual.

Resultados: Para a plantadora-adubadora verificou-se que o implemento não exige grandes esforços do operador bem como pouco espaço para realizar as voltas, sendo que o comprimento total do implemento é de 1500 mm onde alguns implementos similares atingem até 2000 mm. A maior

dificuldade é fazer a volta com o trator, já que para estes ensaios, o implemento foi tracionado com um trator. Durante os testes preliminares realizado durante o desenvolvimento do protótipo (ver atividade 5 do Capítulo 4), o implemento foi tracionado por um animal e operado por um agricultor que trabalha com implementos similares, tendo o respaldo do mesmo no sentido de ser mais fácil de manipular (mais leve para operar, menos espaço para fazer as voltas e não exigir grandes esforços do animal) tendo portanto a aprovação neste sentido.

## Parâmetros Morfológicos Semeadora-Adubadora

Os parâmetros morfológicos da plantadora-adubadora referem-se às regulagens do implemento, disponíveis para o agricultor adequar o mesmo às condições necessárias para que o implemento exerça um plantio nas condições de solo em que se encontra. Assim tem-se basicamente as seguintes regulagens:

- regulagem da haste das rodas motoras: este parâmetro possibilita ao agricultor ajustar a altura da parte frontal do implemento sem interferir na profundidade de atuação do disco de corte. Têm-se disponíveis quatro posições ou opções de regulagem, abrangendo as alturas mínima de 500 mm em relação ao solo e máxima de 650 mm da parte frontal do implemento distribuídas em quatro regulagens. Estas opções atenderam as exigências durante o ensaio bem como para os testes realizados, sendo de fácil ajuste por ser realizada por uma pessoa por meio da retirada de dois pinos.

- regulagens de profundidade do disco de corte: o disco de corte tem regulagens que possibilitam a atuação em profundidades que variam de 100 mm acima da superfície do solo a 120 mm abaixo da mesma distribuídas em quatro posições. Estas opções foram ideais para as operações e regulagens exercidas durante os testes garantindo o atendimento da função do disco de corte e pode ser facilmente efetuada por uma pessoa por meio da retirada de um pino.

- regulagem de profundidade do disco duplo: o disco duplo tem regulagem de profundidade que possibilita uma variação de 100 mm de uma posição mínima a uma máxima com quatro variações de posicionamento. Este posicionamento é efetuado pela retirada de quatro parafusos que prendem a haste do disco a chapa suporte do presente subsistema podendo ser facilmente regulado por uma pessoa mostrando-se fácil conforme verificado nos testes.

- regulagem de profundidade dos cinzéis (adubo e semente): estas regulagens tem variações em 100 mm com quatro variações de posicionamento. Este posicionamento é efetuado pela retirada

de quatro parafusos que prendem os cinzéis a chapa suporte de cada subsistema, podendo ser facilmente regulado por uma pessoa, mostrando-se fácil conforme verificado nos testes.

- regulagem de operação das rodas compactadoras: este subsistema não teve uma boa atuação nos testes apesar de fornecer regulagens que atenderam a questão de posicionamento. Como o subsistema será reprojeto para sua função não serão feitas maiores considerações quanto a regulagem.

- regulagem da altura da rabiça: a rabiça compreende as regulagens de 350 mm e 800 mm em relação ao solo distribuído em três posições.

- montagem e desmontagem dos módulos: a montagem e desmontagem dos módulos são realizadas facilmente com o auxílio de uma chave 13 mm de boca ou estrela. A operação consiste em tirar as braçadeiras que prendem os módulos ao chassi efetuando a operação inversa para montá-los novamente.

- eficácia do engate de tração: o engate de tração possui oito posições de regulagem entre 0 (rente ao chassi) e 410 mm (acima do chassi) mostrando ser uma regulagem que atende as necessidades para os dois tipos de tração (animal e motorizada) exigidas pelas especificações de projeto (Anexo B). Estas regulagens foram facilmente testadas durante os testes preliminares e os testes finais e atenderam suas funções.

## Parâmetros de Avaliação

Nos ensaios de campo o desempenho do escarificador e sulcador será avaliado por meio de um conjunto de parâmetros previamente selecionados e estabelecidos seguindo as possibilidades e materiais disponíveis para o ensaio, sendo estes:

## **ESCARIFICADOR e SULCADOR**

Parâmetros de desempenho:

- corte da vegetação de cobertura e embuchamento durante a escarificação e sulcagem

- verificação do solo revolvido após a escarificação e sulcagem
- verificação da manobrabilidade dos implementos

Parâmetros morfológicos:

- regulagem da haste das rodas motoras
- regulagens de profundidade do disco de corte
- regulagem da altura da rabiça
- regulagem da profundidade de operação da ferramenta escarificadora
- regulagem da profundidade de operação da ferramenta sulcadora
- montagem e desmontagem dos módulos
- eficácia do engate de tração

Descrição dos Parâmetros de Desempenho do Sulcador e Escarificador:

Aqui constará uma descrição dos parâmetros de desempenho para os módulos escarificador e sulcador do implemento sendo que ambos têm os mesmos parâmetros de verificação ainda que exerçam funções distintas. As maiores limitações dos testes destes implementos referem-se a falta de equipamentos adequados para que pudessem ser explorados outros parâmetros de avaliação. De qualquer forma os testes foram realizados em uma propriedade da empresa conforme figura H.8, onde foram analisados alguns parâmetros de acordo com o que se tinha disponível no momento, tendo como velocidade media de operação com cavalo 0,694m/s (2,5Km/h).



Figura H.8 - Teste realizado para o sulcador e escarificador.

### **Verificação do corte da vegetação de cobertura e embuchamento**

Objetivo: Verificar se a vegetação de cobertura foi cortada após a atuação do disco de corte. Este teste se refere diretamente ao disco de corte, pois é este elemento o responsável pelo corte da palhada influenciando no embuchamento do implemento para as operações de sulcagem e escarificação.

Método: Posteriormente as operações de sulcagem e escarificação, observa-se por inspeção visual as características quanto ao corte da palhada descrevendo as condições finais deixadas pelos implementos. Caso ocorra embuchamento nestas operações deve-se descrever o ocorrido da mesma maneira.

Resultados: Verificou-se para este teste, que o disco de corte não exerce muita interferência no funcionamento dos subsistemas sulcar e escarificar solo, pois onde estes implementos são utilizados (envergar entre linhas de plantio para o implemento escarificador e abrir sulcos para o transplante de mudas para o implemento sulcador) o disco de corte pode até ser desmontado de seu subsistema (rodas motoras e disco de corte) sem prejudicar nas operações. Porém quando o disco de corte foi necessário (condição de corte de palhada) o mesmo executou sua função adequadamente. Na figura H.9 tem-se um exemplo da operação de sulcagem sendo realizada, onde testou-se a possibilidade de se adubar juntamente com esta operação.



Figura H.9 - Verificação do corte durante a operação de sulcagem com o subsistema de dosagem de adubo montado.

### **Verificação do solo mobilizado após a escarificação e sulcagem**

Objetivo: Verificar após a passagem de cada implemento a área de solo mobilizada e, se o formato deixado corresponde ao esperado para as operações dos implementos por meio de inspeção visual.

Método: Consiste em executar a operação dos implementos analisando o formato resultante da passagem dos implementos, descrevendo assim, os resultados conforme modelo ideal para cada operação.

Resultados: Os resultados obtidos para as operações referem-se de maneira geral, a um bom comportamento dos implementos sem exigir grandes esforços do animal que estava tracionando, bem como, do operador do implemento. A figura H.10 apresenta uma amostra do solo após a operação com o implemento escarificador, onde observa-se que houve uma boa movimentação do solo ao centro e nas laterais onde passou o implemento.



Figura H.10- Solo após a escarificação.

A figura H.11 apresenta uma foto do solo após a operação com o implemento sulcador, onde também verifica-se que o mesmo efetuou a sulcagem deixando o solo em condições (solto e com um sulco) para que, por exemplo, possam ser transplantadas mudas.



Figura H.11 - Solo após a sulcagem.

### **Verificação da manobrabilidade**

Objetivo: Verificar se os implementos realizam a manobra de retorno em uma nova linha de plantio, sem exigir do operador grande esforço, bem como, uma grande área para efetuar esta manobra.

Método: Realizar o plantio e retornar a uma nova linha verificando o espaço necessário para tal. O espaçamento desta nova linha de plantio deve ser o menor entre as culturas que o implemento cultiva, portanto o espaçamento de 40 cm para a cultura de feijão.

Instrumentos: Inspeção visual.

Resultados: Para os implemento sulcador e escarificador verificou-se que ambos não exigem esforços do operador, bem como pouco espaço para realizar as voltas. Os implemento foram tracionados por um animal e operado por um agricultor que trabalha com implementos similares, tendo o respaldo do mesmo no sentido de ser mais fácil de manipular (mais leve para operar, menos espaço para fazer as voltas e não exigir grandes esforços do animal) além de que seu comprimento é menor que os implementos disponíveis no mercado, o que facilita nas voltas, tendo portanto a aprovação neste sentido. Desta forma a manobra fica mais a critério do treinamento e facilidade de trabalhar com o animal que está tracionando os implementos.

### **Parâmetros morfológicos do sulcador e escarificador:**

- regulagem da haste das rodas motoras (ver item semeadora adubadora)
- regulagens de profundidade do disco de corte (ver item semeadora adubadora)
- regulagem da altura da rabiça (ver item semeadora adubadora)
- regulagem da profundidade de operação da ferramenta escarificadora: esta regulagem abrange as dimensões de 0 à 100mm em quatro posições distintas entre este valor, onde é necessária a retirada de quatro parafusos que prendem a haste do escarificador as chapas suporte do presente subsistema. Esta regulagem mostrou-se fácil de ser efetuada e atendeu as necessidades durante os testes, desde que se tenha em mãos, duas chaves 13mm estrela ou de boca.
- regulagem da profundidade de operação da ferramenta sulcadora: esta regulagem abrange as dimensões de 0 à 100mm em quatro posições distintas entre este valor, onde é necessária a retirada de quatro parafusos que prendem a haste do escarificador as chapas suporte do presente

subsistema. Esta regulagem mostrou-se fácil de ser efetuada e atendeu as necessidades durante os testes, desde que se tenha em mãos duas chaves 13 mm estrela ou de boca.

- montagem e desmontagem dos módulos: Para a montagem e desmontagem dos módulos (escarificador e sulcador) é necessária uma chave 13mm de boca ou estrela onde, a operação consiste em tirar as braçadeiras que prendem os módulos ao chassi efetuando a operação inversa para montá-los novamente sem grande dificuldades.

- eficácia do engate de tração: (ver item semeadora adubadora).



## **APÊNDICE I**

- Relatório de Ensaio de Campo.

## **Relatório de Ensaios: Baseado no Projeto de Norma ABNT 04:015.06-008(1)/1995**

### **Relatório de Ensaios de Campo**

#### **1.0 Identificação e Caracterização do Espécime Ensaiado**

##### 1.1.1 Identificação do seu fabricante e/ou do seu representante

- a) Nome (razão social): UFSC/NeDIP-IADEL
- b) Endereço:

##### 1.1.2 Identificação do implemento

- a) Marca: MULTICULTOR MODULAR
- b) Tipo: SEMEADORA ADUBADORA, ESCARIFICADOR, SULCADOR.
- c) Modelo: PROTÓTIPO
- d) Número de Série: 02
- e) Ano de fabricação: 10/10/2002
- f) Lote:01

##### 1.1.3 Características técnicas gerais

###### 1.1.3.1 Fonte de Potência:

- a) Tipo (tração mecânica, tração animal, etc): Tratorizada e Animal.
- b) Velocidades de deslocamento da semeadora em linha, máxima e mínima: 2,5 à 7Km/h.
- c) Velocidade de deslocamento do sulcador em linha, máxima e mínima: 2,5 à 7Km/h.
- d) Velocidade de deslocamento do escarificador, máxima e mínima: 2,5 à 7Km/h.

###### 1.1.3.2 Acoplamento à fonte de potência:

- a) Tipo (de arrasto, montado,etc): Arrasto.

###### 1.1.3.3 Unidades de semeadura (linhas de semeadura):

- a) Número de unidades: Uma linha de semeadura.
- b) Espaçamento entre as unidades de semeadura: Uma linha de semeadura

###### 1.1.3.4 Reservatório(s) de sementes:

- a) Número de reservatórios: Um reservatório.
- b) Principais características (material de construção, formatos, altura interna, capacidade volumétrica, etc): Fabricado em chapa zincada, formato arredondado com diâmetro de 250 mm, altura interna de 240mm e capacidade volumétrica de 3750cm<sup>3</sup>.

#### 1.1.3.5 Mecanismo(s) dosador (es):

- a) Número de mecanismos dosadores: Um mecanismo dosador.
- b) Tipo ou modelo: Tipo disco horizontal.
- c) Dimensões dos discos de sementes, rotores, etc: Diâmetro de 188mm e 4mm de espessura
- d) Número de furos, alvéolos, caneluras, etc: 28 alvéolos
- e) Dimensões dos furos, alvéolos, caneluras, etc: 14 x 10,5mm
- f) Altura em relação ao fundo do sulco: 420mm
- g) Acionamento do mecanismo dosador:
  - Tipo: Transmissão por corrente e roda dentada.
  - Relações de transmissão indicadas: Ver item h.
  - Velocidade de rotação do mecanismo dosador, máxima e mínima:
- h) Regulagem da densidade de semeadura:
  - Tipo (troca de regulagem / rodas dentadas, alavanca de regulagem, amplitude de regulagem etc): As opções de regulagem estão na tabela I1 e são relacionadas com as rodas dentadas e seu número de dentes em cada dosador para cada cultura.

Tabela I.1 – Relação de regulagem das rodas dentadas para a quantidade de sementes/metro dosada.

	CULTURA	ADUBO	SEMENTE	QUANTIDADE
1	MILHO	11	9	7 sem./m
2	FEIJÃO	8	9	11,27 sem./m
3	SOJA	11	9	15,50 sem./m
4	SOJA	8	9	15,63 sem./m
5	SOJA	9	11	14,40 sem./m
6	SOJA	9	8	14,30 sem./m

Obs: a relação de transmissão é feita das rodas motoras (item 1.1.3.7) para o dosador de adubo e deste para o dosador de sementes, devido a isto a relação envolve os itens adubo e semente na tabela I.1.

#### 1.1.3.6 Componentes de deposição e complementos:

- a) Condutor de sementes (tipo, dimensões, ângulo de saída etc): Tubo redondo de aço 2" de diâmetro e 2 mm de parede, ângulo de saída de 45°.

- b) Sulcador (tipo, dimensões, etc): 250 mm de comprimento e 18 mm de espessura
- c) Complementos (cobridores de sementes, limitadores de profundidade etc.): Ver item 1.1.3.7 a).
- d) Profundidade de trabalho, máxima e mínima; incrementos de regulagem, etc: A profundidade de trabalho dos cinzéis (sulcadores para semente e adubo) tem regulagens que permitem variações em 100 mm com quatro diferentes posicionamentos. Este posicionamento é efetuado pela retirada de quatro parafusos que prendem os cinzéis a chapa suporte de cada subsistema, podendo ser facilmente regulado por uma pessoa.

#### 1.1.3.7 Rodas de apoio, rodas motoras, rodas controladoras de profundidade:

- a) Tipo: Rodas motoras (RM) e Rodas compactadoras e ou controladoras de profundidade (RC).
- b) Dimensões dos pneus: RM são de aço com 500 mm de diâmetro, sendo RC de alumínio com 130mm de diâmetro.
- c) Pressão de enchimento (indicado pelo fabricante da máquina agrícola):
- d) Raio da roda (s) motora(s) com a semeadora carregada até a metade de sua capacidade total:
- e) Mecanismos de controle e manutenção da profundidade de trabalho (engates articulados, molas parafusos etc): RM tem regulagem de altura por meio de dois pinos que fixam o subsistema das rodas motoras ao chassi (parte frontal do implemento). As RC têm sua regulagem por meio de uma chapa tencionada por mola que é acionado pelo pé do operador que baixa ou ergue o subsistema de compactação e limitação de profundidade (parte traseira do implemento).
- f) Bitola:

#### 1.1.4 Características dimensionais:

- a) Largura (em condições de transporte; em condições de trabalho): 690 mm
- b) Comprimento ( em condições de transporte e de trabalho): 1500 mm
- c) Altura ( em condições de transporte e de trabalho da semeadora-adubadora): 800 mm em condições de transporte e 700 mm em condições de trabalho.
- d) Altura ( em condições de transporte e de trabalho do escarificador):

- e) Altura (em condições de transporte e de trabalho do sulcador):
- f) Altura de carregamento: 800mm

#### 1.1.4 Características ponderais:

- a) Massa total da semeadora-adubadora vazia: 75,5 Kg
- b) Massa total da semeadora-adubadora à plena carga: 91,5 Kg

#### 1.1.5 Condições dos Ensaios:

##### 1.1.5.1 Local e data de realização dos ensaios:

Os ensaios foram realizados na cidade de Ernestina RS no dia 24/02/2003.

##### 1.1.5.2 Condições do local de ensaio:

1.1.5.2.1 Tipo do solo: pertencente à unidade de mapeamento em Passo Fundo, RS classifica-se como solo Latossolo Vermelho Distroférico, *Typic Oxisols*, de textura argilosa, relevo ondulado, substrato basalto.

##### 1.1.5.2.2 Declividade do solo:

O solo onde foram realizados os testes é plano.

##### 1.1.5.2.3 Tipo de preparo do solo:

Este solo têm 5 anos de plantio direto onde, a contar dos últimos dois anos teve-se plantada a cultura de soja. Após a colheita da soja semeou-se azevem, colhendo-o e, realizando o plantio de soja novamente com a devida correção de solo. Posterior a colheita da soja, não foi cultivado outra cultura a não ser o azevem que nasceu das sementes que haviam no solo do plantio passado sendo este, dessecado para não sementar realizando-se então o plantio de milho. Posterior a colheita do milho o proprietário decidiu passar uma roçadora visando cortar o inço carrapicho iminente a sementar e que cresceu junto ao cultivo de milho. Passado um mês destas atividades foram realizados então o ensaio na resteva do milho.

##### 1.1.5.2.4 Teor de umidade do solo:

O solo estava com uma umidade de 21,02% à 10cm de profundidade da superfície do solo e com umidade de 20,16% à 20cm de profundidade no dia da realização dos testes.

1.1.5.2.5 Grau de destorroamento do solo:

1.1.5.2.6 Rugosidade do solo:

1.1.5.2.7 Compactação do solo (semeadura direta):

1.1.5.2.8 Vegetação anterior, presença de restos culturais:

Como vegetação anterior e restos culturais, pode-se citar que em grande quantidade havia a resteva de milho (palhada restante da colheita), e pouco capim papua nada significativo. Desta forma tinha-se 11,5 t/ha de palhada na área de realização do ensaio sendo, que o recomendado é de 4 à 6 t/ha.

1.1.5.2.9 Formato e tamanho da área utilizada nos ensaios:

Para os ensaios foi utilizada uma área de 960m<sup>2</sup> (80m x 12m).

1.1.5.2 Tipos de sementes empregadas:

As sementes empregadas no ensaio foram sementes fiscalizadas de milho híbrido – Pioneer – CESM/RS de origem no Rio Grande do Sul. Os padrões mínimos estabelecidos pelo CESM/RS são de: Pureza 98% - Germinação 85%.

1.1.5.3 Tipo de adubo empregado:

O adubo empregado no ensaio foi da marca Ipiranga NPK20 25 25.

1.1.5.4 Condições específicas de execução dos ensaios:

1.1.5.4.1 Nível de sementes no reservatório:

Os reservatórios foram mantidos constantemente com 50% da sua capacidade, sendo 3 Kg de semente e 5 Kg de adubo.

1.1.5.4.2 Velocidades de deslocamento da semeadora-adubadora:

A velocidade de deslocamento durante o ensaio foi de 5 Km/h.

1.1.5.4.3 Regulagens básicas do mecanismo dosador:

1.2.5.5 Tipos de sementes utilizadas:

1.2.5.5.1 Dimensões:

1.2.5.5.2 Peso de 1.000 sementes:

1.2.5.5.3 Dados de análises comerciais (lote, classificação, porcentagem de germinação, vigor, etc):

1.2.5.5.4 Ter de umidade/conteúdo de água:

1.1.6 Resultados Obtidos: Os resultados estão descritos no Apêndice H.

1.1.7 Considerações Finais:

1.1.7.1 Comentários sobre o desempenho da semeadora-adubadora ensaiada:

1.1.7.2 Comentários sobre pontos de melhorias verificadas no protótipo:

1.1.7.3 Comentários sobre falhas mecânicas (quebra, desgaste de peças, etc):

1.1.7.4 Comentários sobre o desempenho do escarificador ensaiado:

1.1.7.5 Comentários sobre pontos de melhorias verificadas no protótipo:

1.1.7.6 Comentários sobre falhas mecânicas (quebra, desgaste de peças, etc):

1.1.7.7 Comentários sobre o desempenho do sulcador ensaiado:

1.1.7.8 Comentários sobre pontos de melhorias verificadas no protótipo:

1.1.7.9 Comentários sobre falhas mecânicas (quebra, desgaste de peças, etc):

1.1.7.10 Comentários sobre adequação do Manual de Operações (facilidade de regulagem, manutenção, etc).

## **APÊNDICE J**

- FMEA do subsistema rabiça.



## Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos – FMEA

Para aplicar esta ferramenta utilizou-se como referências principais PALADY (1997) e SAKURADA (2001), sendo a equipe participante composta pelo bolsista de iniciação científica que acompanhou todas as atividades de desenvolvimento estando devidamente capacitado, o mestrando, e tendo a posterior análise de um engenheiro da empresa. Serão aqui apresentados os procedimentos da aplicação do FMEA para analisar o subsistema da rabiça e, com isto, possibilitar a geração de informações para otimizações no subsistema. Esta ferramenta foi aplicada tendo o protótipo do subsistema fabricado, ou seja, este FMEA foi feito por meio da análise subsistema físico presente nas reuniões. O sequenciamento de aplicação do FMEA consistiu basicamente em:

- Listagem dos componentes (ou peças): listou-se os componentes e peças que compõem o subsistema tomando o cuidado de unir algumas peças para análise conjunta. O desenho esquemático da figura J.1 apresenta os principais conjuntos de peças. Para as letras indicadas tem-se: “a” tubo do cabo; “b” tubo de reforço; “c” suporte do gatilho; “d” suporte U; “e” barra do gatilho; “f” mola; “g” arruela; “h” corrente; “i” conjunto de transmissão de força; “j” manete; “l” arco.

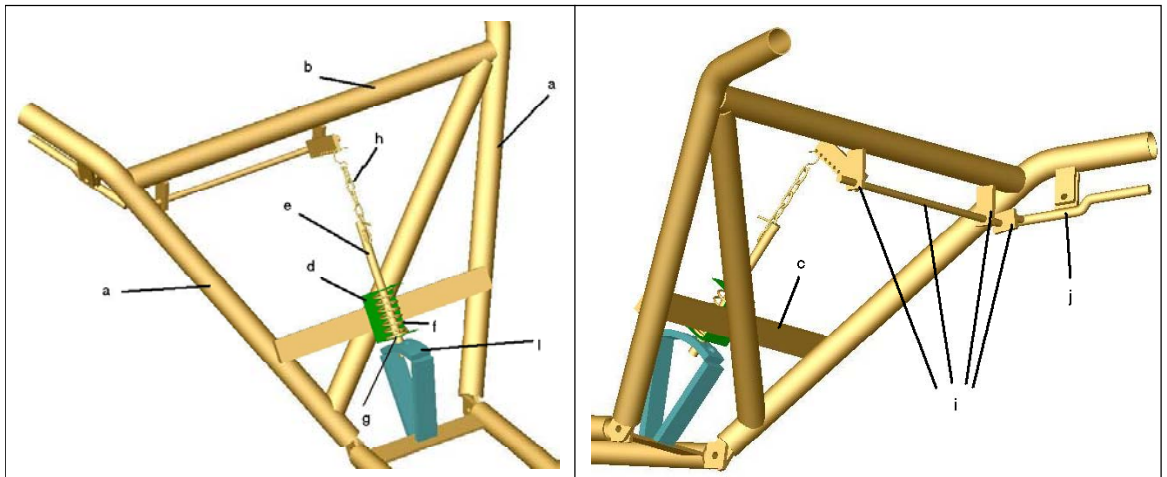


Figura J.1 - Desenho esquemático do subsistema rabiça, seus componentes e peças.

- Listagem das funções: listou-se as funções que os componentes e peças devem realizar;
- Listagem dos modos de falha: listou-se os modos de falha sendo estes identificados quando o componente ou peça deixa de desempenhar suas funções definidas anteriormente;

- Listagem dos efeitos: listou-se os efeitos dos modos de falha, ou seja, estes são as conseqüências ou, o que o cliente sente quando este modo de falha em potencial ocorre;
- Avaliação da severidade: esta indica a gravidade de cada efeito do modo de falha onde, utilizou-se a escala do quadro J.1. PALADY (1997) sugere o desenvolvimento de uma escala específica a cada organização e, sendo assim, utilizou-se à escala do quadro seguinte por ser indicado para aplicações e se mostrar condizente com o necessário;

Quadro J.1 – Severidade dos efeitos – BEM-DAYA (1996) *apud* SAKURADA (2001).

Severidade	Escore
O cliente provavelmente não tomará conhecimento	1
Leve aborrecimento	2-3
Insatisfação do cliente	4-6
Alto grau de insatisfação	7-8
Atinge as normas de segurança	9-10

- Listagem das causas: neste foram listados todas as causas ou razões possíveis que poderiam resultar neste modo de falha;
- Avaliação da ocorrência: da mesma forma que para a severidade, aqui é utilizada uma escala de avaliação da ocorrência, ou seja, com que frequência o modo de falha ocorre onde, utilizou-se o quadro J.2 como escala para aplicação;

Quadro J.2 – Probabilidade de ocorrência - BEM-DAYA (1996) *apud* SAKURADA (2001).

Probabilidade de ocorrência	Escore	Chances de ocorrência
Remota	1	0
Baixa	2	1/20.000
	3	1/10.000
Moderada	4	1/2.000
	5	1/1.000
	6	1/200
Alta	7	1/100
	8	1/20
Muito alta	9	1/10
	10	1/2

- Listagem das providências necessárias e ações recomendadas: listou-se neste, todos as providências necessárias e ações recomendadas para atender aos modos de falha no sentido de evitar que estes venham causar danos ao subsistema em questão e, conseqüentemente, ao implemento como um todo;
- Preenchimento do gráfico de áreas: este gráfico consiste na separação de três regiões que delimitam a prioridade relacionada entre a ocorrência dos modos de falha e a severidade dos efeitos. A classificação das três áreas compreende níveis de prioridade alta, média e baixa conforme a figura 5.4 do Capítulo 5 no projeto detalhado. Esta classificação foi atribuída para escores 4 em ocorrências e severidades no limite de área baixa e média, já para os limites das áreas média e alta o escore atribuído foi 8.

Os resultados da aplicação do FMEA para este subsistema estão representados nas tabelas J.1, J.2, J.3 seguintes. Pode-se observar nestas tabelas, que a coluna de ocorrências está representada pela letra “O” e a severidade pela letra “S”, constando nas colunas denominadas “Ref” uma contagem de referência para o preenchimento do gráfico de áreas, pois alguns pontos do mesmo são coincidentes necessitando desta diferenciação.

Tabela J.1 - FMEA do subsistema rabiça MC04.

Componentes	Função	Ref.	Modo de Falha	O
Tubo do Cabo	Peça base da rabiça (suporte para os outros elementos)	a	Inconformidade dimensional	4
	Interface homem-máquina	b	Empenar	2
	União com o chassi	c	Ruptura da solda	4
	Permitir a suspensão do implemento Dar dirigibilidade Suportar esforços da operação			
Tubo de reforço	Elemento de união	d	Ruptura da solda	2
	Sustentar o conjunto de transmissão de força	e	Empenar	2
Suporte do gatilho	Suportar suporte U	f	Ruptura da solda	2
	União entre os tubos do cabo	g	Empenar	2
Suporte U	Suportar o gatilho	h	Desalinhamento dos furos	4
	Suportar os esforços do ponto de fixação	i	Ruptura da solda	3
	Permitir o movimento da barra do gatilho	j	Empenar	2
		k	Não suportar o esforço da mola	2
		l	Não permitir o movimento da barra do gatilho	3
Barra do gatilho	Fixar a rabiça ao arco	m	Empenar	3
	Sustentar esforço do ponto de fixação	n	Vir torta (Fornecedor)	5
	Permitir movimento relativo em relação ao perfil U	o	Desalinhamento barra-arco	3
		p	Não se movimentar	3
Mola	Movimentar a barra do gatilho, contrária ao sentido de compressão da mola	q	Fadiga de mola	3
	Movimentar a barra do gatilho para a posição de fixação	r	Mola inadequada (tamanho, força, K)	2
Arruela	Compressão inicial da mola	s	Soldagem na posição inadequada	3
	Prender a mola na posição desejada	t	Ruptura da solda	3
	Possibilitar regulagens de altura	u	Inutilizar a arruela	3
Corrente	Transmitir a força do conjunto de transmissão de força para a barra do gatilho Resistir à força de compressão da mola	v	Romper o elo	2
Conjunto de transmissão de força	Transmitir a força do manete para o gatilho	w	Ruptura da solda	3
	Rotação em relação ao próprio eixo	x	Não rotacionar	3
	Suportar a força transmitida pela corrente	y	Empenar	2
		z	Vir com a barra de transmissão de força torta	5

		aa	Desalinhamento dos furos das chapas	4
		ab	Ruptura por torção	2
Manete	Transmitir esforço	ac	Empenar	4
	Interface operador- conjunto de transmissão de força	ad	Soldagem desalinhada dos componentes	3
		ae	Ruptura da solda	2
Arco (de regulagem da rabiça)	Sustentação para a rabiça	af	Ruptura	2
	Suportar esforços da rabiça em operação	ag	Empenar	3
	Regular a altura da rabiça	ah	Soldagem inadequada	3
		ai	Desalinhamento	3
		aj	Não regular a altura	4
			Furação inadequada	2

Tabela J.2 - FMEA do subsistema rabiça MC04.

Componentes	Ref.	Efeito	S	Causa
Tubo do Cabo	1	Rabiça empenada	7	Processo de fabricação inadequado
	2	Dificultar a dirigibilidade	4	Esforço excessivo
	3	Parar a operação	8	Mal dimensionamento
Tubo de reforço	4	Perda de sustentação	7	Fabricação inadequada
	5	Parar a operação	8	Esforço excessivo
	6	Comprometer o funcionamento do conjunto de transmissão de força	6	Mal dimensionamento
Suporte do gatilho	7	Parar a operação	8	Fabricação inadequada
	8	Perder a fixação	8	Esforço excessivo
	9	Perder a rigidez	8	Mal dimensionamento
Suporte U	10	Dificulta a fixação e regulagem	6	Fabricação inadequada
	11	Perde a fixação	8	Mal dimensionamento
	12	Parar a operação	8	Esforço excessivo Ajuste inadequado
Barra do gatilho	13	Dificulta a fixação/regulagem	7	Fabricação inadequada
	14	Parar a operação	8	Fornecedor (Transporte)
	15	Dificulta a operação (erguer o implemento)	6	Esforço excessivo
				Ajuste inadequado
Mola	16	Dificulta a fixação	6	Mal dimensionamento
	17	Não possibilitar a fixação	7	
Arruela	18	Dificulta a fixação	6	Fabricação inadequada
	19	Impossibilita fixação	6	
	20	Impossibilita a regulagem de altura	6	
Corrente	21	Dificultar a regulagem de altura	5	Escolha de uma corrente inadequada

Conjunto de transmissão de força	22	Impossibilitar regulagem a partir do manete	5	Fabricação inadequada
	23	Dificultar o funcionamento (regulagem de altura)	5	Mal dimensionamento Uso inadequado Ajuste inadequado Fornecedor (Transporte)
Manete	24	Dificultar regulagem	5	Fabricação inadequada Uso inadequado Mal dimensionamento
Arco (de regulagem da rabiça)	25	Dificulta a regulagem	7	Fabricação inadequada
	26	Impossibilita a regulagem	8	Mal dimensionamento
	27	Para a operação	8	Ruptura da solda
	28	Não dá sustentação	8	Empenar
	29	Travar o pino	7	Desalinhar

Tabela J3 - FMEA do subsistema rabiça MC04.

Componentes	Providências Necessárias e Ações Recomendadas
Tubo do Cabo	Gabarito para montagem Informar/conscientizar o funcionário sobre cuidados no processo de fabricação e montagem
Tubo de reforço	Gabarito para montagem Informar/conscientizar o funcionário sobre os cuidados na soldagem
Suporte do gatilho	Gabarito para montagem Informar/conscientizar o funcionário sobre os cuidados na soldagem
Suporte U	Gabaritos para fabricação e montagem Especificar ajustes no projeto Utilizar um perfil "U" neste suporte
Barra do gatilho	Especificar ajustes no projeto Controlar qualidade da matéria prima Verificar se a barra está reta para proceder com a montagem Verificar se o diâmetro da barra é constante
Mola	Utilizar mola condizente com o processo de fabricação e que faça o mecanismo retornar
Arruela	Informar/conscientizar o funcionário sobre os cuidados na soldagem Verificar funcionamento após a operação Gabarito para posicionamento e soldagem
Corrente	Corrente com elos menores possíveis para facilitar regulagem
Conjunto de transmissão de força	Gabaritos para solda, montagem e furação Especificar ajustes do projeto Informar/conscientizar o funcionário sobre os cuidados na soldagem e furação Substitui este conjunto por um mecanismo de bicicletas com espia (ver item resultados do FMEA)

Controlar qualidade da matéria prima

Manete

Colocar instruções de operação no manual

Solicitar ao revendedor que informe sobre como operar o implemento, a fim de garantir que o usuário final consiga operá-la adequadamente

Gabaritos para soldagem

Ressaltar o aviso de possíveis tombamentos laterais do implemento, para que o mecanismo do manete funcione corretamente

Arco (de regulagem da rabiça)

Gabaritos para solda e furação

Orientar as etapas do processo (calandragem, furação, posicionamento, soldagem)

---

## APÊNDICE K

- Dimensionamento do eixo das rodas motoras e dos parafusos sextavados que fixam o cubo das rodas motoras ao eixo.



## Dimensionamento do eixo

O dimensionamento a seguir foi baseado em SHIGLEY (1984) onde, primeiramente realizou-se os cálculos para o eixo das rodas motoras. O material empregado no eixo é um aço SAE 1040 sendo considerada uma vida infinita, considerando a possibilidade de falha por fadiga devido as tensões combinada.

O diâmetro estimado inicialmente é de 20 mm tendo a figura K.1 a representação do diagrama de corpo livre das partes, bem como, a descrição das forças envolvidas. Os esforços são provenientes do levantamento realizado na atividade 3 do Capítulo 4 e desta forma, utilizou-se a combinação crítica de carregamento para efetuar os cálculos.

### DIAGRAMA DE CORPO LIVRE:

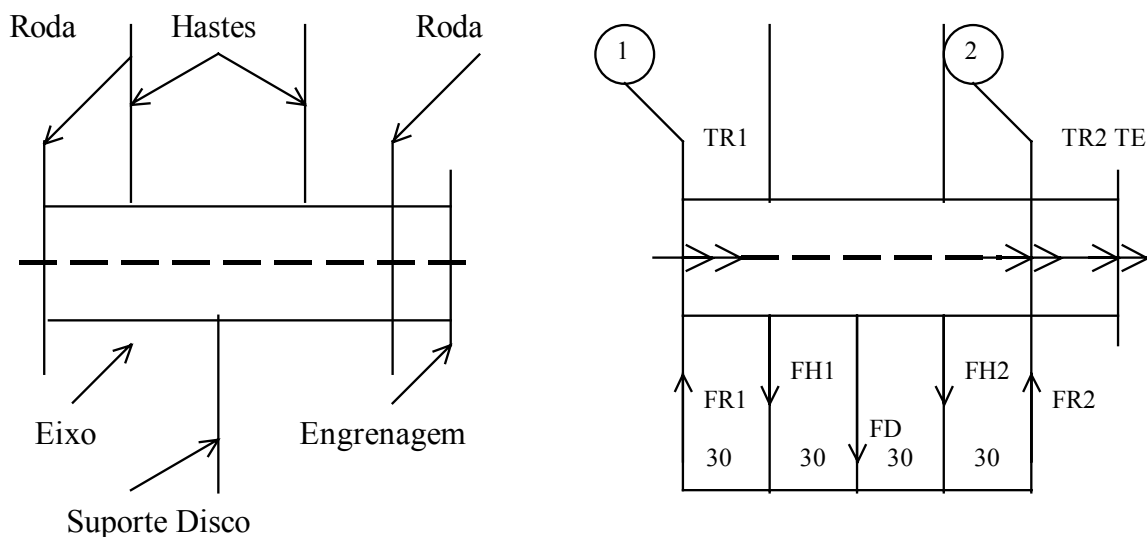


Figura K.1 - Diagrama de forças exercidas no eixo do implemento.

$$FR1 = 1225 \text{ N}$$

$$FR2 = 1225 \text{ N}$$

$$TE = 50 \text{ N.m}$$

$$TR1 = 25 \text{ N.m}$$

$$TR2 = 25 \text{ N.m}$$

$$FH1 = 1000 \text{ N}$$

$$FH2 = 1000 \text{ N}$$

$$FD = 450 \text{ N}$$

FR1 é a força (reação) exercida pelo solo na roda motora esquerda;

FR2 é a força (reação) exercida pelo solo na roda motora direita;

TE é o torque máximo para acionamento dos dosadores exercido na engrenagem fixa ao eixo;

TR1 é o torque TE decomposto para a roda 1;

TR2 é o torque TE decomposto para a roda 2;

FH1 é a força atuante na superfície de contato da haste 1 com o eixo;

FH2 é a força atuante na superfície de contato da haste 2 com o eixo;

FD é a força atuante na superfície de contato da haste do disco de corte com o eixo.

-----

SOLICITAÇÕES MÁXIMAS:

$$\text{TENSÃO CISALHANTE DEVIDO A TORÇÃO } \tau = \frac{T \times r}{J} = \frac{50000 \times 10}{\frac{20^4 \times \pi}{32}} = 31,8 N / mm^2$$

T = Torque no eixo

$$\text{Momento de Inércia Polar} = J = \frac{D^4 \times \pi}{32}$$

r = raio no eixo

-----

$$\text{TENSÃO NORMAL DEVIDO A FLEXÃO} = T_f = \frac{M \times C}{I}$$

$$\frac{[(FR1 \times 120) + (FH1 \times 90) + (FD \times 30)] \times 10}{\frac{20^4 \times \pi}{64}} = 55,4 N / mm^2$$

$$\text{Momento de Inércia} = I = \frac{D^4 \times \pi}{64}$$

M = Momento de força no ponto mais solicitado (roda 2)

C = raio do eixo

-----

SEGUNDO A TEORIA DA ENERGIA DE DISTORÇÃO (Von Mises):

$$\text{TENSÃO ALTERNADA} = \sigma_a = \sqrt{\sigma a^2 + 3 \times \tau \times x \times y^2 \times a} = \sqrt{55,4^2 + 0^2} = 55,4 \text{ N / mm}^2$$

$$\text{TENSÃO MÁXIMA} = \sigma_m = \sqrt{\sigma m^2 + 3 \times \tau \times x \times y^2 \times m} = \sqrt{0^2 + 3 \times 31,8^2} = 55 \text{ N / mm}$$

-----

CÁLCULO DO LIMITE DE RESISTÊNCIA A FADIGA ( $S_n$ ):

Limite de Resistência a Fadiga é,

Para Aços  $S_n' = 0,5 \times S_{rt}$  onde,

$S_n'$  = Limite de resistência à fadiga do corpo de prova do teste de flexão rotativa.

$S_{rt}$  = Resistência à tração aproximada para o aço SAE 1040.

$$S_n' = 0,5 \times 365,17 \text{ MPa} = 182,58 \text{ MPa}$$

assim,

$$S_n = K_a \times K_b \times K_c \times K_d \times K_e \times K_f \times S_n' \text{ onde,}$$

Fatores indicativos do limite de resistência a fadiga

$K_a$  = fator de superfície do eixo

$K_b$  = fator de tamanho do eixo

$K_c$  = fator de confiabilidade

$K_d$  = fator de temperatura

$K_e$  = fator de concentração de tensões

$K_f$  = fator de efeitos diversos.

então,

$$S_n = 0,8 \times 0,85 \times 0,814 \times 1 \times 0,99 \times 182,58 MPa$$

$$S_n = 100,05 MPa$$

---

### RESISTÊNCIA MÉDIA

$$S_m = \frac{S_n}{\frac{\sigma_a}{\sigma_m} + \frac{S_n}{S_{rt}}} = \frac{100,05 MPa}{\frac{55,4}{55} + \frac{100,05}{182,58}} = 64,33$$

$$S_a = \frac{\sigma_a}{\sigma_m} \times S_m = \frac{55,4}{55} \times 64,33 = 64,77 = \text{resistência alternada}$$

$$nf1 = \frac{S_m}{\sigma_m} = \frac{64,33}{55} = 1,17 \quad \text{ou} \quad nf2 = \frac{S_a}{\sigma_a} = \frac{64,77}{55,4} = 1,17 \quad \text{coeficientes de segurança,}$$

Os valores encontrados para o coeficiente de segurança  $nf1$  e  $nf2$  foram  $> 1$ , o que resulta em não ocorrer à falha, mas como estes resultados estão próximos de 1 recalculou-se considerando um diâmetro de 25 mm onde, obteve-se  $nf1 = 2,88$  e  $nf2 = 2,85$ . Desta forma, recomenda-se utilizar para o eixo um diâmetro de 25 mm.

---

### Dimensionamento dos parafusos sextavados

Outros elementos importantes de se verificar quanto aos seus dimensionamentos são os parafusos sextavados utilizados para o chavetamento das rodas motoras ao eixo do subsistema rodas motoras e disco de corte.

Para isto será apresentado alguns procedimentos básicos de cálculo, utilizando os dados em uma das rodas conforme representado na figura K.2.

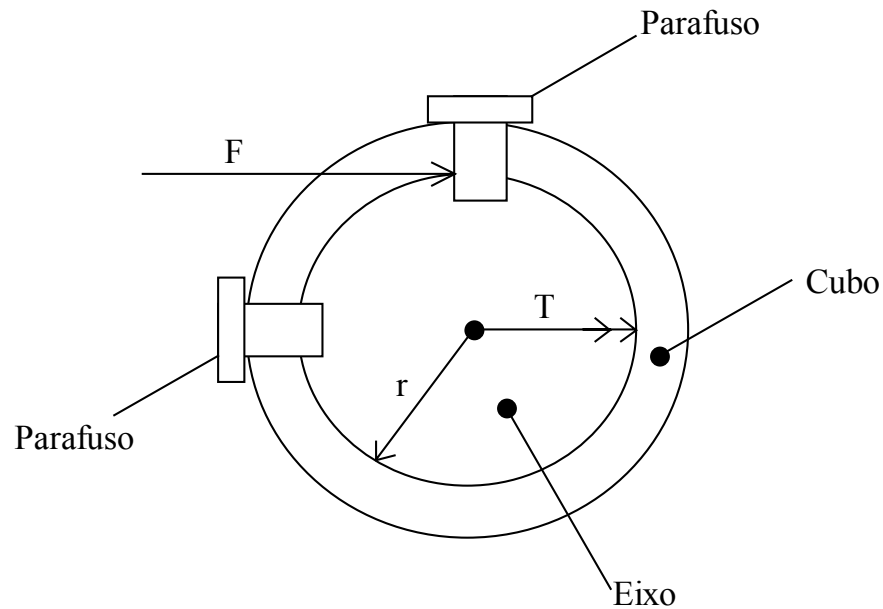


Figura K2 - Representação de forças exercidas no eixo-roda-parafuso sendo: F: força cisalhante no parafuso; r: raio do eixo; T: torque transmitido para roda-eixo-engrenagem; Parafuso: pontos onde encontram-se os dois parafusos.

-----

DESTA FORMA CALCULA-SE:

$$r = 12,5 \text{ mm};$$

$F$  = força cisalhante no parafuso;

$T = 50000 \text{ N.mm}$  é o torque exercido pelas duas rodas motoras (como condição extrema de torque calculo-se levando em conta a possibilidade de o torque total ser transmitido em uma roda),

$$T = F \times r \rightarrow 50000 = F \times 12,5$$

$$F = 4000N$$

se  $T = \frac{F}{A}$  onde ,

T = tensão

F = força

A = área

Área do Parafuso =  $\pi \times r^2 = \pi \times 3,75^2 \times 2$  parafusos em uma roda

$$A = 88,35 \text{ mm}^2$$

$$T = \frac{4000}{88,35} = 45,27 \text{ N/mm}^2$$

Como o limite de escoamento estimado para os parafusos é de  $268,71 \text{ N/mm}^2$ , isto significa que os parafusos estão super dimensionados para o torque que é necessário transmitir ( $45,27 \text{ N/mm}^2 < 268,71 \text{ N/mm}^2$ ). É importante lembrar que estes elementos sofrem pancadas e trancos provenientes da operação, sendo assim, não é exagero utilizar dois parafusos para fixar cada roda.

## **APÊNDICE L**

- Lista seguindo a denominação das partes, material (especificação), dimensões, comprimento, quantidade e custos do implemento agrícola MULTICULTOR MODULAR.

<b>Denominação</b>	<b>Material</b>	<b>Dimensões</b>	<b>Comprimento</b>	<b>Qtde</b>	<b>Custo</b>
<b>Rabiça</b>					
Arruela	Arruela	3/8"		10	1,00
Corrente	Corrente		300	01	0,20
Porca SX NC 3/8	Porca			08	0,15
PF SX NC 3/8 X 2	Parafuso			04	0,28
Suportes do manete	Barra chata	1/4 x 1"	600	01	1,00
Extensão da barra	Barra redonda Mec	3/8"	35	01	0,03
Manete	Barra redonda Mec	1/2"	25	01	0,03
Barra do gatilho	Barra redonda Mec	1/2"	30	01	0,04
Mola			50	01	0,30
Tubo do cabo	Tubo redondo	1.1/4" x 3mm	1200	02	10,80
Tubo suporte gatilho	Tubo redondo	1" x 1,5mm	435	01	1,23
Tubo suporte gatilho	Tubo redondo	1" x 1,5mm	340	01	0,96
				Total	16,03
<b>Rodas Moto Disco Corte</b>					
Arruela	Arruela	7/16"		02	0,20
Agarradeiras	Barra chata	1/4" x 1"	30	24	1,20
Aro	Barra chata	3/8" x 1.1/2"	1570	02	11,70
Barra disco	Barra chata	3/8" x 2"	510	01	2,53
Haste	Barra chata	3/8" x 2"	450	02	4,46
Barra de ajuste	Barra chata	3/8" x 1.3/16"	250	02	1,86
Reforço do ajuste	Barra chata	3/8" x 1.3/16"	25,4	01	0,09
Reforço da haste	Barra chata	3/8" x 1.3/8"	45	02	0,34
Buchas	Barra redonda Mec	1/2"	300	01	0,39
Eixo	Barra redonda Mec	7/8"	300	01	1,16
Pino ajust disco	Barra redonda Mec	1/2"	90	01	0,12
Pino ajust haste	Barra redonda Mec	5/8"	105	02	0,12
Disco de corte	Disco	14"		01	8,75
Flange do disco	F°F°			02	1,15
Graxeira	Graxeira	1/4 UNF – 28 FIOS		02	1,50
PF SX NC 7/16 X 2.1/2	Parafuso			01	0,21
Porca SX NC 7/16	Porca			01	0,10
Raios	Tubo quadrado	20 x 1,5	220	12	6,20
Parafuso sextavado		5/16" x 1/2"		04	0,70
Corrente	corrente		2000	01	25,40
				Total	69,38
<b>Chassi</b>					
Tubo chassi	Tubo redondo	1.1/4" x 3	1500	02	13,50
Chapa regulagem haste	Chapa	3/16"	13500	02	1,97
Chapa reforço eng trac	Chapa	3/16"	7000	01	0,51
Barra giro rabiça	Barra chata	1/4" x 1.1/2"	50,5	04	0,52
Barra reforço traseiro	Barra chata	3/16" x 1.1/2"	170	01	0,21
Barra suporte do arco	Barra chata	3/8" x 1.1/4"	230	01	0,86



Barra arco	Barra chata	3/8" x 1.1/4"	200	01	0,75
Alavanca embreagem	Barra redonda Mec	1/2"	220	02	0,57
				Total	18,88
<b>Cinzel de Adubo</b>					
Arruela	Arruela	3/8"		08	0,80
Arruela	Arruela	3/8"		06	0,60
Chapas da braçadeira	Barra chata	1/4" x 1"	70	04	0,47
Cinzel	Barra chata	1/2" x 2"	200	01	0,04
Barra perfurada cinzel	Barra chata	1/2" x 1.1/2"	140	01	0,03
Barra braçadeira	Barra redonda Mec	3/8"	180	04	0,53
Chapa suporte	Chapa	3	69000	02	2,50
Contra chapa suporte	Chapa	3	6000	02	0,22
Chapa sup do dosador	Chapa	5	6300	02	0,29
PF SX NC 3/8 X 1.3/4	Parafuso			02	0,13
Porca SX NC 3/8	Porca			08	0,15
Cano do adubo	Tubo redondo	2" x 2mm	300	01	1,17
Porca SX NC 3/8	Porca			02	0,04
				Total	6,97
<b>Cinzel de Semente</b>					
Arruela	Arruela	3/8"		08	0,80
Arruela	Arruela	3/8"		06	0,60
Chapas da braçadeira	Barra chata	1/4" x 1"	70	04	0,47
Cinzel	Barra chata	1/2" x 2"	110	01	0,02
Barra perfurada cinzel	Barra chata	1/2" x 1.1/2"	100	01	0,02
Barra braçadeira	Barra redonda Mec	3/8"	180	02	0,27
Barra braçadeira	Barra redonda Mec	3/8"	200	02	0,30
Chapa suporte cinzel	Chapa	3	55200	02	2,00
Contra chap suporte	Chapa	3	6000	02	0,22
Chapa sup do dosador	Chapa	5	10150	01	0,23
Chapa sup do dosador	Chapa	5	7700	01	0,18
PF SX NC 3/8 X 1.3/4	Parafuso			02	0,13
Porca SX NC 3/8	Porca			08	0,15
Porca SX NC 3/8	Porca			02	0,04
Cano de semente	Tubo redondo	2" x 2mm	200	01	0,78
				Total	6,21
<b>Dosador Reserv. Adubo</b>					
Misturador adubo	Barra chata	1/4" X 1 "	160	01	0,27
Engrenagem catraca (11 dentes)	F°F°			01	1,63
Engrenagem roda (9 dentes)	F°F°			01	1,54
Flange da embreagem	F°F°			01	0,38
Flange da engrenagem	F°F°			02	0,77
Cremalheira da adubadeira (43 dentes)	F°F°			01	4,61

Lingueta do adubo	F°F°			01	0,38
Pinhão da adubadeira (18 dentes)	F°F°			01	0,77
Presilha depósito adubo	F°F°			02	0,31
Suporte reservatório adubo	F°F°			01	4,99
				Total	15,65
<b>Dosad Reser. Semente</b>					
Bico saída semente	Alumínio			01	1,20
Suporte inferior disco semente	Alumínio			01	1,80
Suporte superior disco semente	Alumínio			01	6,00
Base da semente	F°F°			01	4,99
Cremalheira da semente (40 dentes)	F°F°			01	2,30
Engrenagem (11 dentes)	F°F°			01	1,54
Engrenagem (8 dentes)	F°F°			01	1,54
Engrenagem (9 dentes)	F°F°			01	1,54
Pinhão da semente 20 dentes)	F°F°			01	0,77
Dobradiça conj. semente	Barra redonda Mec	5/16	110	01	0,06
				Total	21,74
<b>Roda Compactadora</b>					
Arruela	Arruela	3/8"		02	0,20
Travessa sup. roda comp	Barra chata	3/8" X 1.1/2"	250	02	1,86
Guia engate roda compactadora	Barra chata	1/4" X 1.1/4"	40	01	0,10
Guia engate roda compactadora	Barra chata	1/4" X 1.1/4"	40	01	0,10
Limpador da roda	Barra chata	1/4" X 1"	480	01	0,80
Eixo	Barra redonda Mec	3/8"	100	02	0,15
Eixo roda compactadora	Barra redonda Mec	3/8"	270	01	0,20
Chapas laterais	Chapa	5	12600	02	0,58
Contra chapa suporte	Chapa	3	8800	02	0,32
Mancal roda compactadora direita	F°F°			01	0,77
Mancal roda compactadora esquerda	F°F°			01	0,77
Porca SX NC 3/8	Porca	3/8"		02	0,04
				Total	5,89
<b>Engate de tração</b>					
Trav. cambão frente	Barra chata	5/8" X 2"	300	01	2,55
Sup. gancho	Barra chata	1/4" X 1.1/4"	140	01	0,33
Gancho (Ferro red. const)	Barra redonda cons	5/8"	220	01	0,92
				Total	3,81

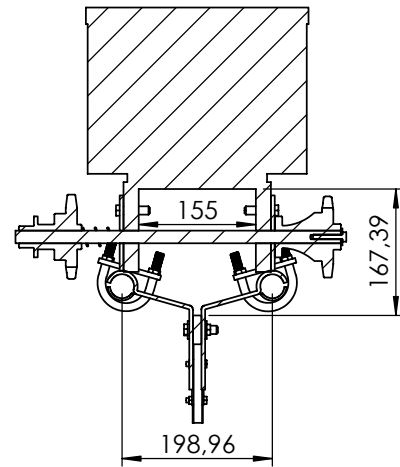
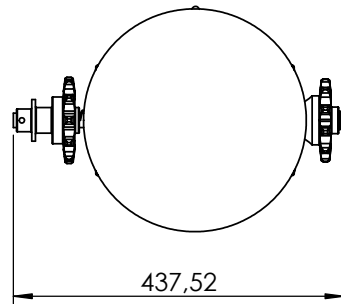
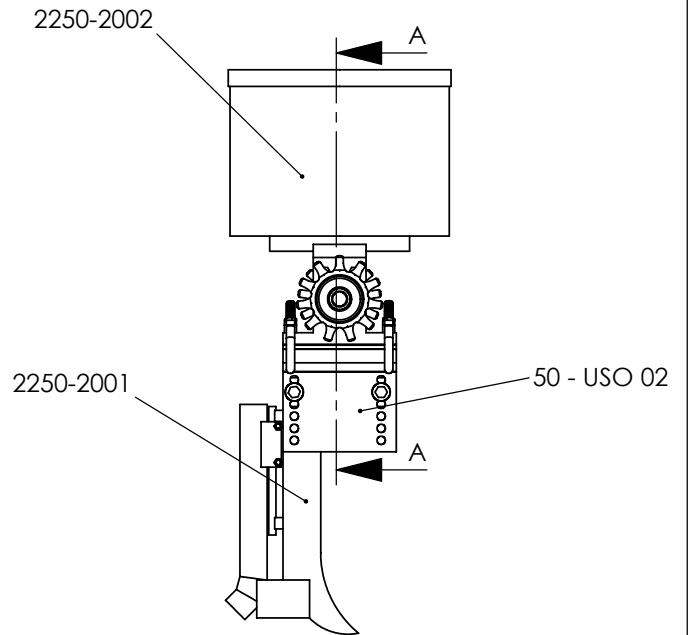
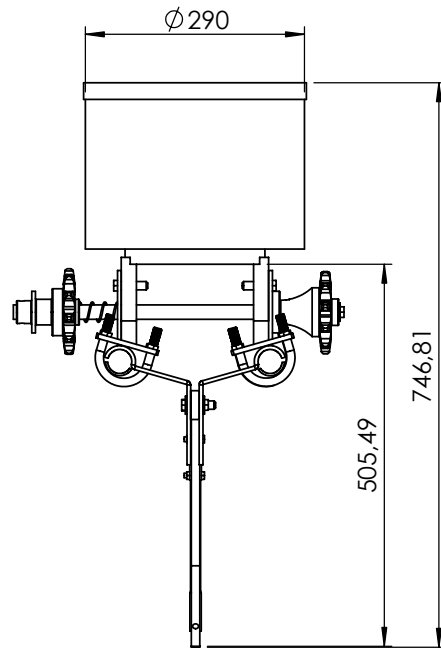
<b>Escarificador</b>					
Arruela	Arruela	3/8"		08	0,80
Arruela	Arruela	3/8"		06	0,60
Haste	Barra chata	5/8" x 2"	300	01	2,55
Barra perfurada	Barra chata	7/16" x 1/2"	60	01	0,64
Sapata	Barra chata	5/8" X 2.1/2"	170	01	1,81
Chapas da braçadeira	Barra chata	1/4" x 1"	70	04	0,47
Barra braçadeira	Barra redonda Mec	3/8"	180	04	0,53
Enxada	Chapa	1/4"	87875	01	10,55
Chapa suporte	Chapa	3/16"	69000	02	10,07
Contra chapa suporte	Chapa	3/16"	6000	02	0,88
PF SX NC 3/8 X 1.3/4	Parafuso			02	0,13
Porca SX NC 3/8	Porca			08	0,15
Porca SX NC 3/8	Porca			02	0,04
				Total	29,22
<b>Sulcador</b>					
Arruela	Arruela	3/8"		08	0,80
Chapas da braçadeira	Barra chata	1/4" x 1"	70	04	0,47
Sulcador	Barra chata	1/2" x 2"	200	01	0,04
Barra perfurada sulc	Barra chata	1/2" x 1.1/2"	140	01	0,03
PF SX NC 3/8 X 1.3/4	Parafuso			02	0,13
Porca SX NC 3/8	Porca			02	0,04
Chapa suporte	Chapa	3/16"	69000	02	10,07
Contra chapa suporte	Chapa	3/16"	6000	02	0,88
				Total	12,46
<b>Disco Duplo</b>					
Arruela	Arruela	3/8"		08	0,80
Arruela	Arruela	3/8"		06	0,60
Chapas da braçadeira	Barra chata	1/4" x 1"	70	04	0,47
Barra perfurada haste	Barra chata	1/2" x 1.1/2"	110	01	0,02
PF SX NC 3/8 X 1.3/4	Parafuso			02	0,13
Porca SX NC 3/8	Porca			08	0,15
Porca SX NC 3/8	Porca			02	0,04
Rolamento				02	5,00
Disco		10"		02	18,00
				Total	25,21

## **APÊNDICE M**

Desenhos de Conjunto do Implemento Multicultor Modular

GRAU DE PRECISÃO	MED. TOL.	0,5 A 10	10 A 30	30 A 120	120 A 300	300 A 750	ACIMA DE 750
FINO		-	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±1
MÉDIO		±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±1	±2
GROSSEIRO		±0.2	±0.3	±0.5	±1	±2	±3

TOL. FUNDIDO (EM BRUTO)			GRAU DE TOL.
NBR 6598	NBR 6927	NBR 6645	GT 1
Fº Fº CINZENTO	Fº Fº NODULAR	AÇO FUNDIDO	GT 2
			GT 3
			GT 4

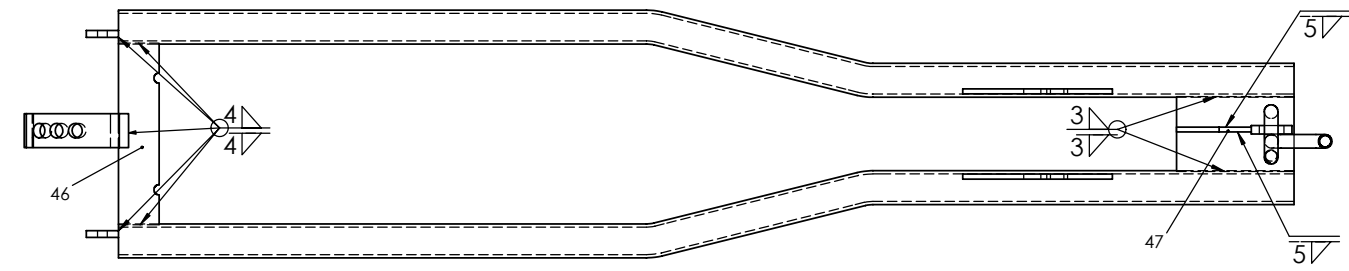
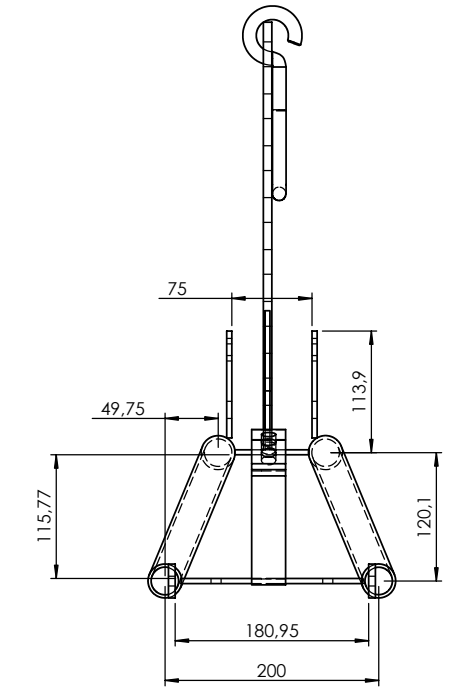
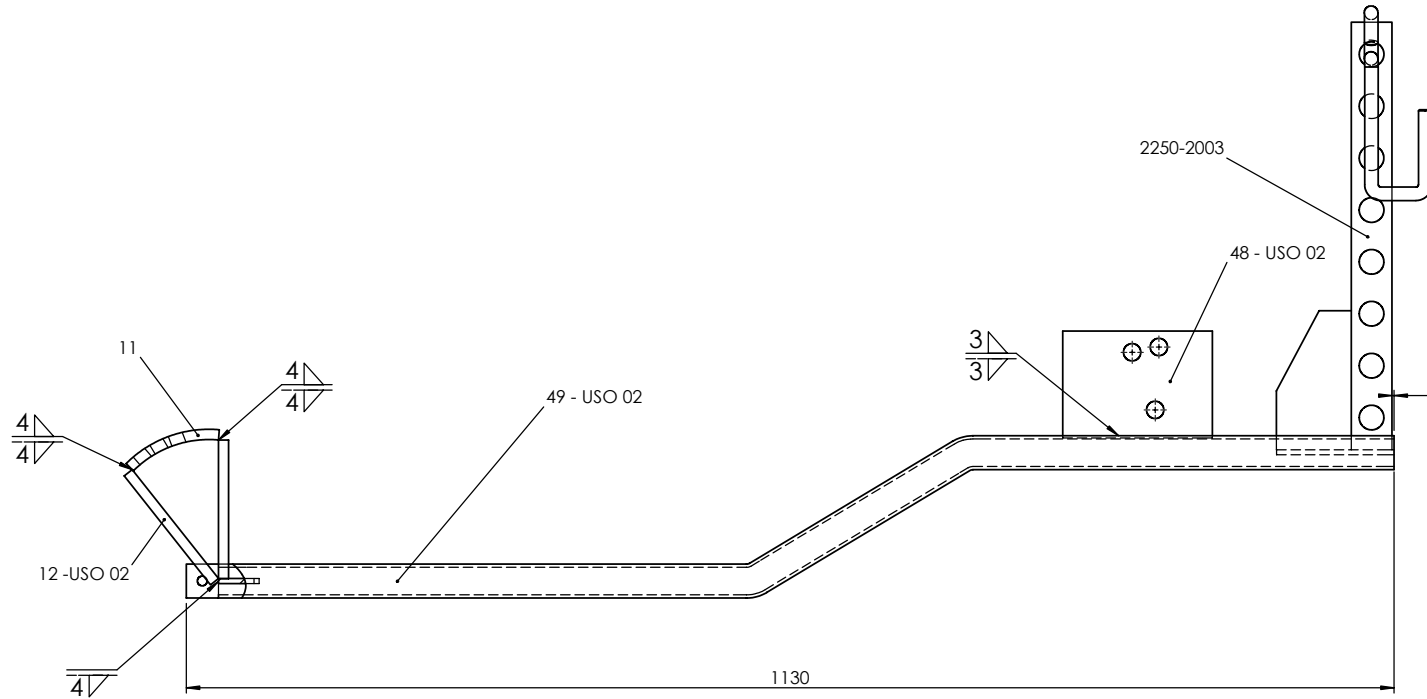


A-A

RELATIVO AO CÓDIGO:		ESC.: 1:10					
DES.:	ALBERTO	13/04/03	RESPONS.:	DATA:	MODIFICAÇÕES:		CMP: REV.:
REV.:			TRATAMENTO/REVESTIMENTO:				PESO kg:
APR.:							PL:
PROJEÇÃO:		MATÉRIA PRIMA:					PB:
NeDIP		DENOMINAÇÃO: CONJUNTO CINZEL COM ADUBADOR				CÓDIGO: 2250-3001	

GRAU DE PRECISÃO	MED. TOL.	0,5 A 10	10 A 30	30 A 120	120 A 300	300 A 750	ACIMA DE 750
FINO	-	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2
MÉDIO	∕	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2
GROSSEIRO	∕	±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2	±3

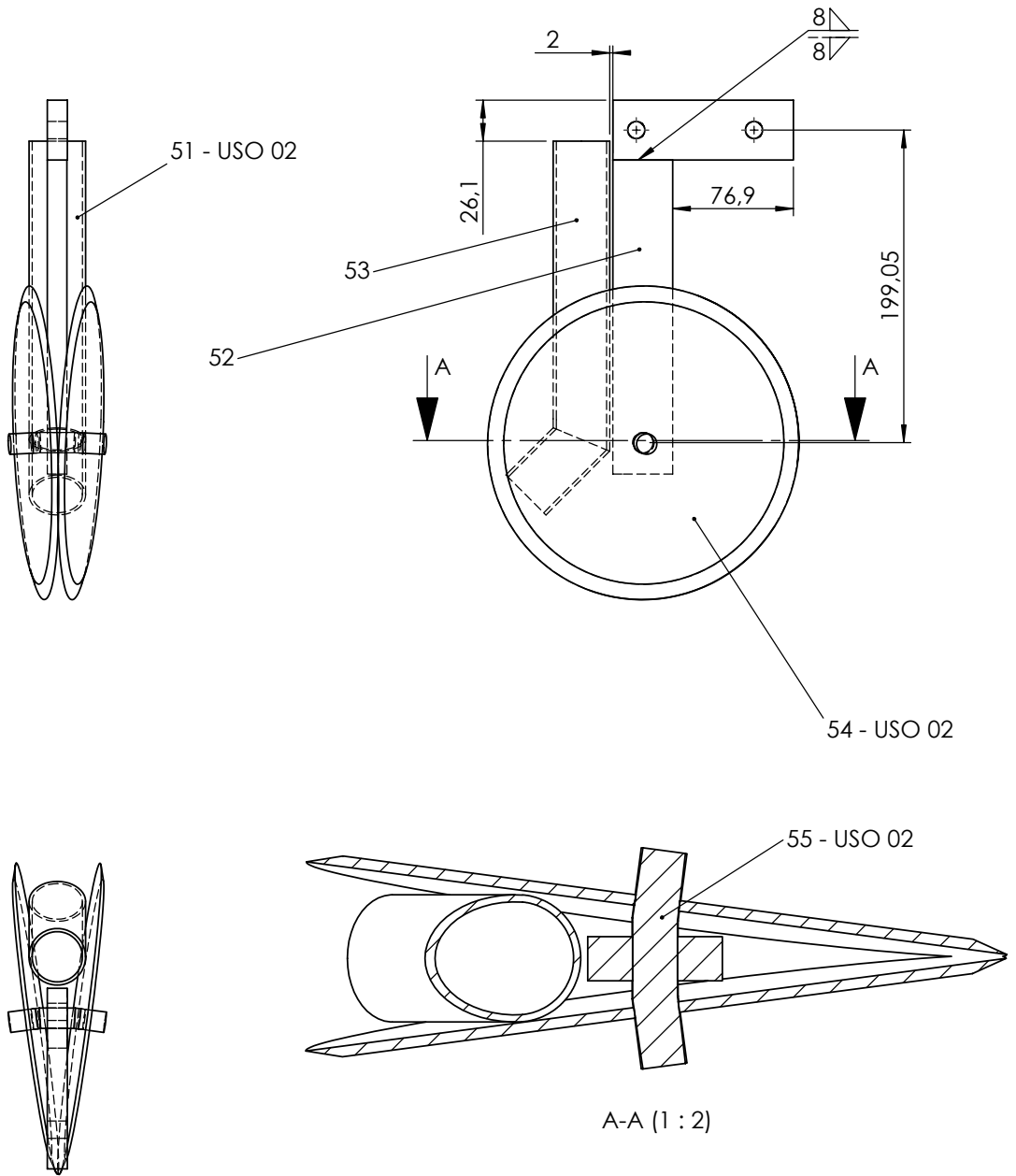
TOL. FUNDIDO (EM BRUTO)			GRAU DE TOL.
NBR 6598	NBR 6927	NBR 6645	GT 1
Fº Fº CINZENTO	Fº Fº NODULAR	AÇO FUNDIDO	GT 2
			GT 3
			GT 4



RELATIVO AO CÓDIGO:	ESC.: 1:5						
DES.: ALBERTO	12/04/03	RESPONS.:	DATA:	MODIFICAÇÕES:			CMP/REV.:
REV.:		TRATAMENTO/REVESTIMENTO:			PESO kg:		
APR.:		VERDE (LÍQUIDA)			PL:		
PROJEÇÃO:	MATÉRIA PRIMA:				PB:		
NeDIP				DENOMINAÇÃO: CONJUNTO CHASSI			CÓDIGO: 2250-2004

GRAU DE PRECISÃO	MED. TOL.	0,5 A 10	10 A 30	30 A 120	120 A 300	300 A 750	ACIMA DE 750
FINO		-	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±1
MÉDIO		±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±1	±2
GROSSEIRO		±0.2	±0.3	±0.5	±1	±2	±3

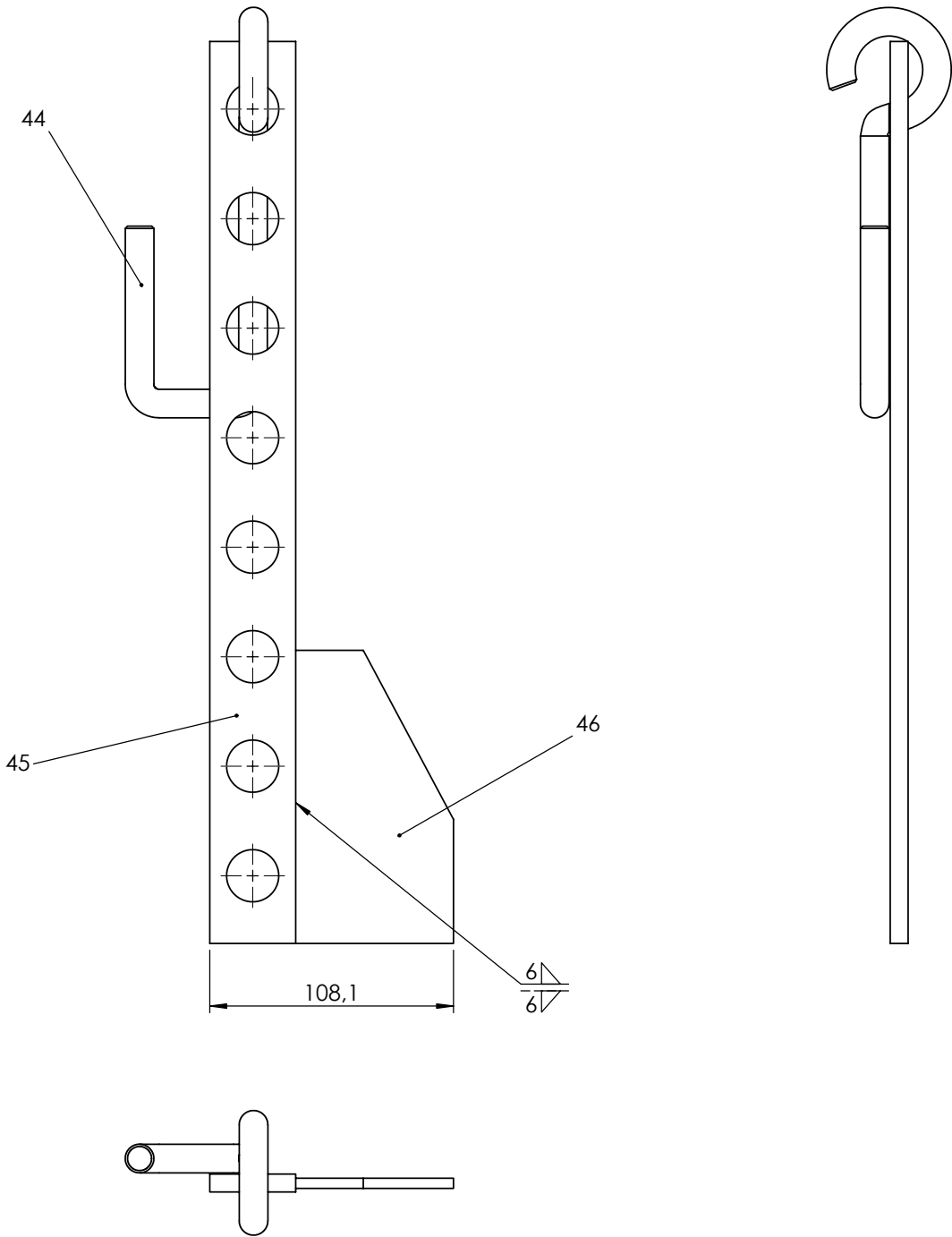
TOL. FUNDIDO (EM BRUTO)			GRAU DE TOL.
NBR 6598	NBR 6927	NBR 6645	GT 1
Fº Fº CINZENTO	Fº Fº NODULAR	AÇO FUNDIDO	GT 2
			GT 3
			GT 4



RELATIVO AO CÓDIGO:		ESC.: 1:4.5					
DES.:	ALBERTO	12/04/03	RESPONS.:	DATA:	MODIFICAÇÕES:		CMP; REV.:
REV.:			TRATAMENTO/REVESTIMENTO:				PESO kg:
APR.:							PL:
PROJEÇÃO:		MATÉRIA PRIMA:					PB:
		DENOMINAÇÃO:					CÓDIGO:
<b>NeDIP</b>		<b>CONJUNTO DISCO DUPLO</b>					<b>2250-2001</b>

GRAU DE PRECISÃO	MED. TOL.	0,5 A 10	10 A 30	30 A 120	120 A 300	300 A 750	ACIMA DE 750
FINO		-	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±1
MÉDIO		±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±1	±2
GROSSEIRO		±0.2	±0.3	±0.5	±1	±2	±3

TOL. FUNDIDO (EM BRUTO)			GRAU DE TOL.
NBR 6598	NBR 6927	NBR 6645	GT 1
Fº Fº CINZENTO	Fº Fº NODULAR	AÇO FUNDIDO	GT 2
			GT 3
			GT 4

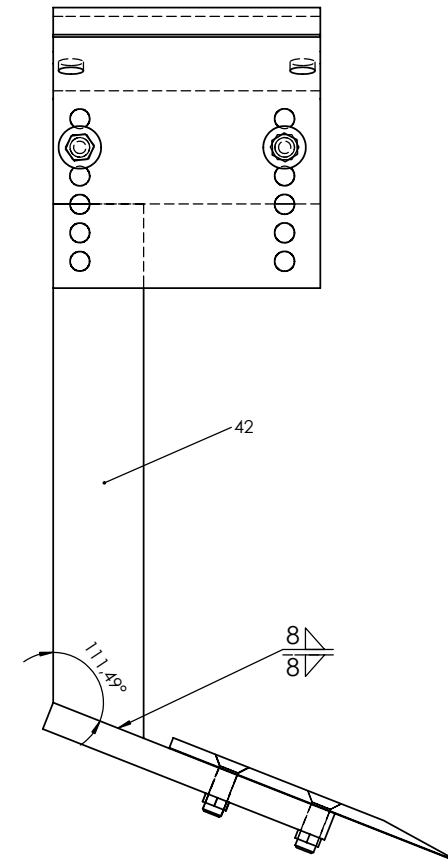
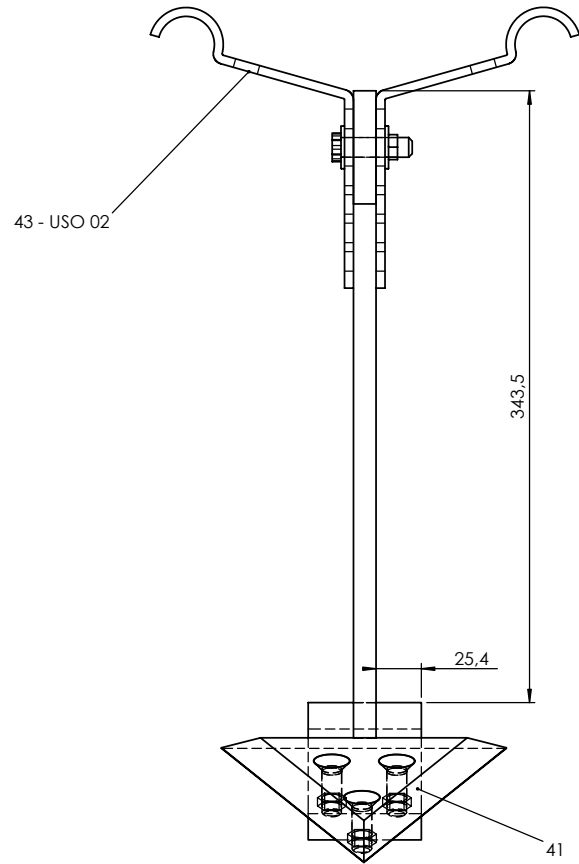


RELATIVO AO CÓDIGO:		ESC.: 1:3						
DES.:	ROBERTO	12/04/03	RESPONS.:	DATA:	MODIFICAÇÕES:			CMP: REV.:
REV.:			TRATAMENTO/REVESTIMENTO:					PESO kg:
APR.:								PL:
PROJEÇÃO:		MATÉRIA PRIMA:						PB:
		DENOMINAÇÃO:					CÓDIGO:	
<b>NeDIP</b>		<b>ENGATE DE TRAÇÃO</b>					<b>2250-2005</b>	



GRAU DE PRECISÃO	MED. TOL.	0,5 A 10	10 A 30	30 A 120	120 A 300	300 A 750	ACIMA DE 750
FINO	-	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2
MÉDIO	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2	±3
GROSSEIRO	±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2	±3	

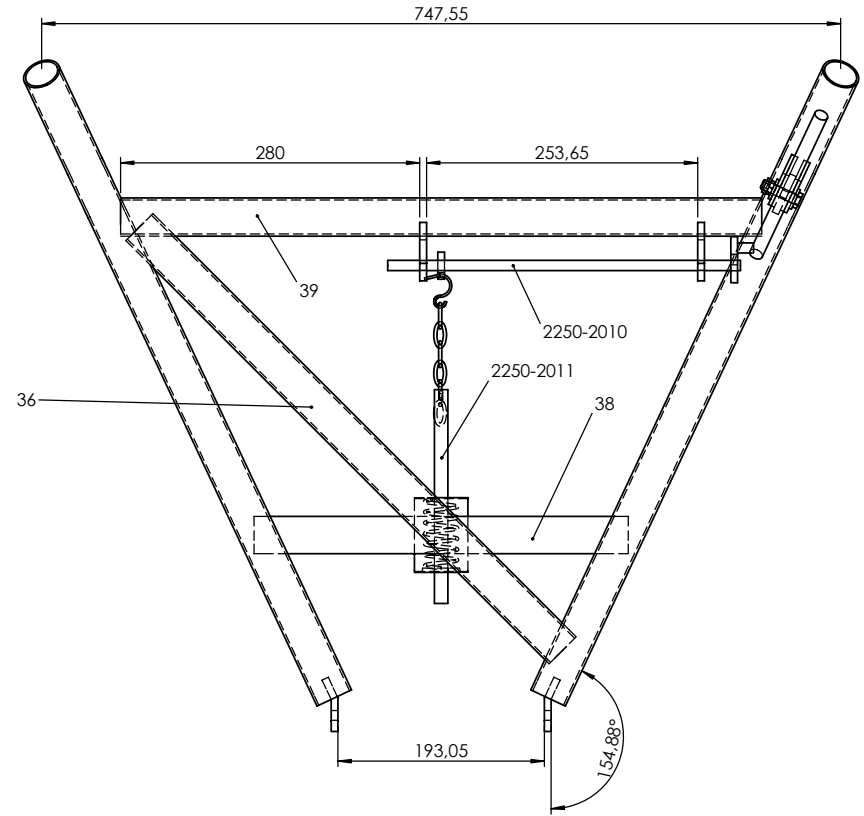
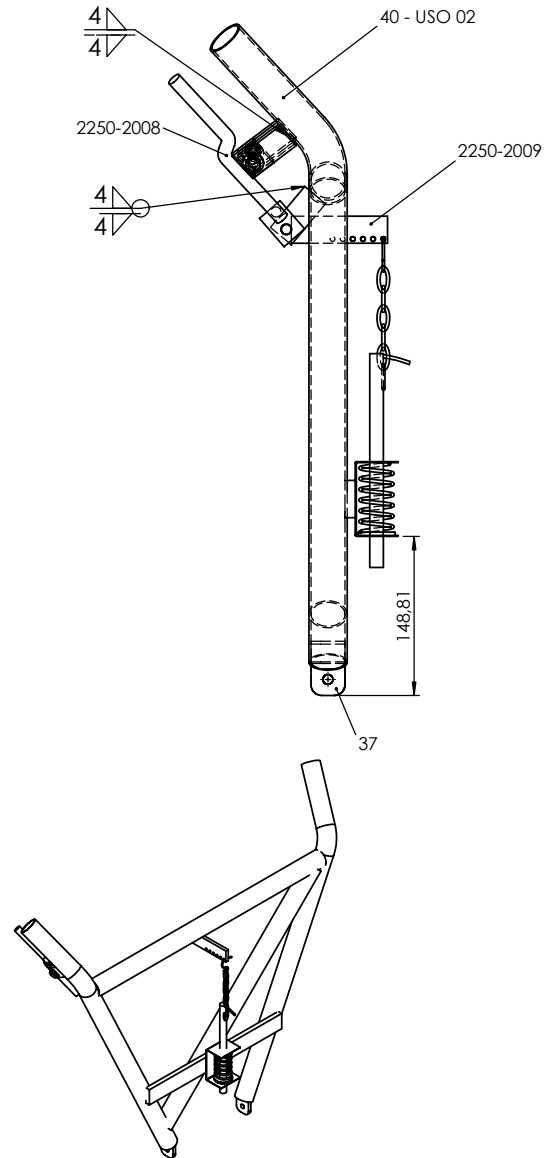
TOL. FUNDIDO (EM BRUTO)			GRAU DE TOL.
NBR 6598	NBR 6927	NBR 6645	
Fº Fº CINZENTO	Fº Fº NODULAR	AÇO FUNDIDO	GT 1
			GT 2
			GT 3
			GT 4



RELATIVO AO CÓDIGO:	ESC.: 1:3							
DES.:	ALBERTO	15/04/03	RESPONS.:	DATA:	MODIFICAÇÕES:			CMP/REV.:
REV.:			TRATAMENTO/REVESTIMENTO:					PESO kg:
APR.:								PL:
PROJEÇÃO:		MATÉRIA PRIMA:						PB:
<b>NeDIP</b>		DENOMINAÇÃO: ESCARIFICADOR					CÓDIGO: 2250-2006	

GRAU DE PRECISÃO	MED. TOL.	0,5 A 10	10 A 30	30 A 120	120 A 300	300 A 750	ACIMA DE 750
FINO	-	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±1	±1
MÉDIO	-	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2
GROSSEIRO	-	±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2	±3

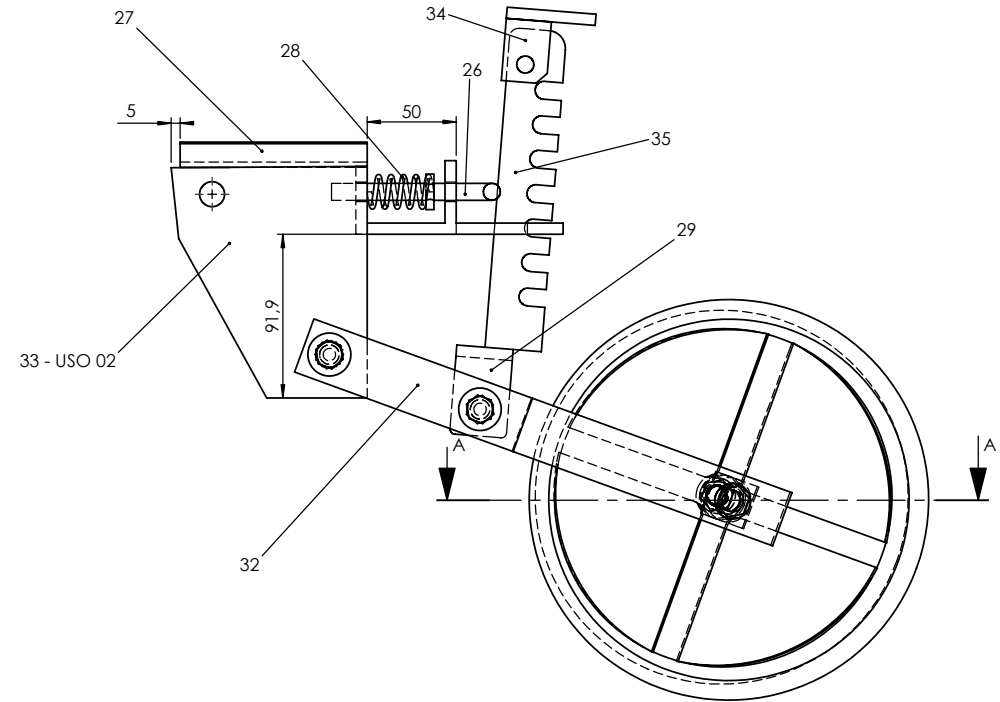
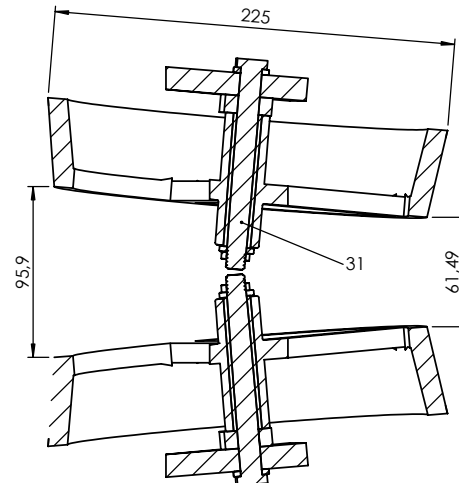
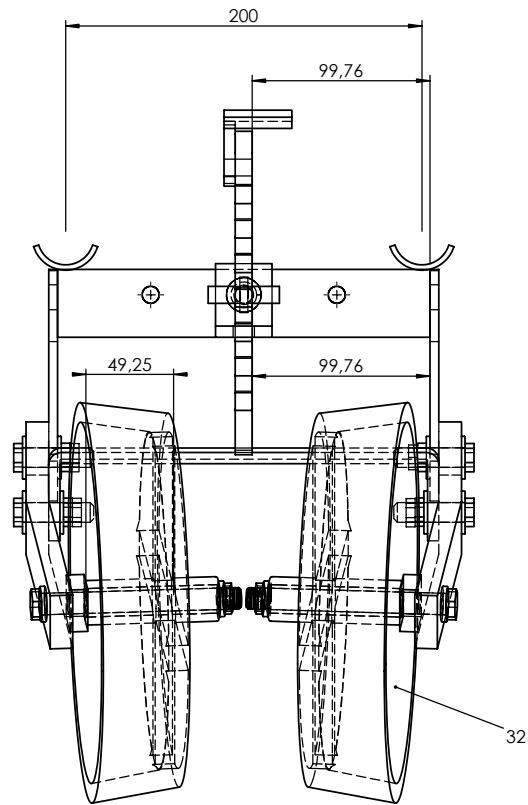
TOL. FUNDIDO (EM BRUTO)			GRAU DE TOL.
NBR 6598	NBR 6927	NBR 6645	GT 1
Fº Fº CINZENTO	Fº Fº NODULAR	AÇO FUNDIDO	GT 2
			GT 3
			GT 4



RELATIVO AO CÓDIGO:	ESC.: 1:5							
DES.:	ALBERTO	22/04/03	RESPONS.:	DATA:	MODIFICAÇÕES:			CMP/REV.:
REV.:			TRATAMENTO/REVESTIMENTO:				PESO kg:	
APR.:							PL:	
PROJEÇÃO:		MÁTÉRIA PRIMA:						PB:
NeDIP						DENOMINAÇÃO:		CÓDIGO:
						CONJUNTO RABIÇA		2250-2007

GRAU DE PRECISÃO	MED. TOL.	0,5 A 10	10 A 30	30 A 120	120 A 300	300 A 750	ACIMA DE 750
FINO	-	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2
MÉDIO	-	±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2	±3
GROSSEIRO	-	±0,3	±0,5	±1	±2	±3	±5

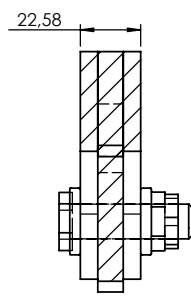
TOL. FUNDIDO (EM BRUTO)			GRAU DE TOL.
NBR 6598	NBR 6927	NBR 6645	GT 1
Fº Fº CINZENTO	Fº Fº NODULAR	AÇO FUNDIDO	GT 2
			GT 3
			GT 4



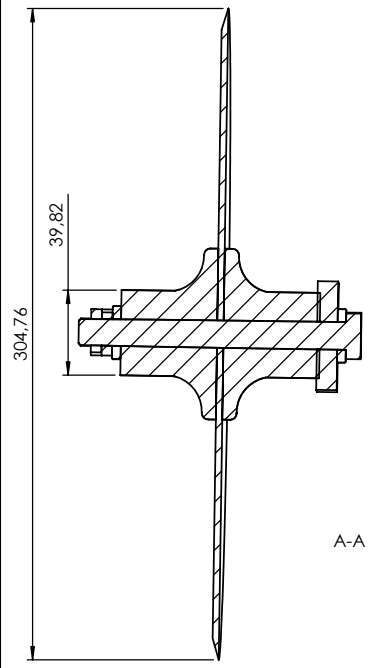
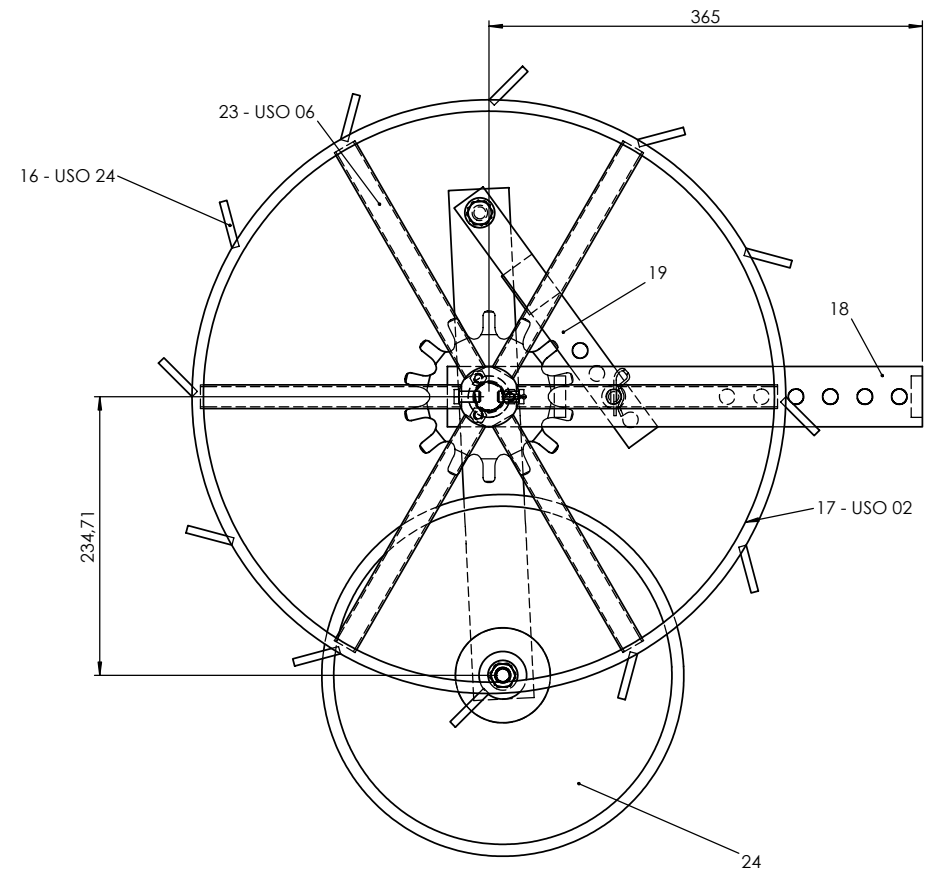
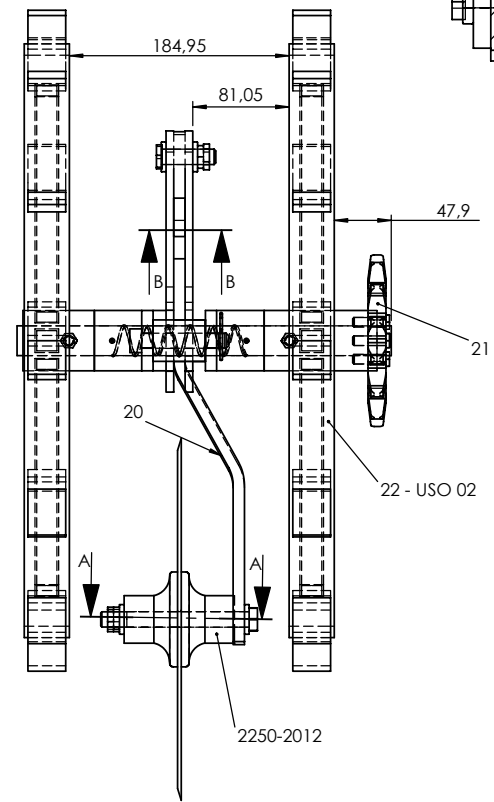
RELATIVO AO CÓDIGO:	ESC.: 1:3					
DES.: ALBERTO	15/04/03	RESPONS.:	DATA:	MODIFICAÇÕES:		
REV.:		TRATAMENTO/REVESTIMENTO:				CMP/REV.:
APR.:						PESO kg:
PROJEÇÃO:	MATÉRIA PRIMA:					PL:
						PB:
DENOMINAÇÃO:					CÓDIGO:	
<b>NeDIP</b> CONJUNTO RODAS COMPACTADORAS					2250-2012	

GRAU DE PRECISÃO	MED. TOL.	0,5 A 10	10 A 30	30 A 120	120 A 300	300 A 750	ACIMA DE 750
FINO	-	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2
MÉDIO	-	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2
GROSSEIRO	-	±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2	±3

TOL. FUNDIDO (EM BRUTO)			GRAU DE TOL.
NBR 6598	NBR 6927	NBR 6645	GT 1
Fº Fº CINZENTO	Fº Fº NODULAR	AÇO FUNDIDO	GT 2
			GT 3
			GT 4



B-B (1 : 2)

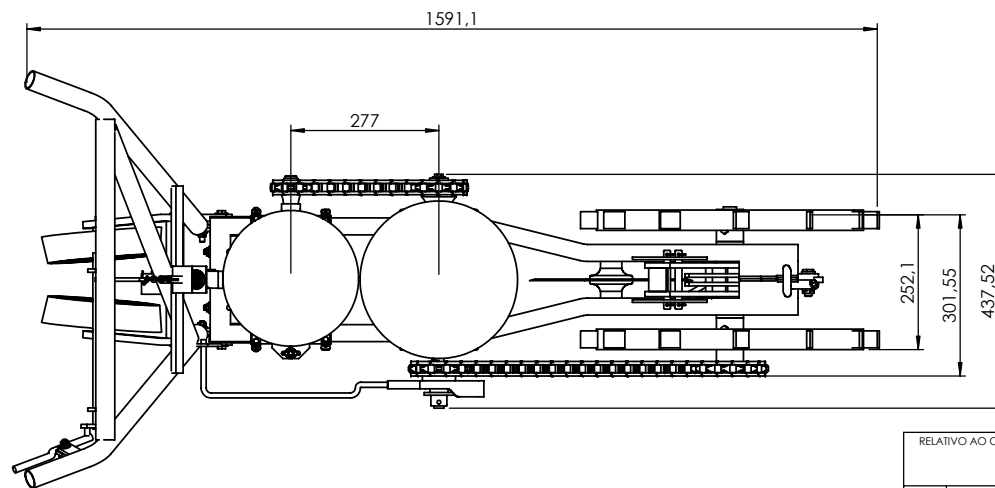
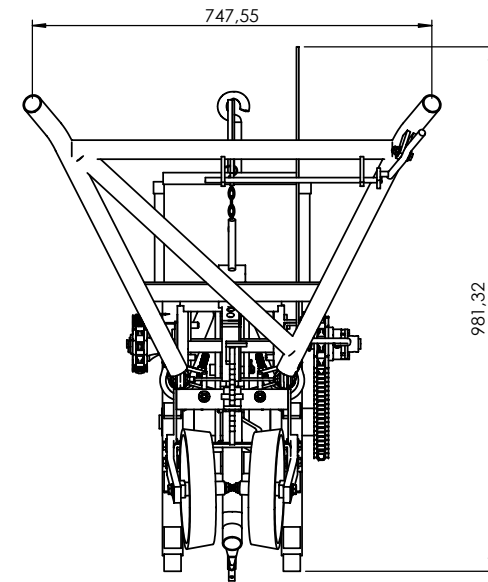
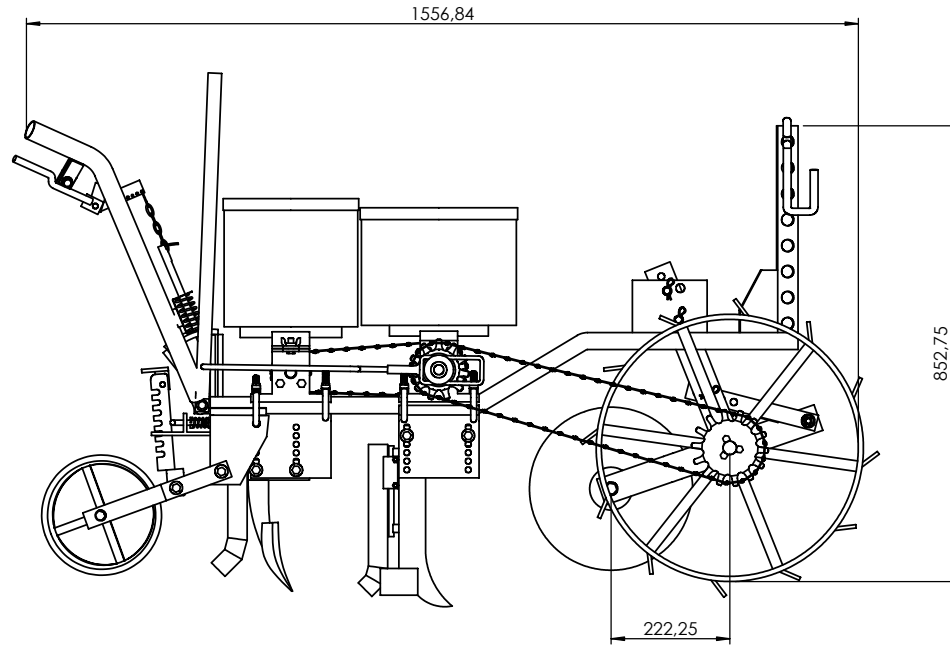


A-A (1 : 2.5)

RELATIVO AO CÓDIGO:	ESC.: 1:4.5					
DES.: ALBERTO	22/04/03	RESPONS.:	DATA:	MODIFICAÇÕES:		
REV.:		TRATAMENTO/REVESTIMENTO:				CMP/REV.:
APR.:						PESO kg:
PROJEÇÃO:	MATÉRIA PRIMA:					PL:
						PB:
<b>NeDIP</b> DENOMINAÇÃO: RODAS MOTORAS E DISCO DE CORTE					CÓDIGO: 2250-2013	

GRAU DE PRECISÃO	MED. TOL.	0,5 A 10	10 A 30	30 A 120	120 A 300	300 A 750	ACIMA DE 750
FINO	-	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±1	
MÉDIO		±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2	
GROSSEIRO		±0,3	±0,5	±1	±2	±3	

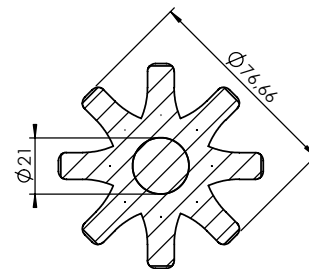
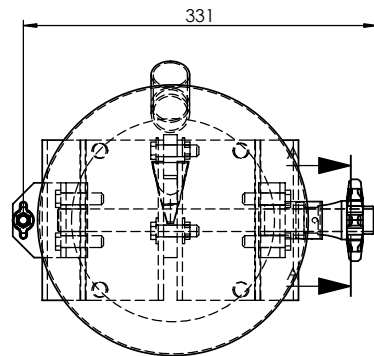
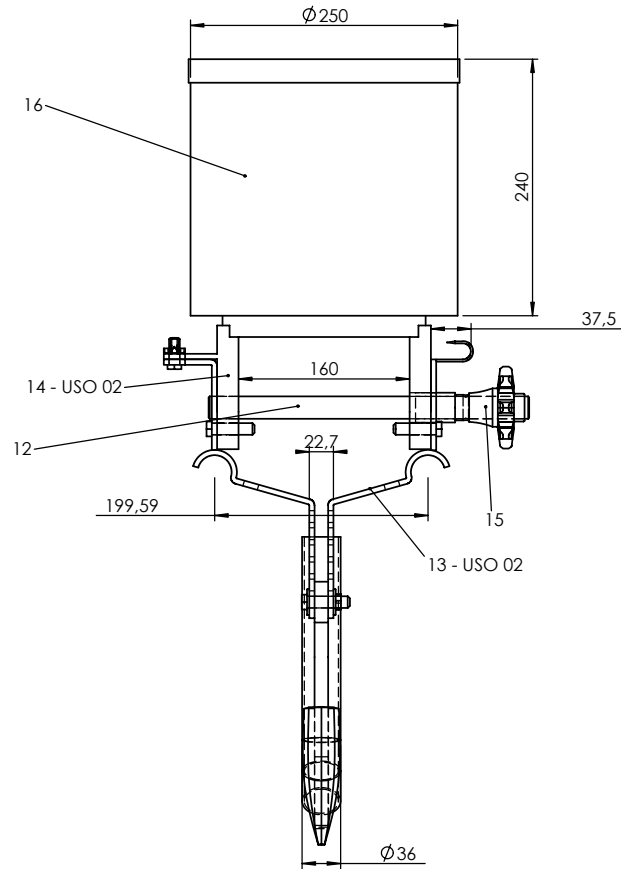
TOL. FUNDIDO (EM BRUTO)			GRAU DE TOL.
NBR 6598	NBR 6927	NBR 6645	GT 1
Fº Fº CINZENTO	Fº Fº NODULAR	AÇO FUNDIDO	GT 2
			GT 3
			GT 4



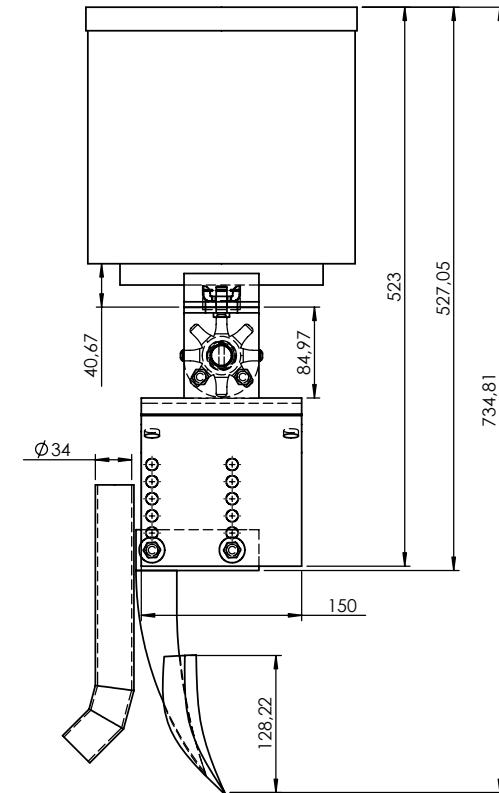
RELATIVO AO CÓDIGO:	ESC.: 1:10						
DES.: LUCAS	25/04/03	RESPONS.:	DATA:	MODIFICAÇÕES:			CMP/REV.:
REV.:		TRATAMENTO/REVESTIMENTO:					PESO kg:
APR.:							PL:
PROJEÇÃO:		MATÉRIA PRIMA:					PB:
<b>NeDIP</b>						DENOMINAÇÃO:	CÓDIGO:
						SEME. ADUB. CINZEIS ADUBO E SEMENTE	2250-3000

GRAU DE PRECISÃO	MED. TOL.	0,5 A 10	10 A 30	30 A 120	120 A 300	300 A 750	ACIMA DE 750
FINO	-	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±1	
MÉDIO		±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2
GROSSEIRO		±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2	±3

TOL. FUNDIDO (EM BRUTO)			GRAU DE TOL.
NBR 6598	NBR 6927	NBR 6645	GT 1
Fº Fº CINZENTO	Fº Fº NODULAR	AÇO FUNDIDO	GT 2
			GT 3
			GT 4



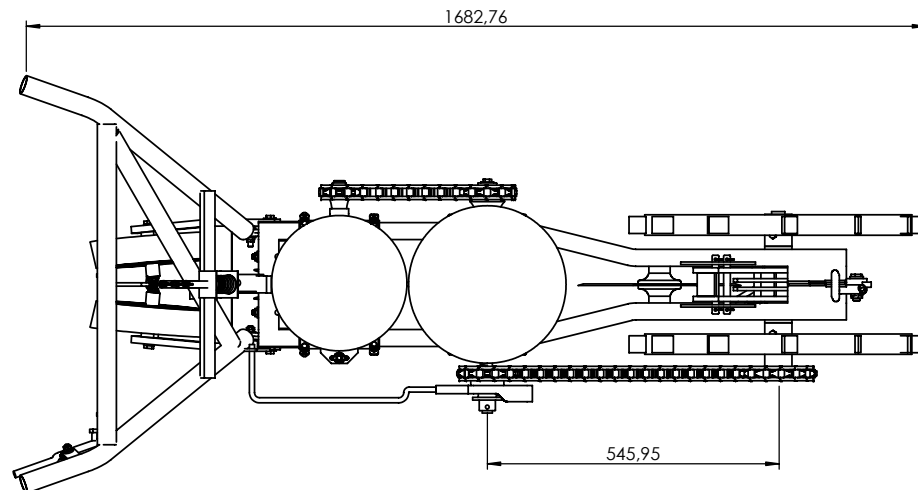
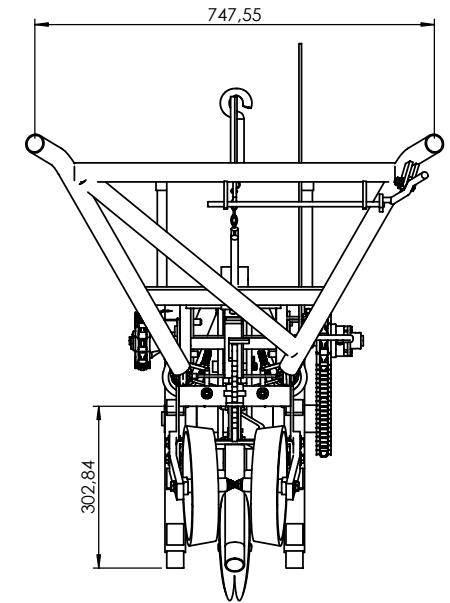
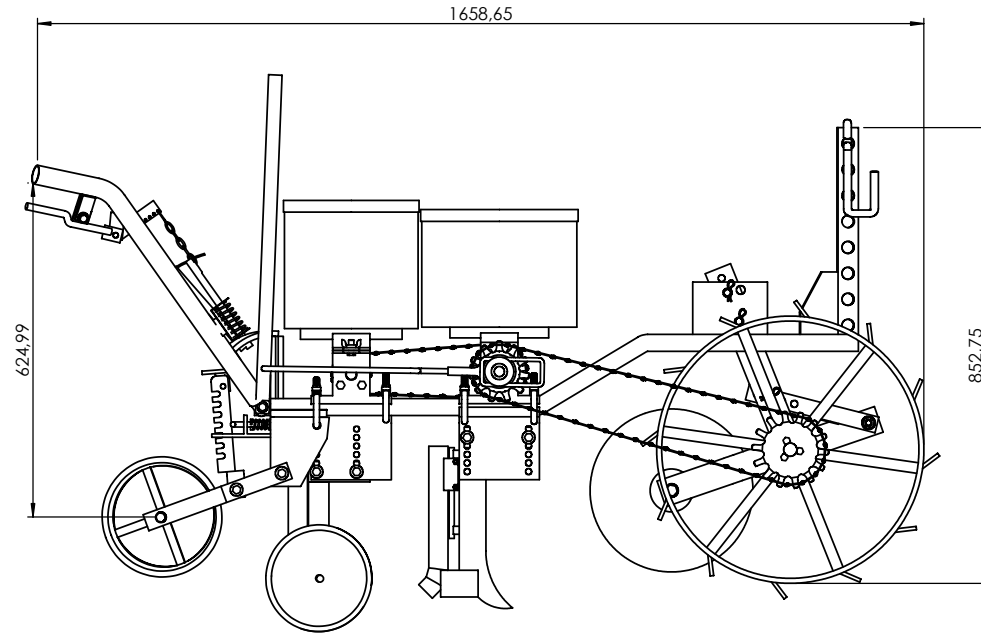
A-A (1 : 2)



RELATIVO AO CÓDIGO:	ESC.: 1:5						
DES.: ALBERTO	16/04/03	RESPONS.:	DATA:	MODIFICAÇÕES:			CMP/REV.:
REV.:		TRATAMENTO/REVESTIMENTO:					PESO kg:
APR.:							PL:
PROJEÇÃO:		MATÉRIA PRIMA:					PB:
<b>NeDIP</b>						DENOMINAÇÃO:	CÓDIGO:
						CONJUNTO SEMEADOR	2250-2011

GRAU DE PRECISÃO	MED. TOL.	0,5 A 10	10 A 30	30 A 120	120 A 300	300 A 750	ACIMA DE 750
FINO	-	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±1	
MÉDIO		±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2	
GROSSEIRO		±0,3	±0,5	±1	±2	±3	

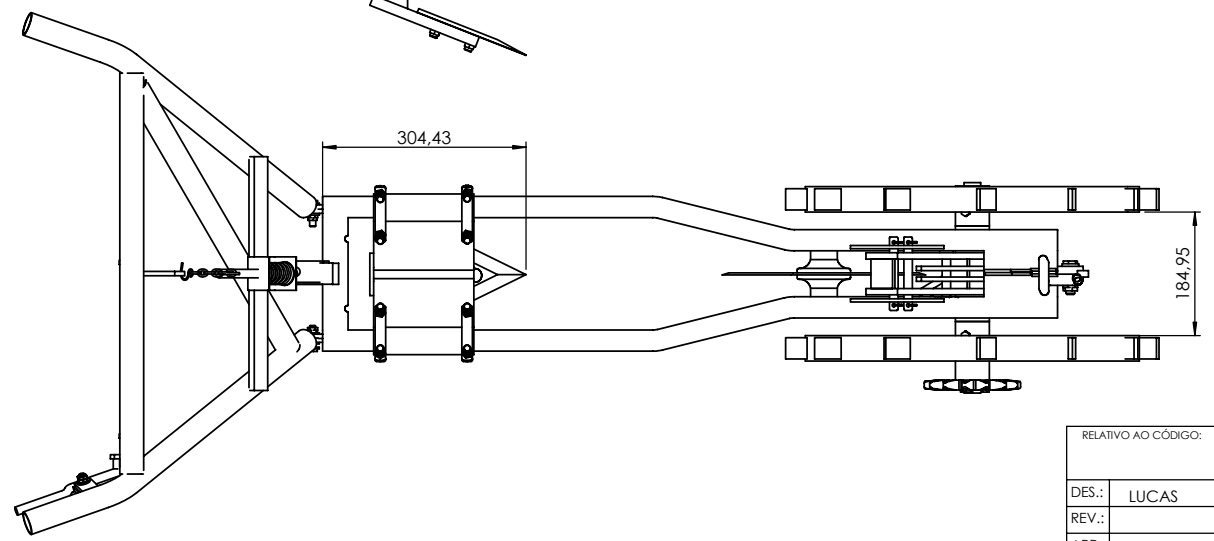
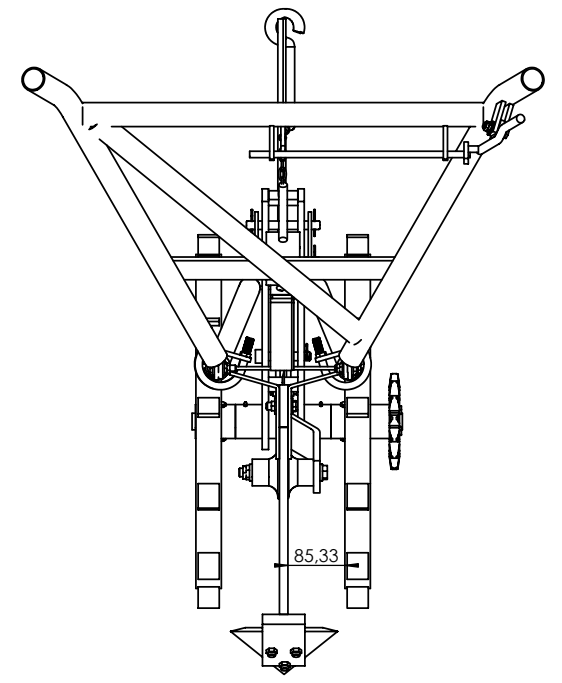
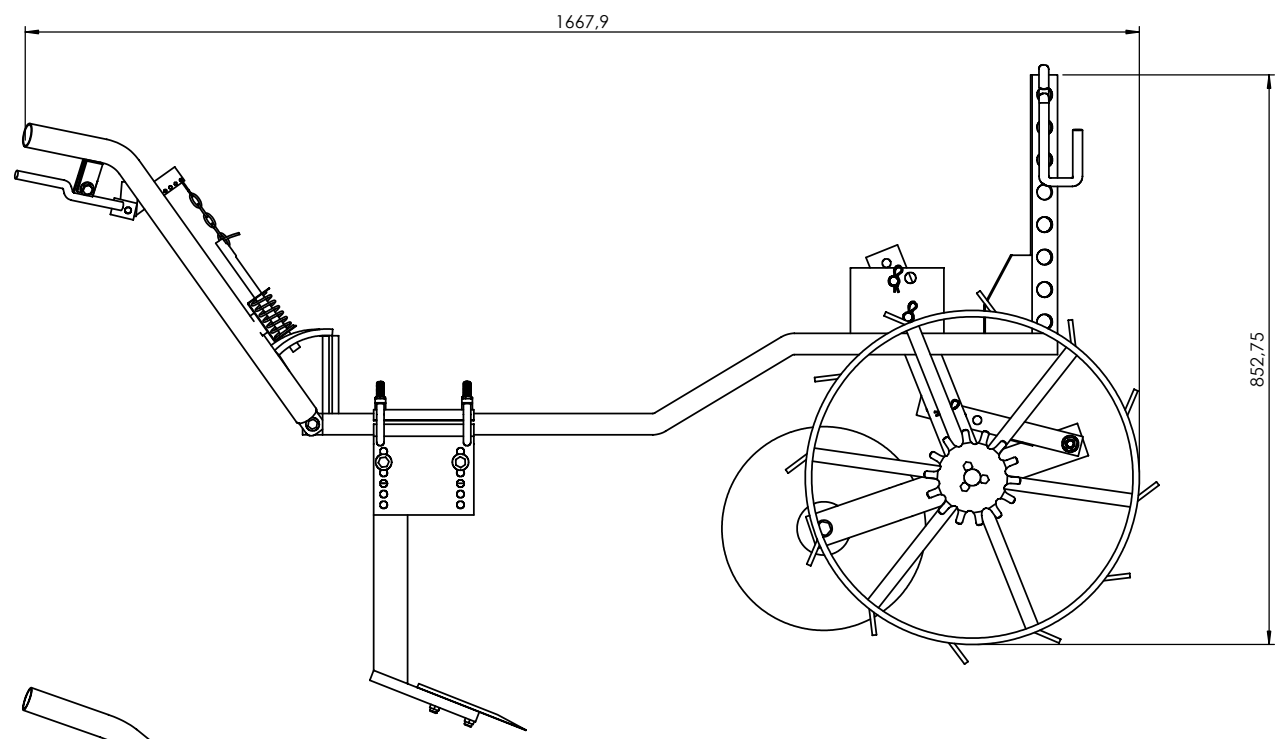
TOL. FUNDIDO (EM BRUTO)			GRAU DE TOL.
NBR 6598	NBR 6927	NBR 6645	
Fº Fº CINZENTO	Fº Fº NODULAR	AÇO FUNDIDO	GT 1
			GT 2
			GT 3
			GT 4



RELATIVO AO CÓDIGO:	ESC.: 1:10					
DES.: LUCAS	26/04/03	RESPONS.:	DATA:	MODIFICAÇÕES:		
REV.:		TRATAMENTO/REVESTIMENTO:				PESO kg:
APR.:						PL:
PROJEÇÃO:		MATÉRIA PRIMA:				PB:
<b>NeDIP</b> DENOMINAÇÃO: SEME. ADUB. DICO DUPLO E CINZEL					CÓDIGO: 2250-3001	

GRAU DE PRECISÃO	MED. TOL.	0,5 A 10	10 A 30	30 A 120	120 A 300	300 A 750	ACIMA DE 750
FINO	-	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±1	
MÉDIO		±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2
GROSSEIRO		±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2	±3

TOL. FUNDIDO (EM BRUTO)			GRAU DE TOL.
NBR 6598	NBR 6927	NBR 6645	GT 1
Fº Fº CINZENTO	Fº Fº NODULAR	AÇO FUNDIDO	GT 2
			GT 3
			GT 4

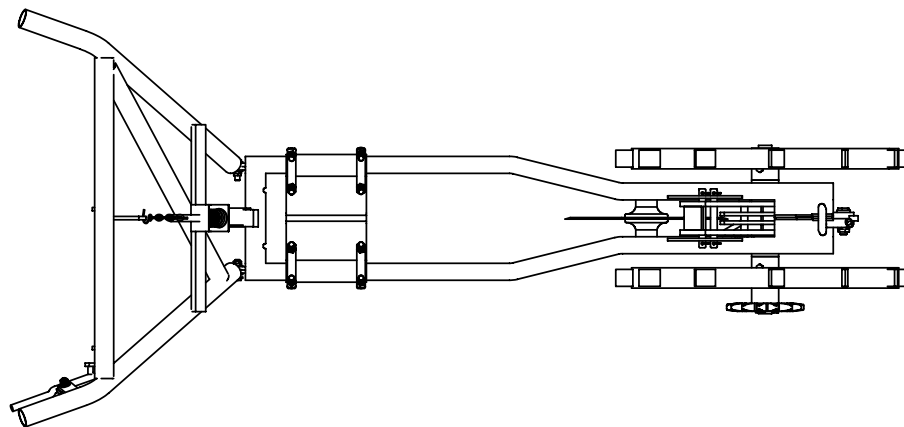
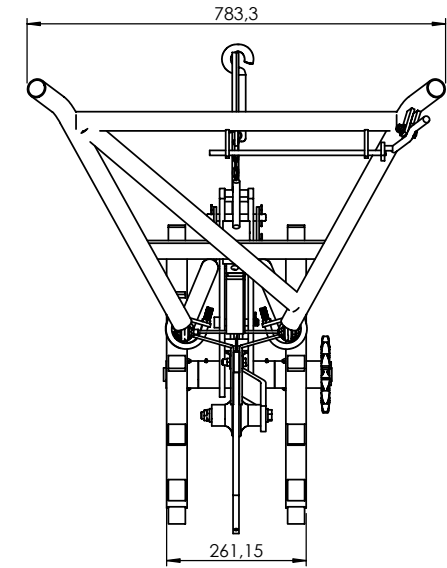
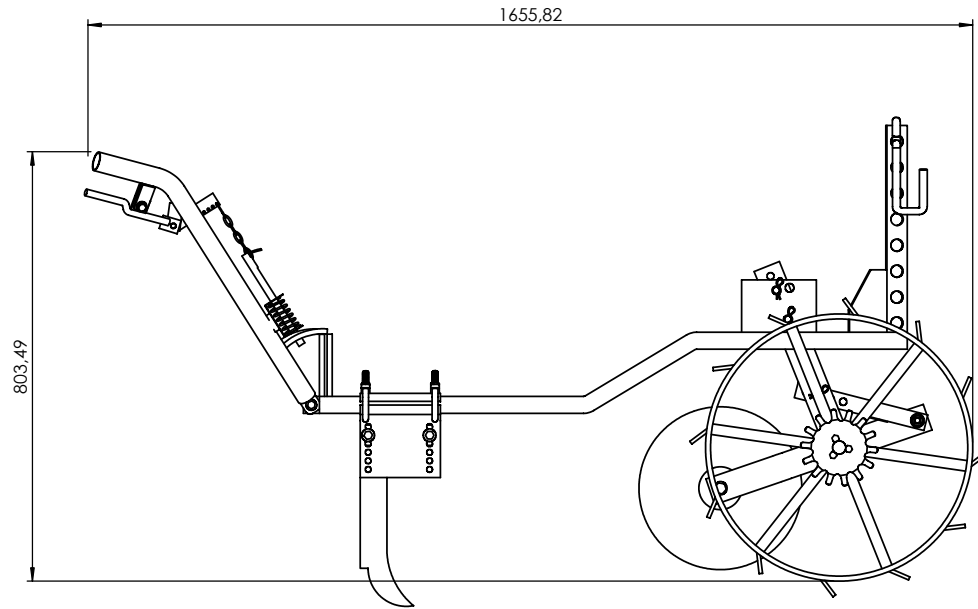


RELATIVO AO CÓDIGO:	ESC.: 1:8						
DES.: LUCAS	25/04/03	RESPONS.:	DATA:	MODIFICAÇÕES:			CMP/REV.:
REV.:		TRATAMENTO/REVESTIMENTO:					PESO kg:
APR.:							PL:
PROJEÇÃO:		MATÉRIA PRIMA:					PB:
<b>NeDIP</b>		DENOMINAÇÃO: ESCARIFICADOR				CÓDIGO: 2250-3002	



GRAU DE PRECISÃO	MED. TOL.	0,5 A 10	10 A 30	30 A 120	120 A 300	300 A 750	ACIMA DE 750
FINO	-	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±1	
MÉDIO		±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2	
GROSSEIRO		±0,3	±0,5	±1	±2	±3	

TOL. FUNDIDO (EM BRUTO)			GRAU DE TOL.
NBR 6598	NBR 6927	NBR 6645	GT 1
Fº Fº CINZENTO	Fº Fº NODULAR	AÇO FUNDIDO	GT 2
			GT 3
			GT 4



RELATIVO AO CÓDIGO:	ESC.: 1:10						
DES.:	LUCAS	27/04/03	RESPONS.:	DATA:	MODIFICAÇÕES:		CMP/REV.:
REV.:			TRATAMENTO/REVESTIMENTO:				PESO kg:
APR.:							PL:
PROJEÇÃO:		MATÉRIA PRIMA:					PB:
<b>NeDIP</b>						DENOMINAÇÃO:	CÓDIGO:
						SULCADOR	2250-3004