

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA MODULAR PARA
MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA CONSERVACIONISTA EM
PEQUENAS PROPRIEDADES**

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA**

GIOVANO MARCOS MAZETTO

FLORIANÓPOLIS JUNHO DE 2000

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA MODULAR PARA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA
CONSERVACIONISTA EM PEQUENAS PROPRIEDADES

GIOVANO MARCOS MAZETTO

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE

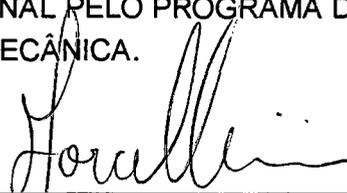
MESTRE EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO PROJETO DE
SISTEMAS MECÂNICOS, APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA.



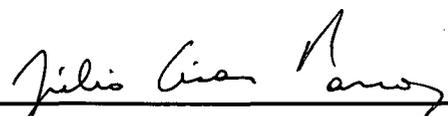
Professor Augusto Weiss, Dr. Eng.

Co orientador



Professor Fernando A. Forcellini, Dr. Eng.

Orientador



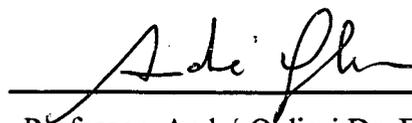
Professor Júlio César Passos, Dr.

Coordenador

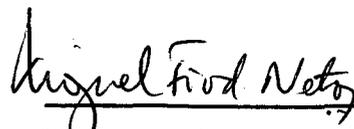
BANCA EXAMINADORA:



Professor Acires Dias Dr. Eng.



Professor André Ogliari Dr. Eng.



Professor Miguel Fiod Neto Dr. Eng.

**À Dona Lurdes e Seu Osmar
por acreditarem no
sônhô do filho.
Com amor,
Giovano.**

AGRADECIMENTOS:

FICO ALEGRE EM PERCEBER QUE NECESSITARIA DE OUTRO ANEXO PARA ESCREVER TANTOS NOMES, MAS COM FONTE 10 E ESPAÇO SIMPLES, PENSO QUE ESTA PÁGINA SERÁ SUFICIENTE.

Aos mestres:

Fernando A. Forcellini e Augusto Weiss, pela orientação, paciência e dedicação;
Acires Dias, André Ogliari, Nelson Back, pela colaboração científica, filosófica e, principalmente, humana;

Aos colegas:

Juscelino de Farias Maribondo, pelo encorajamento, apoio e trilha sonora;
Luiz Fernando, meu filhotinho, por transformar tantos riscos e rabiscos em desenhos do Auto Cad;

Luciano "PP" , pelas traduções e o vinho de Caxias;
Vinadé, Cristiano, Régis, Romano, Ângelo, Roberto e Airton, pela democrática convivência e colaboração, por dividirem a conta do café e do bar, e, principalmente, por me ensinarem a usar o Word sem tentar suicídio;

Fred Amorim, por dividir somente a conta do bar;
João "Pará", por muitas reflexões sobre a vida e outros babados;

Tiago, Alexandre, Leonardo, Antônio, Johnny, Rodrigo e Valdeon, por dividirem dificuldades, alegrias e computadores sem stress;
Wanilson, pela amizade e pela carne de cabrito;
Yuji, pela ajuda com Windows e pela receita de Tempura.

Aos amigos:

Nilo Neto, por uma longa história;
Karen e Juliana, pelo carinho;
Eugênio, pelos DDD's a cobrar, e;
Finalmente Márcio e Mayco, por dividirem o teto e lavarem a louça;

- ⇒ "Um sonho que se sonha só, é só um sonho que se sonha só. Um sonho que se sonha junto, é realidade" Raul S.S.
- ⇒ "Tente outra vez... ...levante sua mão sedenta e recomece a andar, não pense que a cabeça agüenta se você parar..." Raul S. S.

ÍNDICE

CAPÍTULO I INTRODUÇÃO	
1.1 O Desenvolvimento de Novos Produtos _____	1
1.2 Aspectos Gerais da Agricultura em Santa Catarina _____	2
1.3 Caracterização do Problema _____	3
1.4 Os Sistemas Modulares _____	4
1.5 Definição dos Objetivos do Trabalho _____	5
1.6 Estrutura do Trabalho _____	6
CAPÍTULO II – ESTADO DA ARTE DA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA	
2.1 Introdução _____	8
2.2 O Sistema Conservacionista de Cultivo _____	8
2.3 Implementos Indicados para o Sistema Conservacionista de Cultivo _____	10
2.4 Descrição Detalhada dos Implementos _____	11
2.4.1 Rolo Facas _____	11
2.4.2 Rolo Discos _____	13
2.4.3 Rolo Disco com Orientador/Acamador _____	14
2.4.4 Picador de Coberturas Vegetais _____	15
2.4.5 Pulverizadores _____	16
2.4.6 Semeadoras / Adubadoras _____	17
2.4.6.1 Semeadora/Adubadora Linha Contínua _____	17
2.4.6.2 Semeadora/Adubadora Linha Contínua (sulcadores tipo cinzel) _____	18
2.4.6.3 Semeadora/Adubadora Sistema de Covas _____	19
2.4.7 Escarificador com Disco de Corte _____	19
2.4.8 Sulcador com Disco de Corte _____	20
2.5 Fontes de potência _____	21
2.6 Considerações Sobre a Revisão Realizada _____	22
CAPÍTULO III – METODOLOGIAS DE PROJETO DE SISTEMAS MODULARES	
3.1 Introdução _____	24
3.2 Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares – SISMOD _____	25
3.2.1 Início do Projeto _____	25
3.2.2 FASE 1.0: Projeto Informacional _____	27
3.2.3 FASE 2.0: Projeto Conceitual do Sistema Modular _____	27
3.2.4 FASE 3.0: Projeto Preliminar do Sistema Modular _____	28

3.2.5 FASE 4.0: Projeto Detalhado do Sistema Modular _____	28
3.3 Considerações Sobre a Metodologia Proposta _____	29

CAPÍTULO IV APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE PROJETO DE SISTEMAS MODULARES

4.1 Introdução _____	30
4.2 Início do Projeto _____	31
4.2.1 Informações iniciais sobre os tipos de solos _____	32
4.2.2 Informações iniciais sobre as operações a serem realizadas pelos implementos _____	33
4.2.3 Cenários X Implementos _____	34
4.2.4 Definição Inicial do Problema de Projeto _____	35
4.3 Projeto Informacional do Sistema Modular _____	37
4.3.1 Identificação dos Desejos e Necessidades dos Clientes e Usuários do Sistema Modular _____	37
4.3.2 Estabelecimento dos Requisitos dos Clientes e Usuários do Sistema Modular _____	38
4.3.3 Análise dos Sistemas Modulares Existentes ou Similares _____	39
4.3.4 Estabelecimento dos Requisitos de Projeto _____	40
4.3.5 Hierarquização dos Requisitos de Projeto do Sistema Modular _____	41
4.3.6 Estabelecimento das Especificações de Projeto para o Sistema Modular _____	41
4.4 Projeto Conceitual do Sistema Modular _____	44
4.4.1 Identificação das Estruturas Funcionais dos Implementos Existentes _____	44
4.4.1.1 Estrutura funcional do implemento 1 _____	45
4.4.1.2 Estrutura funcional do implemento 2 _____	47
4.4.1.3 Estrutura funcional do implemento 3 _____	48
4.4.1.4 Estrutura funcional do implemento 4 _____	48
4.4.2 Análise da Similaridade de Funções Entre as Estruturas Funcionais Estabelecidas _____	50
4.4.3 Estabelecimento das estruturas funcionais modificadas _____	52
4.4.4 Estabelecimento das Concepções de Projeto Modularizadas _____	60
4.5 Projeto Preliminar do Sistema Modular _____	68
4.5.1 Definição Preliminar das Geometrias dos Módulos Construtivos _____	69
4.5.2 Aspecto Final da Variante 2 do Sistema Modular _____	75

CAPÍTULO V TESTES E AVALIAÇÕES

5.1 Introdução _____	80
5.2 Primeiro Teste de Campo _____	80
5.3 Segundo Teste de Campo _____	82
5.4 Conclusões Sobre os Testes de Campo _____	85

CAPÍTULO VI CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1	Conclusões Sobre a Metodologia Aplicada	86
6.2	Conclusões Sobre o Sistema Modular Obtido	86
6.3	Recomendações para Trabalhos Futuros	87
6.3	Conclusões Gerais	88
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

ANEXO A – METODOLOGIA SISMOD**ANEXO B – DETALHES DA IDENTIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS FUNCIONAIS****ANEXO C – FICHAS TÉCNICAS****ANEXO D – DESENHOS DOS MÓDULOS DO PROTÓTIPO CONSTRUÍDO****LISTA DE ABREVIATURAS**

FE	_____	Funções Elementares
FG	_____	Função Global
FP	_____	Funções Parciais
MF	_____	Módulo Funcional
QFD	_____	Quality Function Deployment
VFG	_____	Variantes da Função Global

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1A	Rolo facas de grande porte _____	12
Figura 2.1B	Rolo facas com rodas para transporte _____	12
Figura 2.2	Rolo facas, desenvolvido com tecnologia de produtos modulares _____	12
Figura 2.3A	Rolo disco desenvolvido por pequenos produtores _____	13
Figura 2.3B	Equipamento desenvolvido por (Santos 1997) _____	13
Figura 2.4A	Acamador tipo rolo _____	14
Figura 2.4B	Acamador tipo canoa _____	14
Figura 2.5	Picador de coberturas vegetais acoplado à fonte de tração _____	15
Figura 2.6	Pulverizador costal adaptado _____	16
Figura 2.7	Semeadora / adubadora de plantio direto "Gralha Azul" _____	18
Figura 2.8	Vista lateral da semeadora / adubadora do tipo linha contínua _____	18
Figura 2.9	Protótipo da semeadora / adubadora pelo sistema de covas acoplado à fonte de tração. Luciano (1998) _____	19
Figura 2.10	Equipamento adaptado de forme artesanal. Weiss (1998) _____	20
Figura 2.11	Sulcador com disco de corte _____	21
Figura 2.12	Distribuição gráfica das fontes de potência levantadas na região diagnosticada _____	22
Figura 3.1	Fluxo principal da metodologia de projeto de sistemas modulares – SISMOD. Maribondo (1999) _____	26
Figura 4.1	Sulcador com disco de corte _____	36
Figura 4.2	Escarificador com disco de corte _____	36
Figura 4.3	Semeadora adubadora com duplo cinzel _____	36
Figura 4.4	Semeadora adubadora com cinzel para adubo e disco duplo para a semente _____	36
Figura 4.5	Primeira matriz do QFD _____	42
Figura 4.6	Função Global do implemento 1 _____	46
Figura 4.7	Estrutura funcional do implemento 1 _____	46
Figura 4.8	Função Global do implemento 2 _____	47
Figura 4.9	Estrutura funcional do implemento 2 _____	47
Figura 4.10	Princípios de solução dos implementos 2 e 3 _____	48
Figura 4.11	Função global do implemento 3 _____	49
Figura 4.12	Estrutura funcional do implemento 4 _____	49
Figura 4.13	Ficha Técnica da Função Elementar 1.3.2 _____	52
Figura 4.14	Função Global do sistema modular e suas variantes _____	54

Figura 4.15	Configuração dos Módulos Funcionais do sistema modular _____	59
Figura 4.16	Desenho esquemático do módulo MC 01 _____	69
Figura 4.17	Desenho esquemático do MC 02 _____	70
Figura 4.18	Desenho esquemático do Módulo Construtivo 03 _____	70
Figura 4.19	Desenho esquemático do Módulo Construtivo 04 _____	71
Figura 4.20	Desenho esquemático do Módulo Construtivo 05 _____	71
Figura 4.21	Dosador de adubo – MC 06 _____	72
Figura 4.22	Dosador de sementes - MC 07 _____	72
Figura 4.23	Desenhos esquemáticos dos Módulos construtivos 08 e 09, com seus respectivos suportes _____	72
Figura 4.24	Desenho esquemático do Módulo Construtivo 10 _____	73
Figura 4.25	Desenho esquemático do Módulo construtivo 11 _____	73
Figura 4.26	Foto do modelo icônico do chassis _____	74
Figura 4.27	Desenho esquemático do Módulo Construtivo 12 _____	74
Figura 4.28	Módulos da Variante 2 da Função Global em visão explodida (superior) e montada (inferior) _____	75
Figura 4.29	Módulos da Variante 1 da Função Global em visão explodida (superior) e montada (inferior) _____	76
Figura 4.30	Módulos da Variante 3 da Função Global em visão explodida (superior) e montada (inferior) _____	77
Figura 4.31	Detalhes do módulo MC 03 _____	78
Figura 4.32	Detalhes do sistema de ajuste de profundidade dos cinzéis _____	78
Figura 4.33	Dosadores de semente e adubo _____	79
Figura 4.34	Vista frontal dos dosadores de semente e adubo montados _____	79
Figura 4.35	Variante 2 do sistema modular, montada após a pintura _____	79
Figura 5.1	Centro de Treinamento da EPAGRI (CETRE) _____	80
Figura 5.2A	Rodas inclinadas _____	81
Figura 5.2B	Rodas na posição original _____	81
Figura 5.3A	Rodas com suporte na horizontal _____	82
Figura 5.3B	Rodas com suporte para frente _____	82
Figura 5.4	Fazenda Experimental Ressacada – CCA – UFSC _____	83
Figura 5.5A	Primeira interrupção do teste _____	84
Figura 5.5B	Segunda interrupção do teste _____	84
Figura 5.6A	Primeira linha de plantio _____	84
Figura 5.6B	Detalhe do corte da palhada _____	84
Figura 5.7A	Preparação para teste comparativo _____	85
Figura 5.7B	Vista lateral dos implementos _____	85
Figura 6.1	Dispositivo de suspensão do disco de corte _____	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Implementos definidos em função do tipo de solo_____	10
Tabela 2.2	Fonte de potência animal encontrada nas propriedades levantadas (1996) _	21
Tabela 4.1	Cenários X implementos _____	34
Tabela 4.2	Desejos dos clientes e usuários do produto _____	37
Tabela 4.3	Requisitos dos clientes e usuários do sistema modular _____	38
Tabela 4.4	Especificações de projeto _____	43
Tabela 4.5	Relação das Funções Elementares do implemento 1_____	46
Tabela 4.6	Funções Elementares do implemento 2_____	48
Tabela 4.7	Funções elementares do implemento 4_____	49
Tabela 4.8	Relação de todas as funções elementares identificadas_____	50
Tabela 4.9	Componentes dos implementos atuais que serão utilizados no sistema modular _____	51
Tabela 4.10	Relação das funções necessárias a variante 1_____	57
Tabela 4.11	Relação das funções necessárias a variante 2_____	57
Tabela 4.12	Relação das funções necessárias a variante 3_____	57
Tabela 4.13	Relação dos módulos funcionais do sistema modular_____	58
Tabela 4.14	Módulos construtivos compostos por componentes comerciais_____	60
Tabela 4.15	Matriz Morfológica para o MF 02_____	61
Tabela 4.16	Alternativas de concepção para o MF 02 _____	62
Tabela 4.17	Matriz morfológica para o MF03 _____	62
Tabela 4.18	Alternativas de concepção para o MF 03_____	63
Tabela 4.19	Matriz Morfológica para o MF 04_____	64
Tabela 4.20	Alternativas de concepção para o MF 04 _____	64
Tabela 4.21	Matriz morfológica para o MF 05_____	64
Tabela 4.22	Alternativas de concepção par o MF 05 _____	65
Tabela 4.23	Seleção das concepções alternativas dos módulos funcionais _____	66
Tabela 4.24	Critérios de modularidade_____	66
Tabela 4.25	Módulos Construtivos _____	67

RESUMO

Neste trabalho são apresentados os resultados obtidos através da aplicação de uma metodologia de projeto de sistemas modulares a um conjunto de implementos agrícolas destinados à atividade conservacionista em pequenas propriedades.

Inicialmente, foram estudados aspectos relacionados a mecanização agrícola nas pequenas propriedades do Estado de Santa Catarina e, também, as metodologias de projeto utilizadas no desenvolvimento de novos produtos e reprojeto de produtos existentes.

Após os estudos iniciais, sobre as temáticas propostas, definiu-se como objetivo principal deste trabalho, o desenvolvimento de um sistema modular, que pudesse contribuir para uma melhora no quadro de mecanização da pequena propriedade rural de Santa Catarina. Para isto, utilizou-se uma metodologia de projeto de sistemas modulares, que se encontrava em desenvolvimento no próprio NeDIP, e que para a qual este trabalho representou, também, uma forma de avaliação e contribuição para o seu desenvolvimento.

Os trabalhos iniciaram com a delimitação do número de implementos a serem estudados. Os critérios adotados para esta delimitação, foram baseados nos aspectos relacionados a modularização, e, dentre dez implementos inicialmente estudados, quatro foram escolhidos para serem submetidos a um processo de modularização.

Na seqüência, foram levantados os desejos e as necessidades dos futuros clientes e usuários do sistema modular, contemplando todas as fases do ciclo de vida do produto.

Com o auxílio de ferramentas de projeto como *Matriz da Casa da Qualidade (QFD)*, *Análise Funcional* e *Matriz Morfológica*, entre outras, obteve-se como resultado a definição conceitual, de um sistema modular que atende as quatro Funções Globais dos implementos escolhidos. Construiu-se, também, um protótipo para uma das Variantes da Função Global, que foi testado em campo e comparado, a um implemento comercial similar, apresentando, em relação a este, vantagens como: maior de facilidade de operação; funcionamento; diminuição de peso; entre outras.

Concluiu-se, por fim, que a metodologia adotada mostrou-se adequada ao desenvolvimento de sistemas modulares. Que os principais objetivos propostos para o trabalho, foram atingidos, pois o sistema modular obtido, confirmou a possibilidade de compartilhamento de módulos, fator que comprovadamente reduz custos industriais, assim, configurando uma contribuição ao desenvolvimento de implementos agrícolas no Estado de Santa Catarina.

ABSTRACT

The present work describes the results obtained through the application of a modular systems design methodology to a group of agricultural implements destined to the conservative activity in small properties.

In the beginning, studies of aspects related to the agricultural mechanisation in the small properties of the State of Santa Catarina and, also, the design methodologies used in the development of new products and redesign of existing products have been conducted.

After the initial studies, on the thematic proposed, the development of a modular system that could contribute for an improvement in the actual situation of mechanisation of the small property of the State of Santa Catarina was defined as a main objective for this work. For this, a modular systems design methodology was used, which was under development at NeDIP and, for which this work also represented a form of evaluation and contribution for its development.

The works began with the delimitation of the number of implements to be studied. The criteria adopted for this delimitation has been based on aspects related to the modularization, and, amongst ten implements initially studied, four have been chosen to be submitted to a modularization process.

Afterwards, the desires and the necessities of the future customers and users of the modular system have been elicited, contemplating all of the product life cycle phases.

With the aid of design tools such as the First Matrix (House of Quality) of the QFD method, the Morphological Matrix and the Functional Analysis amongst others, it's been obtained as a result the conceptual definition of a modular system that supports the four Global Functions of the chosen implements. Also, a prototype for one of the Variants of the Global Function has been constructed, tested and compared in field to a similar commercial implement, presenting, in relation to the latter, advantages such as: easiness of operation; better functioning; weight reduction; among others.

Finally, the adopted methodology turned out to be adequate to the development of modular systems. The main objectives considered for the work have been reached and, therefore the modular system obtained confirmed the possibility of module sharing, a proven factor on reducing industrial costs, thus, configuring a contribution to the development of agricultural implements in the State of Santa Catarina.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 - O DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS

Há anos, que a produção industrial faz parte da vida do ser humano. Métodos de produção gerenciados por computadores, vendas pela internet simultâneas ao lançamento e muitos outros conceitos chegam a todo instante ao nosso conhecimento através dos meios de comunicação. É preciso cada vez mais, desenvolver produtos de forma rápida e com menor risco, sem de forma alguma esquecer dos futuros clientes e usuários, pois deles vem a palavra final.

Desde o início da produção de bens em massa, a mais de um século, muitas foram as modificações sofridas pelos processos produtivos. Da produção manual dos artesãos aos modernos programas “on-line”, passaram-se anos, no entanto, um desejo sempre foi crescente e atualmente, capital para as indústrias: a repetibilidade no processo de produção. Esta preocupação, porém, limitou-se por muito tempo, basicamente ao campo da produção propriamente dita, ficando o desenvolvimento ao encargo de algumas pessoas, ou equipes, que trabalhavam com base nos conhecimentos adquiridos.

Mas como os anos passam, as pessoas se vão, e com elas o conhecimento, resta para a indústria a missão de encontrar e treinar novas equipes ou pessoas aptas para desenvolver seus produtos, e sob esta ótica de aprimoramento, que busca um processo mais garantido e rápido para obtenção de um novo produto, é que as metodologias de desenvolvimento de produtos, têm ganho cada vez mais espaço.

Seguindo esta linha de desenvolvimento, este trabalho busca dar uma contribuição, à difusão da aplicação de metodologias de projeto de produtos, aplicando a mesma a um conjunto de implementos agrícolas. Mais especificamente, é desenvolvido um sistema modular, com aplicação destinada a mecanização conservacionista em pequenas propriedades.

Apesar de existirem metodologias destinadas a auxiliar no desenvolvimento de produtos, a metodologia escolhida para o desenvolvimento do sistema proposto, ainda está em desenvolvimento. Os motivos que levaram a esta opção são mostrados durante o trabalho, mas de modo geral pode-se dizer que estão ligados a um desejo de maior difusão das metodologias de desenvolvimento de produtos entre as indústrias do Estado de Santa Catarina e também do Brasil. Esta escolha é também uma forma de colaborar com o desenvolvimento destas metodologias, visto que tanto este trabalho como a citada metodologia foram desenvolvidos no mesmo ambiente, o Núcleo de Desenvolvimento Integrados de Produtos – NeDIP - do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina.

Este trabalho tem início com a definição de quatro implementos, selecionados a partir de um conjunto de dez, apontados como suficientes para a atividade de cultivo conservacionista em pequenas propriedades. O trabalho segue, passando pela identificação dos desejos e necessidades dos futuros clientes e usuários do sistema a ser obtido, faz uma identificação das estruturas funcionais dos implementos envolvidos e culmina com a definição dos módulos que compõem o sistema modular.

Durante o desenvolvimento são aplicadas várias ferramentas de auxílio à tomada de decisão, tais como QFQ, Matriz Morfológica e Análise do Ciclo de Vida dos Produtos, além de novas ferramentas, como as denominadas Fichas Técnicas e a Matriz de Apoio à Escolha Entre Módulos Funcionais, respectivamente aplicadas na obtenção dos Módulos Funcionais e na escolha entre as alternativas de concepção para um mesmo módulo.

Como resultado deste trabalho, chegou-se a definição conceitual de um sistema modular e ao protótipo de uma das variantes deste sistema, destinada ao plantio direto em linha por tração animal. Este sistema, composto por doze módulos, mostrou que é possível atender a quatro Variantes da Função Global, através do compartilhamento de componentes. Devem ser ressaltados, ainda, as vantagens fabris que podem ser obtidas, através da adoção deste modelo de projeto, pois através da diminuição do número de componentes, podem ser reduzidos os estoques e tempos de fabricação.

No tocante a metodologia de projeto adotada, os resultados também são importantes, porque além das contribuições no desenvolvimento da própria metodologia, são apresentadas duas novas ferramentas.

Por fim, acredita-se que este trabalho permitiu a equipe de projeto avançar significativamente, rumo ao domínio da técnica de projeto, além de apresentar soluções inovadoras para implementos até então fabricados de forma praticamente artesanal.

1.2 - ASPECTOS GERAIS DA AGRICULTURA EM SANTA CATARINA

Com apenas 1,13% do território brasileiro, Santa Catarina é um dos destaques agrícolas do País. Segundo a Revista Gazeta Mercantil (1998), é o maior produtor de alho, maçã e suínos. Tem a segunda posição na produção de fumo e cebola, e a terceira em lavouras de trigo e arroz. Em 1996, a agropecuária respondia por 16,7% de toda a riqueza produzida no estado, passando no ano 1997 para 17,5% dos R\$ 34 bilhões do Produto Interno Bruto Estadual.

Ainda segundo a Gazeta Mercantil Santa Catarina é um estado conhecido por ter uma distribuição razoavelmente equilibrada de terra. A estrutura fundiária pouco mudou nas últimas décadas, continua o predomínio das pequenas propriedades e a quase inexistência de latifúndios. No início dos anos 70, pouco mais do que 42,1% das terras catarinenses eram

divididas em propriedades de menos de 50 hectares. Hoje, esse percentual é de 40,6%. As maiores propriedades (mais de mil hectares) aumentaram de 14,4 para 15,8%. Em 1995, entretanto, os latifúndios (mais de 10 mil hectares) encolheram de 2,1 para 0,6%. Entre os dois extremos, as propriedade médias (entre 50 e mil hectares), continuam ocupando a maior parte da área de estabelecimentos agrícolas em Santa Catarina: 43%.

Este cenário, reflete em características de cultivo específicas para pequenas propriedades, onde o trabalho do homem é muito pouco mecanizado, e a diversidade de atividades é essencial para uma melhora de renda das famílias proprietárias.

Desde a chegada dos colonizadores ao estado de Santa Catarina e ao Brasil de um modo geral, o sistema de preparo do solo utilizado, tanto em pequenas como em grandes propriedades, foi, e, em parte ainda é, o chamado sistema convencional de cultivo. Este chamado preparo convencional do solo para as culturas anuais utiliza operações como lavração, geralmente feitas com arados de aveia ou discos, seguidas de gradagens com grades de discos, ou o uso de grades aradoras pesadas em substituição ao arado, mas não dispensando as gradagens para destorroamento e nivelamento do solo.

Esta forma de preparo do solo, principalmente quando feita fora das condições ideais de umidade, ou indiscriminadamente, tem favorecido a erosão e a degradação do solo, devido à ação do sol, da chuva e dos ventos. A compactação sub-superficial, e a diminuição da infiltração da água, são os fatores que decorrem deste tipo de preparo, permitindo a exposição do solo aos danos já citados.

Diante da necessidade de alternativas de cultivo, para diminuir os danos causados ao solo pela atividade agrícola, o cultivo conservacionista do solo, tem sido apontado como uma saída promissora.

Pelos fatores expostos acima, pode-se esperar uma adoção significativa dos sistemas de cultivo conservacionistas, tanto nas pequenas como nas grandes propriedades, como forma de se aumentar a produtividade e também de proteger o solo.

1.3 – CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

As indústrias, de um modo geral, têm seus interesses voltados aos maiores mercados, onde encontra-se concentrada a maioria dos consumidores. Na indústria de implementos agrícolas, não é diferente. Com a recente tendência de modificação dos sistemas de cultivo, onde o modo convencional de preparo do solo vem de forma rápida sendo substituído pelos sistemas conservacionistas, os grandes fabricantes têm priorizado seu desenvolvimento e produção, nas necessidades dos grandes produtores rurais, naturalmente detentores de maiores recursos. Esta mudança de necessidades, associada a um baixo poder aquisitivo dos

pequenos produtores, é uma das causas apontadas para a lenta adoção dos sistemas conservacionistas nas pequenas propriedades, e acabou criando uma lacuna em termos de equipamentos agrícolas destinados ao cultivo conservacionista, ou seja, os pequenos produtores sentem a necessidade da adoção de sistemas de cultivo mais produtivos, porém, os fabricantes de implementos específicos para estas atividades ainda não atendem suas expectativas.

Atualmente, no Estado de Santa Catarina, existem vários fabricantes de implementos agrícolas, a maioria destes voltados justamente aos pequenos produtores. No entanto, o nível de desenvolvimento destes implementos está longe do ideal, devido às dificuldades enfrentadas por estes fabricantes para desenvolver, fabricar e comercializar seus produtos.

Por outro lado, se existem poucos equipamentos adequados às necessidades dos pequenos produtores, para a prática conservacionista, não é possível dizer o mesmo quanto aos estudos e pesquisas sobre o problema. Estudos recentes como o de WEISS (1998), SANTOS (1998) e outros, tem apontado algumas soluções para esta carência de equipamentos. Dentre estas soluções, pode-se citar o emprego de ferramentas de projeto aplicadas ao desenvolvimento e/ou adequação de implementos, visando atender os desejos e necessidades tanto de agricultores, como de fabricantes.

1.4 – OS SISTEMAS MODULARES

As metodologias de projeto de sistemas modulares correspondem a uma técnica de projeto utilizada na indústria há mais de 50 anos, destinada a produzir uma grande variedade de produtos finais, a partir da combinação de um grupo de componentes básicos, MARIBONDO (1998).

Os produtos modulares obtidos através da aplicação destas metodologias vêm permitindo à indústria em geral, obter índices cada vez mais elevados de produtividade e qualidade, sem citar os menores custos de produção e revenda. Os automóveis, os computadores e móveis, são apenas alguns dos bens de consumo desenvolvidos sob esta óptica de projeto, que literalmente tiveram seus custos reduzidos, baseando-se em conceitos peculiares como interfaces padronizadas, módulos intercambiáveis e padronização de componentes, entre outros.

As origens dos sistemas modulares estão ligadas às indústrias automobilísticas e moveleiras americanas. Durante as décadas de 50 e 60, o projeto de sistemas modulares foi “a mola propulsora” para estimular a venda de automóveis nos Estados Unidos da América. Com esse tipo de projeto foi possível oferecer aos consumidores uma grande variedade de modelos, dando-lhes a oportunidade de criar seu próprio automóvel. Nesse mesmo período, essa

tendência de construir vários sistemas a partir da combinação de um grupo de componentes básicos, também foram observados junto às indústrias de móveis americanas, ROMANOS (1989).

No entanto, se são muitas as vantagens obtidas com a aplicação das metodologias de projeto de produtos modulares, sua aceitação e conseqüente aplicação por parte da indústria, ainda está longe do desejado; e um dos fatores responsáveis apontados, é justamente o desconhecimento dos profissionais, sobre estas técnicas de trabalho. No entanto, estudos estão sendo desenvolvidos para superar esta problema. No decorrer dos últimos anos, o NeDIP - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos – do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, tem dedicado parte de suas pesquisas, a aplicação e aprimoramento das metodologias de projeto. Entre estudos publicados recentemente, citamos, o desenvolvimento de implementos agrícolas e de metodologias de projeto propriamente ditas, como os trabalhos de CASTALDO (1999) e de PIZZATTO (1998), respectivamente, um implemento destinado a manejo das coberturas vegetais no sistema de plantio direto em pequenas propriedades e uma sistemática de projeto para produtos modulares, com aplicação em móveis.

Este trabalho foi estruturado dentro desta metodologia, como esta definido nos objetivos a serem explicitados.

1.5 – DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DO TRABALHO

Os tópicos iniciais deste capítulo, fizeram um breve apanhado sobre dois aspectos distintos. O primeiro deles, abordou a necessidade de disponibilização de implementos, voltados a mecanização conservacionista em pequenas propriedades rurais, e o segundo, sobre as metodologias de projeto de produtos modulares e suas aplicações. Tendo como base estes aspectos, é apresentado como objetivo principal deste trabalho, o desenvolvimento de um sistema modular que possa dar uma contribuição no sentido de melhorar o atual quadro de mecanização da pequena propriedade rural, enfocando os implementos destinados as atividades conservacionistas de cultivo.

Para a obtenção deste propósito, conta-se com o apoio de ferramentas específicas de projeto, tais como: Matriz do QFD; Análise Funcional; Matriz Morfológica, entre outras. Deve-se citar também, o emprego de uma metodologia de projeto de sistemas modulares, que está sendo desenvolvida no NeDIP, e que para a mesma, este trabalho representa uma oportunidade de avaliação.

A obtenção de resultados em um trabalho está diretamente ligada a definição dos limites de atuação da equipe de projeto. Com base nesta colocação, a primeira atividade

desenvolvida, foi uma pesquisa, buscando fazer um apanhado geral sobre as formas atuais e recomendadas para a mecanização agrícola com propósitos conservacionista nas pequenas propriedades. Esta atividade visa definir um grupo específico de implementos sobre os quais, a equipe de projeto possa enfocar seus estudos e dedicar seus esforços, aumentando as chances de obter resultados significativos.

A partir da citada delimitação do número de implementos que serão estudados, os esforços serão inteiramente voltados à obtenção do citado sistema modular. Deste estudo espera-se obter como resultado, um conjunto de implementos mais adequados à realidade dos pequenos produtores rurais do estado de Santa Catarina. Esta adequação poderá ser traduzida na forma de menores custos de produção dos implementos, por parte das indústrias, e conseqüentemente em menores custos de aquisição, e ainda, em uma maior facilidade e segurança na utilização no tocante aos produtores rurais.

1.6 – ESTRUTURA DO TRABALHO

Capítulo II

Este capítulo, enfoca o estado da arte da mecanização agrícola nas pequenas propriedades rurais catarinenses. Este estudo busca um melhor conhecimento da realidade dos implementos atualmente utilizados. A pesquisa procura mostrar ainda, as características destes implementos, suas funções e particularidades, bem como os estudos que foram realizados abordando este assunto. São apresentados exemplos de implementos que eram utilizados no sistema convencional de plantio e que foram adequados para o novo conceito de cultivo, bem como implementos desenvolvidos especificamente para esta atividade. Cada implemento é avaliado sob aspectos de fabricação, função, tipo de fonte de potência entre outros. Finalizando, é apresentado um estudo sobre as fontes de potência utilizadas pelos produtores rurais de uma região de Santa Catarina, fator fundamental para a definição das características dos implementos a serem desenvolvidos.

Capítulo III

Este capítulo apresenta a metodologia de projeto de sistemas modulares adotada para o desenvolvimento do trabalho. Juntamente com a metodologia, são apresentadas as vantagens obtidas com sua utilização, as fases, etapas e tarefas determinadas e algumas desvantagens deste método de desenvolvimento de produtos.

Capítulo IV

Este é o mais longo capítulo do trabalho. Nele é mostrado a aplicação da metodologia

proposta no capítulo III. São descritas neste Capítulo as fases de Projeto Informacional, Conceitual e Preliminar do Sistema Modular, as ferramentas utilizadas e os resultados obtidos.

Na fase de Projeto Informacional são coletadas informações sobre o tema de trabalho, como os tipos de solo e as atividades desenvolvidas no cultivo conservacionista em pequenas propriedades. Na seqüência, é feita uma delimitação do número de implementos a serem estudados e posteriormente uma maior definição do problema de projeto a ser atacado, delimitando os objetivos específicos a serem atingidos. Ainda nesta fase, é feita a identificação dos desejos e necessidades dos futuros usuários do sistema modular, passando pelo estabelecimento das especificações de projeto. Na segunda fase, a de Projeto Conceitual, e de posse das especificações de projeto, são identificadas e estudadas as estruturas funcionais dos quatro implementos alvos do trabalho, e em seguida, estabelecidas as estruturas funcionais modificadas, que resultam na definição conceitual do sistema modular proposto.

Após a definição conceitual do sistema modular, são feitas definições preliminares de formas e dimensões, que servem de base para a construção de um protótipo de uma das Variantes da Função Global, caracterizando as atividades típicas da terceira fase denominada de Projeto Preliminar do Sistema Modular.

Finalizando a aplicação da metodologia neste trabalho, é construído um protótipo de uma das variantes do sistema modular, que é testado em campo e comparado com um implemento de função similar, fabricado por uma empresa do ramo de implementos agrícolas instalada no Estado de Santa Catarina.

Capítulo V

Neste Capítulo são relatados os testes de campo realizados com o protótipo construído para uma das Variantes da Função Global. São apresentados também detalhes da construção do protótipo.

Capítulo VI

Este capítulo é dedicado a considerações sobre a metodologia de projeto utilizada, bem como às conclusões finais do trabalho e recomendações para trabalhos futuros. Em relação à metodologia, apresenta as dificuldades encontradas na aplicação, suas virtudes e recomendações para futuras aplicações. Quanto ao sistema modular, são considerados aspectos relacionados aos resultados obtidos e ao protótipo construído. Na seqüência, são feitas recomendações para trabalhos futuros e finalizando é apresentado um apanhado geral sobre os resultados do trabalho.

ESTADO DA ARTE DA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA

2.1 – INTRODUÇÃO

O presente capítulo, aborda a mecanização agrícola das pequenas propriedades rurais e apresenta um estudo detalhado dos implementos cujas funções atendem as necessidades dos agricultores, para o cultivo conservacionista nestas propriedades. Para cada um dos implementos, num total de dez, são apresentadas, a sua função global, o tipo de tração ou fonte de potência requerida, uma descrição do implemento, exemplos e ainda, o nível de desenvolvimento tecnológico dos mesmos. São mostrados, ainda, neste estudo, alguns aspectos relevantes sobre o tipo de manejo que é realizado e o porque da adoção do sistema de cultivo conservacionista.

O objetivo deste estudo é mostrar o atual estado de desenvolvimento destes implementos, para que a equipe de projeto tenha uma base de conhecimento substancial e desta forma possa direcionar os seus esforços e assim atingir os objetivos traçados.

2.2 – O SISTEMA CONSERVACIONISTA DE CULTIVO

O preparo convencional do solo envolve um grande número de operações, entre elas, a lavração para inversão das camadas do solo e gradagens para complementação de preparo. Estas operações são realizadas em duas etapas: a primeira, chamada de preparo primário, na qual o solo é mobilizado com inversão de suas camadas e aplicação de corretivos, em alguns casos; a segunda, chamada de preparo secundário ou de complementação de preparo envolve as operações de destorroamento, nivelamento, incorporação de corretivos, fertilizantes e herbicidas. Esta forma de preparo, quando realizado sem critério e repetidamente, causa sérios problemas de degradação das partículas de solo no nível da superfície e compactação superficial, favorecendo o processo de erosão, prejudicando a infiltração e a disponibilidade de água no perfil do solo.

Para RUSSEL (1973), o preparo do solo tem as seguintes funções principais: formar um leito para a semeadura; eliminar as ervas daninhas; nivelar o solo e corrigir as irregularidades causadas pelo tráfego de máquinas em cultivos anteriores e aumentar a capacidade de infiltração de água no solo. O solo bem preparado permite que a semeadora coloque a semente em profundidade uniforme com possibilidade de um bom contato entre o solo e a semente. Isto resulta na germinação uniforme e bom desenvolvimento das raízes das plantas.

Algumas das causas do esgotamento dos nossos solos podem ser controladas, e todas as técnicas utilizadas para aumentar a resistência do solo ou diminuir as forças do processo erosivo, denominam-se práticas conservacionistas (BERTONI), citado por WEISS (1998).

O cultivo mínimo, preparo reduzido ou preparo conservacionista do solo, é qualquer técnica ou sistema de preparo que reduza as perdas de solo e água em relação ao preparo convencional. Isto pode ser conseguido com a mobilização do solo, sem inversão das camadas e com a manutenção de resíduos vegetais como cobertura protetora na superfície.

Para preparação das culturas anuais, basicamente, são dois os sistemas de preparo do solo denominados conservacionistas:

- a) sistema com preparo reduzido ou cultivo mínimo, no qual somente é preparada uma faixa do terreno para a semeadura ou plantio, isto para culturas semeadas ou plantadas em linha. Quando a semeadura é realizada a lanço, o solo é apenas escarificado superficialmente, com implementos de hastes, procurando-se a manutenção de pelo menos 30 % de resíduos vegetais na superfície do solo e
- b) 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. Esta 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.

As principais vantagens, citadas de uma forma geral na literatura, proporcionadas pelo cultivo mínimo ou preparo reduzido são:

- ⇒ redução no uso de mão-de-obra e de máquinas e implementos agrícolas;
- ⇒ 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.

As desvantagens que o sistema eventualmente pode ocasionar são :

- ⇒ aumento da infestação de pragas e doenças que são favorecidas pela maior umidade e presença de resíduos vegetais e;
- ⇒ maior uso de herbicidas dessecantes para controle de ervas daninhas perenes, que não são eliminadas com a escarificação do solo;

- ⇒ necessidade de adaptação dos implementos para trabalhar o solo na presença de grande quantidade de resíduos vegetais, na ocasião do preparo do solo e plantio das culturas e;
- ⇒ maior custo dos implementos fabricados especialmente para o cultivo mínimo e plantio direto.

Segundo MUZILLI (1995), plantio direto é um processo de semeadura em solo não preparado ou revolvido, no qual a semente é colocada em sulcos ou covas, com largura e profundidade suficientes para se obter uma adequada cobertura e um adequado contato da semente com a terra. O controle das ervas daninhas é geralmente realizado através de métodos químicos, combinados ou não com práticas mecânicas e cultivos específicos.

2.3 - IMPLEMENTOS INDICADOS PARA O SISTEMA CONSERVACIONISTA DE CULTIVO

Para o Estado de Santa Catarina, em recente trabalho, WEISS (1998) propôs uma definição de um conjunto de implementos que de forma combinada e em função do cenário, podem suprir a totalidade das necessidades, em termos de mecanização dos pequenos proprietários, no tocante ao cultivo do solo de forma conservacionista, embora existam diferenças de tipos de solos, relevos e culturas.

Estes implementos são apresentados na Tabela 2.1, conforme o autor da pesquisa, definidos em função dos solos, arenosos, com cascalho e argilosos.

Tabela 2.1: Implementos definidos em função do tipo de solo, WEISS (1998).

IMPLEMENTOS	INDICAÇÕES DE USO PARA OS CENÁRIOS:		
	SOLOS ARENOSOS	SOLOS COM CASCALHOS	SOLOS ARGILOSOS
ROLO FACAS (coberturas eretas)	Não preferencial	Não preferencial	Preferencial
ROLO DISCOS (cob. rasteiras)	Não preferencial	Preferencial	Preferencial
ROLO DISCOS COM ORIENTADOR / ACAMADOR (vegetações rasteiras e/ou eretas)	Não preferencial	Preferencial / alternativo	Preferencial / alternativo
PICADOR DE COBERTURAS VEGETAIS (coberturas eretas, com grande quantidade de massa seca e resistentes à decomposição)	Preferencial	Preferencial / alternativo	Preferencial / alternativo
PULVERIZADORES (costal manual ou tratorizado)	Complementar p/ manejo e ou tratos culturais químicos (pós-emergência)	Complementar p/ manejo e ou tratos culturais químicos (pós-emergência)	Complementar p/ manejo e ou tratos culturais químicos (pós-emergência)
SEMEADORA / ADUBADORA LINHA CONTÍNUA (sulcadores tipo cinzel para o adubo e disco duplo para sementes)	Preferencial (após manejo com picador)	Não preferencial	Não preferencial
SEMEADORA / ADUBADORA LINHA CONTÍNUA (sulcadores tipo cinzel)	Preferencial (após manejo com picador)	Preferencial	Preferencial / alternativo
SEMEADORA / ADUBADORA SISTEMA DE COVAS	Preferencial (após qualquer tipo de manejo)	Não preferencial	Alternativo

Continuação da Tabela 2.1

ESCARIFICADOR COM DISCO DE CORTE (para descompactação)	Não necessário	Preferencial	Preferencial
SULCADOR C/ DISCO DE CORTE (sulcos para transplante de mudas)	Preferencial	Preferencial	Preferencial

Os equipamentos listados, na Tabela 2.1, num total de 10, são implementos independentes. Dependendo do tipo de solo que se deseja cultivar, uma combinação entre alguns dos implementos é suficiente, para que um determinado agricultor cultive o solo de sua propriedade de forma correta e adequada. Do mesmo modo, em uma situação hipotética, outro agricultor situado em uma região próxima, terá como combinação ideal uma outra, diferente do anterior. Desta forma, cada agricultor adquire apenas os implementos que são adequados a sua realidade. Essa observação é importante, pois o intuito de utilizar equipamentos cada vez mais adequados para uma função específica, é fruto de uma contínua busca pelo maior rendimento com o menor investimento possível.

2.4 - DESCRIÇÃO DETALHADA DOS IMPLEMENTOS

Dentro do conjunto dos implementos definidos para atender as necessidades do pequeno agricultor, para cultivo conservacionista, deve-se lembrar que alguns dos implementos, já são comercializados de forma normal pela indústria do ramo agrícola. Entretanto, podem ser estudados visando uma melhor adequabilidade ao mercado, enquanto outros requerem ainda um aprimoramento, pois são frutos de desenvolvimentos recentes. A seguir são apresentados os implementos estudados:

2.4.1 - ROLO FACAS

I Função: cortar e acamar a cobertura vegetal, mais especificamente as de crescimento ereto.

II Forma de tração: depende da dimensão do equipamento, podendo variar de um animal, até um trator.

III Descrição: é constituído por um cilindro, que pode ser metálico ou de madeira, onde são fixadas longitudinalmente lâminas para o corte da cobertura vegetal.

O equipamento pode ser composto por um ou mais cilindros, sendo o comprimento do cilindro escolhido conforme a necessidade. Este implemento também poderá receber um lastro de água no seu interior, e assim podendo adequar-se a diferentes características de solo.

IV Exemplos de Implementos: a Figura 2.1 A mostra um rolo-facas de grande porte que pode ser utilizado na picagem de materiais mais espessos, como é o caso de capoeiras, restos de árvores e raízes, que sobram por ocasião dos trabalhos de desmatamento. Após a

passagem do rolo-facas, o trabalho de incorporação dos restos vegetais com arados e ou grades aradoras, se torna facilitado e mais eficiente. A Figura 2.1-B mostra um implemento com rodas para facilitar o transporte.

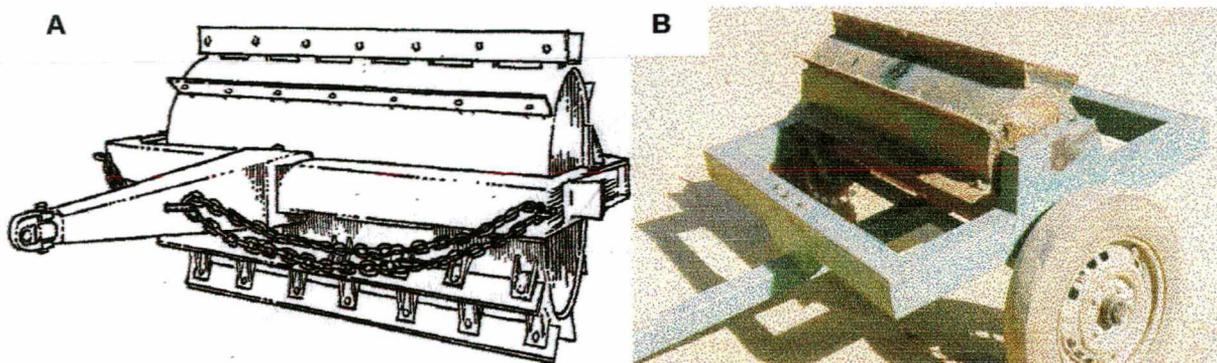


Figura 2.1: A) Rolo facas de grande porte. B) Rolo facas com rodas para transporte, WEISS (1998).

Outro exemplo de rolo facas é o implemento que foi desenvolvido por SANTOS (1997), mostrado na Figura 2.2.

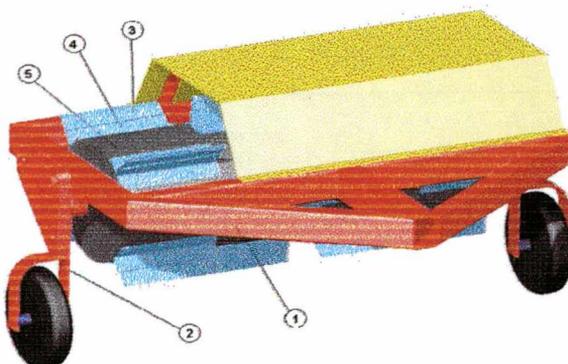


Figura 2.2: Rolo facas, desenvolvido com tecnologia de produtos modulares, SANTOS (1997). 1) módulo estrutural ; 2) módulos de transporte e manobras; 3, 4 e 6) módulo rolo facas, respectivamente, facas, flange e cilindro.

V Nível de desenvolvimento: dos implementos que foram pesquisados, o que apresenta o maior nível de desenvolvimento é o desenvolvido por SANTOS (1997). O implemento foi projetado levando em consideração as necessidades dos agricultores, baseando-se em pesquisa de campo e avaliação de desempenho. Neste trabalho, o propósito foi reduzir custos do implemento, melhorar seu desempenho e tornar sua fabricação mais adequada à realidade da indústria catarinense. Outra característica deste implemento, é o fato de terem sido utilizadas no seu reprojeto, modernas ferramentas e metodologias de projeto, que acabaram conferindo ao implemento aspectos de modularidade, o que permitiu que componentes deste implemento, pudessem ser compartilhados com outros, como é mostrado no próximo item.

2.4.2 - ROLO DISCOS

I Função: cortar e acamar a cobertura vegetal, mais especificamente, as de hábito de crescimento rasteiro;

II Forma de tração: semelhantemente ao implemento anterior, sua forma de tração pode variar desde um único animal, até um trator, sendo a variante importante, o tamanho do implemento;

III Descrição: é caracterizado por um conjunto de discos dispostos lado a lado, separados por espaçadores. O número de discos, pode variar, sendo função dos espaçadores ajustar e fixar os discos conforme a necessidade. Também de forma semelhante ao implemento anterior, o número de discos e suas dimensões, variam conforme a tração disponível e o tipo de terreno.

Para que o implemento tenha um melhor funcionamento é importante que a vegetação seja acamada frontalmente, pois este implemento é destinado a vegetais de hábito de crescimento prostrado, o que pode ser feito através de um cilindro de metal ou madeira, posicionado paralelamente ao eixo dos discos e naturalmente na sua frente.

IV Exemplos do implemento: a Figura 2.3 A mostra um rolo discos desenvolvido por pequenos produtores rurais, que fabricaram o implemento a partir da estrutura de uma seção de grade de discos, com a substituição dos discos côncavos por discos retos, em um suporte barra porta ferramentas do enleirador de tração animal.

Na Figura 2.3 B, é mostrado o implemento desenvolvido por SANTOS (1997) e que utiliza a mesma base de transporte do rolo facas já descrito.

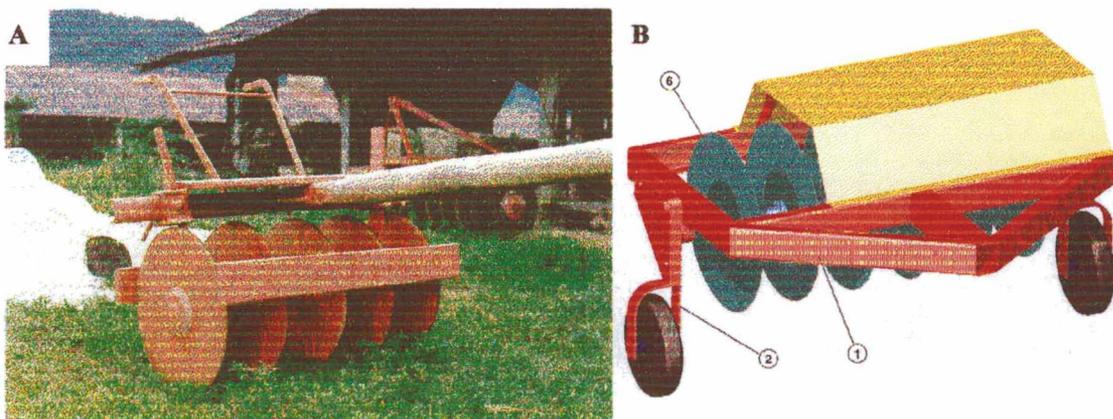


Figura 2.3: A) Rolo discos desenvolvido por pequenos agricultores na região de Canelinha SC. B) Rolo discos desenvolvido por SANTOS (1997). Detalhes da figura B: 1) módulo estrutural; 2) módulo de transporte e; 6) discos.

V Nível de Desenvolvimento: o equipamento desenvolvido por SANTOS (1997) permite que o produto seja fabricado com uma maior racionalização de custos. Por este motivo, pode-

se dizer que este exemplo é o que apresenta as maiores vantagens para os produtores em termos de adequação a sua realidade.

2.4.3 - ROLO DISCO COM ORIENTADOR/ACAMADOR

I Função: a função do rolo discos com orientador/acamador é a mesma dos outros dois rolos citados anteriormente, – manejo da cultura vegetal- porém, o dispositivo orientador acamador é um acessório que permite uma melhor adaptação do implemento as variantes características dos vegetais ao qual se propõe o manejo.

II Tipo de Tração: novamente, aqui, tem-se a possibilidade de uso de várias fontes de tração, desde um único animal, até um trator.

III Descrição: o equipamento é semelhante a um rolo discos normal, porém, acrescido de um dispositivo acamador que torna mais fácil o manejo das coberturas, posicionando estas para que possam ser cortadas de forma adequada. Na verdade, são dois os dispositivos que já foram testados e avaliados em trabalhos recentes por WEISS (1998) e SANTOS (1997), com objetivo de aprimorar o trabalho do rolo discos. O primeiro, tem o formato de uma canoa, triangular, fechado na parte inferior e com a parte frontal mais elevada, para facilitar o seu deslizamento sobre a vegetação, detalhe 9 da Figura 2.4 B. O segundo, é um rolo, disposto de forma paralela ao eixo dos discos, semelhante ao citado no rolo facas, detalhes 7 e 8 da Figura 2.4 A. O equipamento também é dotado de um dispositivo que permite seu transporte e auxilia nas manobras, como se pode ver no detalhe 2 das Figuras 2.4 A e B.

IV Exemplos: Implemento desenvolvido por SANTOS (1997), com dispositivos acamadores, Figuras 2.4 A e B.

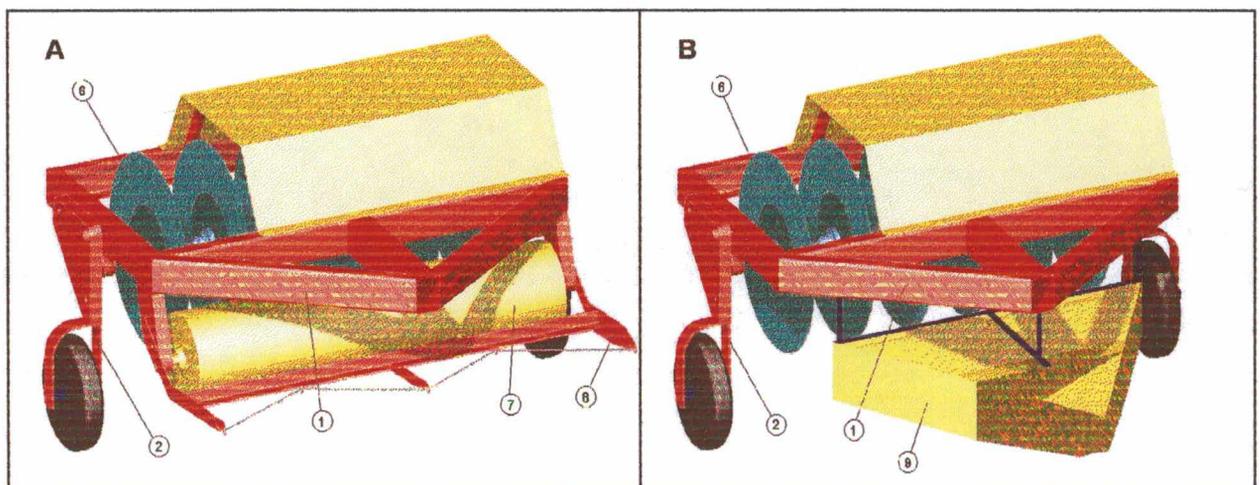


Figura 2.4 A) Rolo discos com acamador tipo rolo. B) Rolo discos com acamador tipo canoa, SANTOS (1997). Detalhes: 1) módulo estrutural; 2) módulo de transporte; 6) discos; 7) acamador tipo rolo; 8) direcionador da cobertura e; 9) acamador tipo canoa.

V Nível de desenvolvimento: possui nível de desenvolvimento semelhante aos dois implementos citados anteriormente, por terem sido desenvolvidos sob a mesma ótica, visando atender as necessidades dos clientes e utilizando as modernas abordagens de projeto. No entanto, os resultados dos testes de campo indicaram que estes implementos necessitam de um maior desenvolvimento.

2.4.4 - PICADOR DE COBERTURAS VEGETAIS

I Função: picar a cobertura vegetal, de forma uniforme e suficientemente pequena, para que possa, ser realizado o trabalho seguinte, que é o de preparo do solo e sementeira. Deve-se, no entanto, lembrar que, o picador de coberturas não foi desenvolvido com o objetivo de substituir os implementos rolo discos e rolo facas. Os dois implementos citados, com suas variantes, como os acamadores, são de aplicação em determinados tipos de vegetação, e o picador de coberturas é uma variante que tem aplicação específica onde estes não são adequados, como nas coberturas de grande quantidade de massa seca (milho e crotalaria, entre outras), ou ainda em terrenos arenosos ou com presença de cascalho e/ou pedras.

II Tipo de Tração é tipicamente um implemento que requer motorização, devido à potência elevada, necessitada para acionar seus órgãos ativos. Existem modelos, que podem ser acoplados a tratores de médio porte ou em alguns casos a micro tratores. No caso estudado aqui, o implemento foi desenvolvido para ser acoplado especificamente a um trator de rabiças.

III Descrição: o modelo mostrado foi desenvolvido por CASTALDO (1999), por ser o implemento que mais se aproxima das características requeridas pelos pequenos produtores rurais de Santa Catarina, em termos de custos e capacidade de trabalho. A descrição que se segue refere-se ao primeiro protótipo desenvolvido.

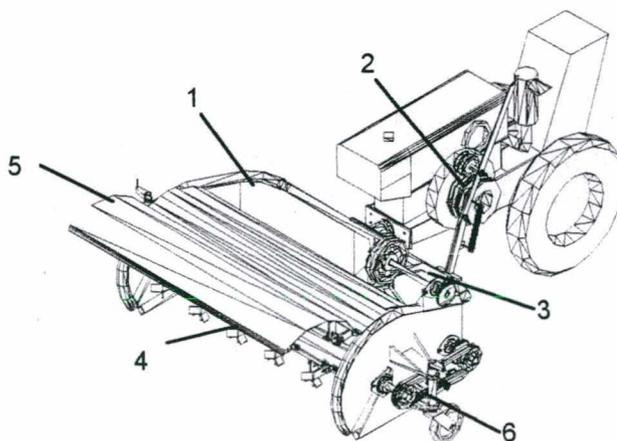


Figura 2.5: Picador de coberturas vegetais acoplado à fonte de tração, CASTALDO (1999). Detalhes: 1) Sistema estrutural; 2) Sistema de acionamento; 3) Sistema de transmissão de potência; 4) Sistema de picagem; 5) Sistema de proteção e 6) Sistema de suporte.

IV Exemplos: apesar de serem comercializados muitos implementos destinados a picagem da cobertura vegetal, o implemento mostrado na Figura 2.5 é até o momento o único fabricado para atender as necessidades dos pequenos produtores rurais.

V Nível de desenvolvimento: o nível de desenvolvimento do implemento acima citado, pode ser considerado muito bom, porém, por se tratar de um primeiro protótipo, o autor sugere algumas modificações que deverão ser observadas, como por exemplo: reposicionamento da corrente de transmissão e testes de novas geometrias dos elementos de corte.

2.4.5 – PULVERIZADORES - costal manual ou tratorizado

I Função: é utilizado para manejo da cobertura vegetal, através da aplicação de herbicidas, promovendo o dessecamento das mesmas.

II Tipo de Tração: o do tipo costal é colocado nas costas do aplicador que vai caminhando e aplicando o produto sobre a vegetação. Existem outros modelos que são acoplados a tratores, e ainda outros que são conduzidos por animais.

III Descrição: basicamente é constituído por um reservatório onde a mistura é armazenada, uma mangueira de ligação com o bico aplicador, e o bico aplicador propriamente dito, e um mecanismo que gera um aumento de pressão. O acionamento é feito pelo operador manualmente ou por meio de uma tomada de potência no caso de implementos de maior porte, e ainda como no caso do exemplo mostrado na Figura 2.6, o acionamento é feito por alavancas no sistema biela-manivela, ligado a roda do implemento.

IV Exemplos: o exemplo da Figura 2.6, mostra uma adaptação feita a partir dos pulverizadores costais, montados sobre uma estrutura metálica, onde o número de bicos é aumentado e o perigo de contaminação diminuído, pelo afastamento do operador da região de aplicação, sem falar na diminuição do trabalho humano, que antes carregava nas costas todo o equipamento.



Figura 2.6: Pulverizador costal adaptado, SANTOS (1997).

V Nível de desenvolvimento: principalmente o tipo costal manual é muito utilizado; pode-se dizer que é encontrado em quase todas as pequenas propriedades rurais do estado, seu custo é relativamente baixo, e é produzido por várias empresas nacionais e estrangeiras. É importante ressaltar, que este equipamento oferece muito risco ao operador pelo fato de que a aplicação é feita muito próxima ao seu corpo, e ainda, que o seu rendimento é baixo, por possuir apenas um bico aplicador, no caso do tipo costal.

2.4.6 – Semeadoras / Adubadoras

Devido as semelhanças encontradas entre as semeadoras/adubadoras, estas serão apresentadas em um único item. Na seqüência, serão descritos aspectos comuns entre estes implementos, e posteriormente, serão mostradas uma a uma as particularidades de cada implemento.

I Função: as semeadoras/adubadoras para plantio direto apresentam características especiais nos mecanismos de contato com o solo. Estes mecanismos devem cortar a cobertura morta sem embuchamentos, movimentar o solo apenas o suficiente para dar condições de colocação da semente e do adubo no solo e efetuar a cobertura e a compactação da semente, com o mínimo de revolvimento da cobertura morta.

II Tipo de Tração: nestes equipamentos, novamente, tem-se uma variação quanto ao tipo de tração. Existem implementos específicos para o trator de rabiças, como é o caso da semeadora pelo sistema de covas, e outras que podem ser tracionadas por animais.

2.4.6.1 - SEMEADORA/ADUBADORA LINHA CONTÍNUA - sulcadores tipo cinzel para o adubo e disco para a semente

Descrição: As características principais deste implemento, mostrado na Figura 2.7 são as seguintes: o disco de corte frontal possui garras dispostas em seu redor, que evitam o deslizamento e limitam a profundidade de penetração no solo, sendo também acionador dos dosadores do adubo e das sementes; possui haste sulcadora do tipo cinzel, logo atrás do disco de corte frontal e à frente do tubo de condutor do fertilizante; o sulco para a deposição das sementes é aberto por um disco duplo, entre os quais passa o condutor das sementes; a roda compactadora também é do tipo dupla inclinada com alívio central; o ponto de engate possui regulagens que possibilitam controlar a intensidade da força vertical sobre o disco de corte; o peso total da máquina é 75 kg. Este implemento foi desenvolvido por, CASÃO JR. & YAMAOTA (1990), junto a Área de Engenharia Agrícola do IAPAR, para tração animal e que hoje é conhecido no mercado como Gralha Azul.

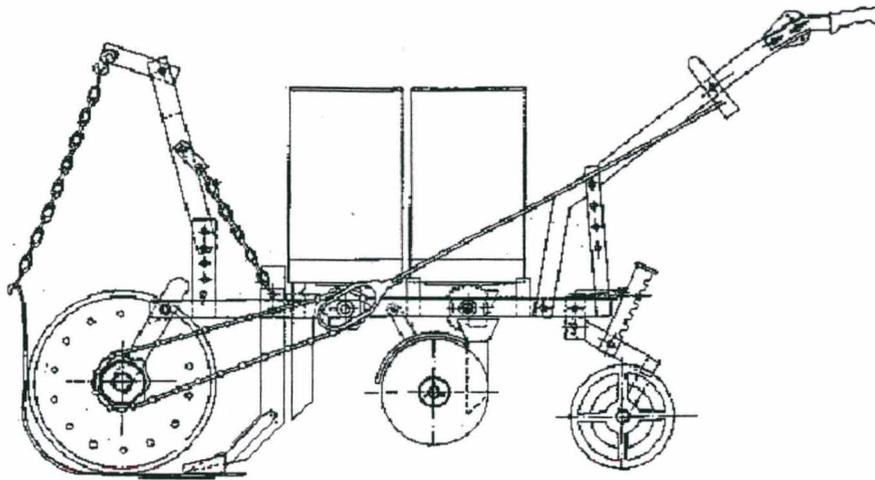


Figura 2.7: Semeadora / adubadora de plantio direto "Gralha Azul", CASÃO JR. e YAMAOTA (1990).

Nível de desenvolvimento: Segundo RIBEIRO et al. (1993), o bom desempenho da semeadora gralha azul / IAPAR está condicionado aos seguintes aspectos: a palhada deve estar seca, para possibilitar o corte eficiente; a superfície do solo deve apresentar resistência suficiente para dar suporte ao disco de corte. Em solos leves (arenosos), a palha não é cortada e sim empurrada no solo, provocando embuchamento nos mecanismos sulcadores.

2.4.6.2 - SEMEADORA/ADUBADORA LINHA CONTÍNUA - sulcadores tipo cinzel

O implemento que será mostrado na Figura 2.8 foi testado, avaliado e modificado por WEISS (1998), buscando uma melhor adaptação deste implemento ao sistema de plantio direto. Em seu trabalho, o autor comenta as modificações que foram realizadas e também os testes que foram realizados após as modificações.

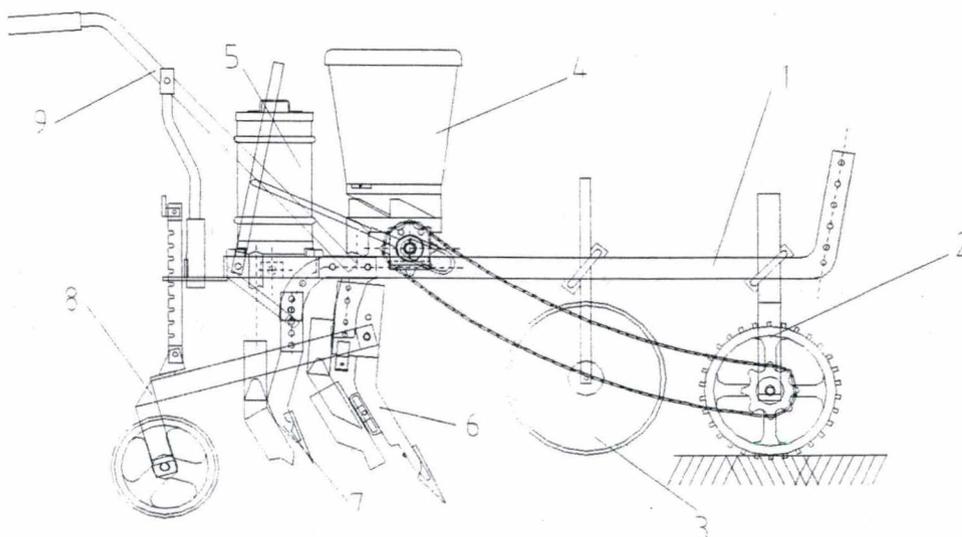


Figura 2.8 - Vista lateral da semeadora / adubadora do tipo linha contínua, WEISS (1998). Detalhes: 1) chassis; 2) roda motriz; 3) disco de corte; 4) reservatório de adubo; 5) reservatório de sementes; 6) cinzel para adubo; 7) cinzel para semente; 8) conjunto da roda compactadora e; 9) rabiças para condução.

2.4.6.3 - SEMEADORA/ADUBADORA SISTEMA DE COVAS

Dos trabalhos realizados por BERTAPELLI (1995), foi obtido um primeiro protótipo de uma semeadora adubadora pelo sistema de covas. Os resultados obtidos no desenvolvimento deste primeiro protótipo, principalmente, em relação ao bom desempenho apresentado pelo sistema covador, o qual, produziu covas adequadas para a deposição do adubo e sementes, com bom corte da vegetação de cobertura, incentivaram a construção de um segundo protótipo.

A construção deste segundo protótipo da semeadora adubadora pelo sistema de covas, foi realizada por LUCIANO (1998), que buscou corrigir algumas deficiências detectadas no primeiro protótipo, como: adequar dispositivo ao sistema covador para limitar a profundidade de abertura das covas, no caso de trabalho em solos friáveis; adequar o sistema dosador de sementes de modo que haja sincronismo da queda das sementes com a abertura das covas, buscando o máximo de acerto na deposição das sementes nas covas e adequar sistema de acoplamento para que a semeadora seja tracionada por trator de rabiças. Este segundo protótipo foi testado por WEISS (1998), que observou um avanço significativo em relação ao primeiro. Porém, destacaram-se ainda alguns pontos deficitários no desenvolvimento, como: o sistema dosador de fertilizante, o sistema dosador de sementes e o sistema cobridor, caracterizando a necessidade da continuidade do desenvolvimento deste implemento.

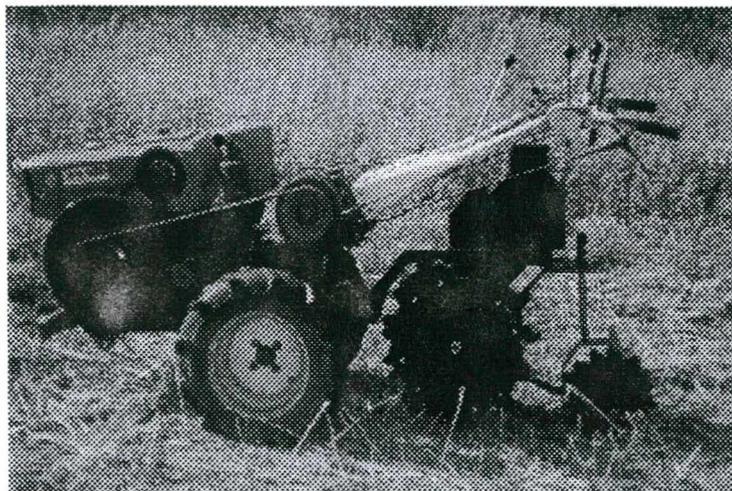


Figura 2.9: Protótipo da semeadora / adubadora pelo sistema de covas acoplado à fonte de tração. LUCIANO (1998)

2.4.7 - ESCARIFICADOR COM DISCO DE CORTE

I Função: Este implemento é utilizado pelos agricultores, para eliminar camadas compactadas pela escarificação do solo, e, também, para o preparo localizado do solo, visando o plantio de culturas por mudas, tais como: cebola, fumo e hortaliças em geral.

II Tipo de Tração: é tipicamente de tração animal.

III Descrição: é basicamente composto por um chassis que comporta os demais componentes, como a roda dianteira e o disco de corte. Na parte traseira, são fixadas as hastes para a condução e a pá escarificadora. É um implemento robusto e de baixo custo de fabricação, principalmente pelo reduzido número de componentes e por ser fabricado de forma rústica.

IV Exemplo: a Figura 2.10 mostra um implemento destinado a atividade de escarificação do solo.



Figura 2.10: Escarificador com disco de corte. WEISS (1998)

V Nível de desenvolvimento: Este equipamento é fabricado de forma artesanal.

2.4.8 – SULCADOR COM DISCO DE CORTE

I Função: Este implemento é muito semelhante ao apresentado no item 2.4.7, sendo utilizado pelos agricultores, para o preparo localizado do solo para o plantio de culturas por mudas, tais como: cebola, fumo e hortaliças em geral.

II Tipo de Tração: de modo semelhante ao escarificador, este implemento é destinado a tração animal,

III Descrição: assim como o escarificador, já citado, é basicamente composto por um chassis que comporta os demais componentes, como a roda dianteira e o disco de corte. Na parte traseira, são fixadas as hastes para a condução e ao invés de uma pá escarificadora, possui um cinzel mais leve e que requer menos esforço da tração. Seu custo e fabricação também são muito semelhantes ao escarificador com disco de corte

IV Exemplo: a Figura 2.11 mostra as semelhanças em relação ao escarificador com disco de corte, mostrado na Figura 2.10.

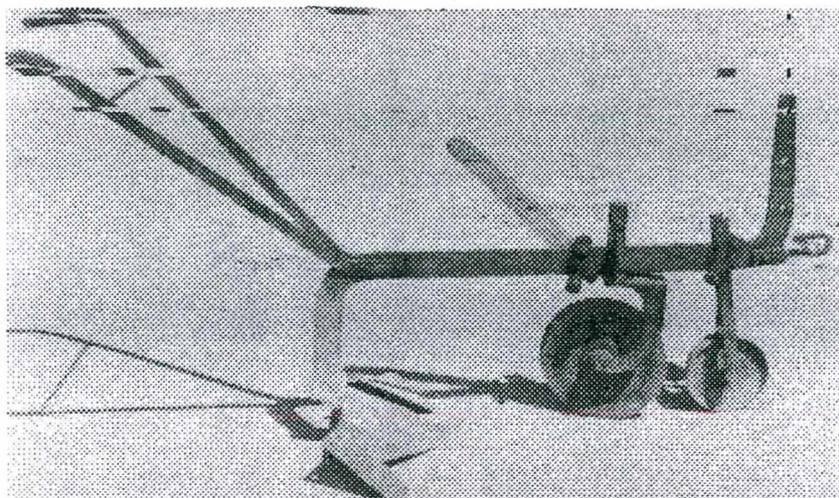


Figura 2.11: Sulcador com disco de corte, WEISS (1998).

2.5 - FONTES DE POTÊNCIA

O estudo das fontes de tração é uma importante etapa no levantamento do estado da arte da mecanização agrícola das pequenas propriedades rurais, pelo fato de que na maioria dos implementos, ela é requisitada. Cada implemento foi projetado em função da forma de tração, o que também, na maioria das vezes, impede a intercambiabilidade entre os implementos e a forma de tração escolhida. Existem muitas formas de tração que são comuns na mesma propriedade, porém isto não é uma regra, o que dificulta a tarefa de definir o implemento em função da mesma.

Para exemplificar a variação das fontes de tração encontradas normalmente em pequenas propriedades, é mostrado a seguir, um levantamento recente, realizado por WEISS (1998), através de pesquisa. Este levantamento, dá uma maior clareza quanto a este aspecto de distribuição das fontes de tração, bem como sobre algumas características das mesmas. A pesquisa foi realizada na região da bacia hidrográfica Tijucas/da Madre

As principais fontes de potência utilizadas pelos agricultores são: tratores de rabiças, como fonte mecânica de potência, e bovinos e eqüinos, como fonte de tração animal. A Tabela 2.2 mostra que a fonte de tração animal, que é composta de bovinos e eqüinos e está presente em 72 % das propriedades analisadas.

Tabela 2.2: Fonte de potência animal encontrada nas propriedades levantadas. WEISS (1996).

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

A Figura 2.12 ilustra com mais detalhes a distribuição das fontes de potência de forma combinada verificada nas propriedades.

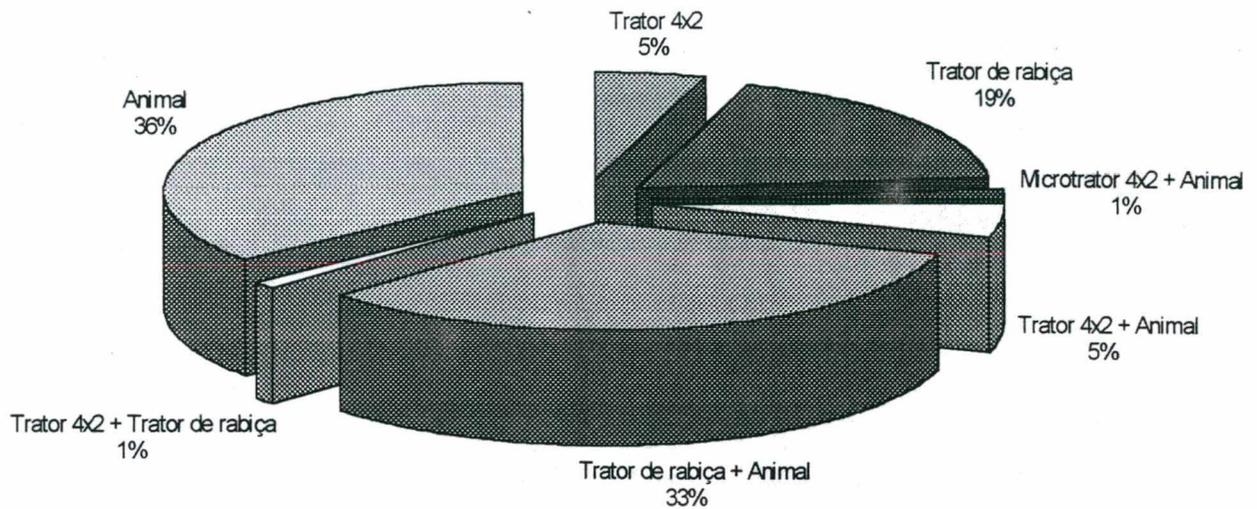


Figura 2.12: Distribuição gráfica das fontes de potência levantadas na região diagnosticada. WEISS (1998).

Um último aspecto em relação às fontes de tração, em particular o trator de rabiças deve ser ressaltado. Com relação à adequabilidade dos tratores de rabiças e as condições em que são usados, BACK et al. (1982), evidenciaram alguns aspectos negativos, que estes equipamentos apresentam, tais como: custo inicial elevado e curta vida útil; precariedade de assistência técnica dada pelos fabricantes, com problemas de reposição de peças e de manutenção, tanto preventiva como corretiva; problemas de segurança na operação, principalmente com relação à ergonomia e estabilidade, e questionável desempenho e eficiência operacional nas tarefas a eles atribuídos.

2.6 – CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO REALIZADA

O objetivo deste capítulo, foi levantar dados de forma organizada sobre o estado da arte da mecanização agrícola nas pequenas propriedades rurais. Seguindo este objetivo, foram encontrados diversas realidades, tanto em nível de desenvolvimento, como em fabricação, o que mostra que o trabalho de desenvolvimento destes equipamentos se encontra em um estágio inicial, em se tratando de uma abordagem geral dos equipamentos.

O material que foi encontrado é muito amplo em alguns casos, e escasso em outros, disparidade esta fruto justamente da natureza diferenciada dos equipamentos. Um exemplo claro, esta relacionado com os sulcadores e os escarificadores que ainda são fabricados de forma artesanal. Em contra partida, tem-se equipamentos como o rolo facas e o rolo discos, que foram recentemente estudados e reprojatados, com base em modernas ferramentas de

projeto e de apoio à decisão como o QFD. Sobre estes últimos equipamentos, há boa literatura, relatos de testes recentes e trabalhos publicados, o que facilita muito o trabalho de pesquisa. Outro fator importante observado sobre o rolo discos e rolo facas, são as características de modularização adquiridas por estes após o reprojeto, apontando para um possível caminho a ser seguido, rumo a obtenção dos objetivos do trabalho.

Durante o estudo destes implementos, percebeu-se, também, que alguns deles, como o escarificador, o sulcador e as semeadoras em linha, apresentam muitos componentes em comum, como cinzéis, disco de corte, rabiças e outros mais, novamente despertando a atenção para os aspectos de uma possível modularização.

Quanto às fontes de tração, ficou claro que devem ser respeitadas as características locais, ou seja, os implementos a serem estudados, deverão apresentar compatibilidade com tração animal, visto que a mesma está presente na maioria das pequenas propriedades.

Por fim, pode-se de dizer que o material coletado, neste capítulo, será de grande valia para apoiar o desenvolvimento do sistema modular proposto.

METODOLOGIAS DE PROJETO DE SISTEMAS MODULARES

3.1 – INTRODUÇÃO

No decorrer dos últimos anos, as indústrias em geral têm mostrado uma preocupação constante em melhorar seu desempenho em vários aspectos. Esta preocupação tem uma ligação direta com a competitividade e no atendimento aos consumidores contemplando qualidade e preço compatível.

Embora não sejam ainda tão conhecidas nos ambientes industriais, as metodologias de projeto de sistemas modulares, vêm aos poucos comprovando que podem fornecer aos fabricantes, a maneira e os meios que permitirão a obtenção de produtos mais baratos, eficazes e, principalmente, mais adequados aos desejos e às necessidades dos consumidores.

Dentre as vantagens citadas pela literatura, como resultantes da utilização de metodologias de projeto de sistemas modulares, algumas em particular foram determinantes, para a adoção de tal técnica de trabalho neste projeto. Estas vantagens são entre outras, a possibilidade de mudança na variante da função global de maneira mais rápida e fácil, com simples acréscimo ou decréscimo de módulos; uma melhor e mais fácil manutenção, e serviços de reposição de peças em geral; um desempenho melhorado, devido aos projetos mais elaborados, e finalmente; custos mais baixos devido a economia de escala.

Trabalhos recentemente desenvolvidos, como o de SANTOS (1997), mostram para a indústria de implementos agrícolas que as metodologias de projeto de sistemas modulares, podem significar também uma vantagem, como já fora comprovado pelas indústrias automotivas, na qual, os modelos produzidos sobre plataformas universais e com enorme compartilhamento de componentes, tais como motores: painéis, caixas de câmbio, portas entre outros, reduziram custos, tempos de fabricação e “set up” por exemplo.

Seguindo esta visão, para o desenvolvimento deste projeto, é adotada uma metodologia de projeto de sistema modulares, que está sendo desenvolvida no NeDIP, e portando no mesmo ambiente deste projeto. A escolha desta metodologia iniciou com um estudo sobre as metodologias de projeto existentes.

Entre os trabalhos estudados e que reportam este tema, pode-se citar: As metodologias de projeto de produtos de PAHL & BEITZ (1996); ERIXON et al.(1996) e GU et al. (1997). Deve-se citar ainda a norma alemã VDI 2221 e o trabalho de HUANG & KUSIAK (1998).

É importante enfatizar que a aplicação de uma metodologia de projeto de sistemas modulares, ainda em desenvolvimento, representa uma oportunidade de contribuir para a divulgação desta técnica de desenvolvimento de produtos, entre os meios científicos, e,

principalmente, entre os fabricantes, pois, deste trabalho espera-se obter resultados que possam contribuir na melhoria da condição de mecanização das pequenas propriedades rurais do estado de Santa Catarina. Outro fator considerado para a escolha desta metodologia, em específico, é a oportunidade de auxiliar no desenvolvimento da mesma, através da troca de informações entre as duas equipes de trabalho.

3.2 – METODOLOGIA DE PROJETO DE SISTEMAS MODULARES – SISMOD

O desenvolvimento da metodologia de projeto que é aqui apresentada foi feito no intuito de orientar as equipes de projeto, para que estas pudessem sair do campo das idéias e chegar no campo material, coletando e transformando informações que culminarão, em prescrições de engenharia. Esta metodologia está sendo desenvolvida no NeDIP, tendo sido apresentada por MARIBONDO (1999).

A Figura 3.1 mostra na forma de um fluxo, as principais fases, entradas e saídas do processo de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares. A totalidade dos fluxos, índices de ferramentas e demais detalhes sobre a metodologia são mostrados no Anexo A.

O desenvolvimento do processo de projeto, realiza-se através de uma série de estágios principais, que são denominados fases. Estas fases, são em um número de 4, sendo que cada uma delas é dividida em etapas. Cada etapa por sua vez subdividi-se em tarefas, caracterizando assim um bom nível de detalhamento das atividades do processo de projeto.

Na seqüência é feita uma breve descrição sobre as quatro fases principais na qual se divide a metodologia, e também sobre o início do projeto, onde são colocadas algumas recomendações consideradas de fundamental importância para o sucesso de sua aplicação.

3.2.1 – INÍCIO DO PROJETO

Esta é certamente uma das atividades mais importantes durante a atividade de projeto. Iniciar bem um trabalho, não significa que este será um sucesso, mas se for iniciado mal, há poucas chances deste acabar bem. Em outras palavras, esta é uma máxima dentro atividade de projeto, ou seja, um problema bem definido, é um problema praticamente resolvido.

A metodologia coloca que, “a primeira das atividades de projeto a ser desenvolvida, corresponde ao estabelecimento do objetivo geral e das respectivas metas de projeto para o problema em estudo” e diz ainda que, tais informações devem ser obtidas a partir das entrevistas preliminares junto ao mercado, à indústria ou ao contratante do projeto.

Este é o momento em que devem ser levantadas informações iniciais sobre o desenvolvimento do projeto. Estas informações possuem uma importância fundamental para o projeto, pois as mesmas poderão definir os marcos finais do problema de projeto e

consequentemente, do produto que poderá vir a ser manufaturado e comercializado posteriormente.

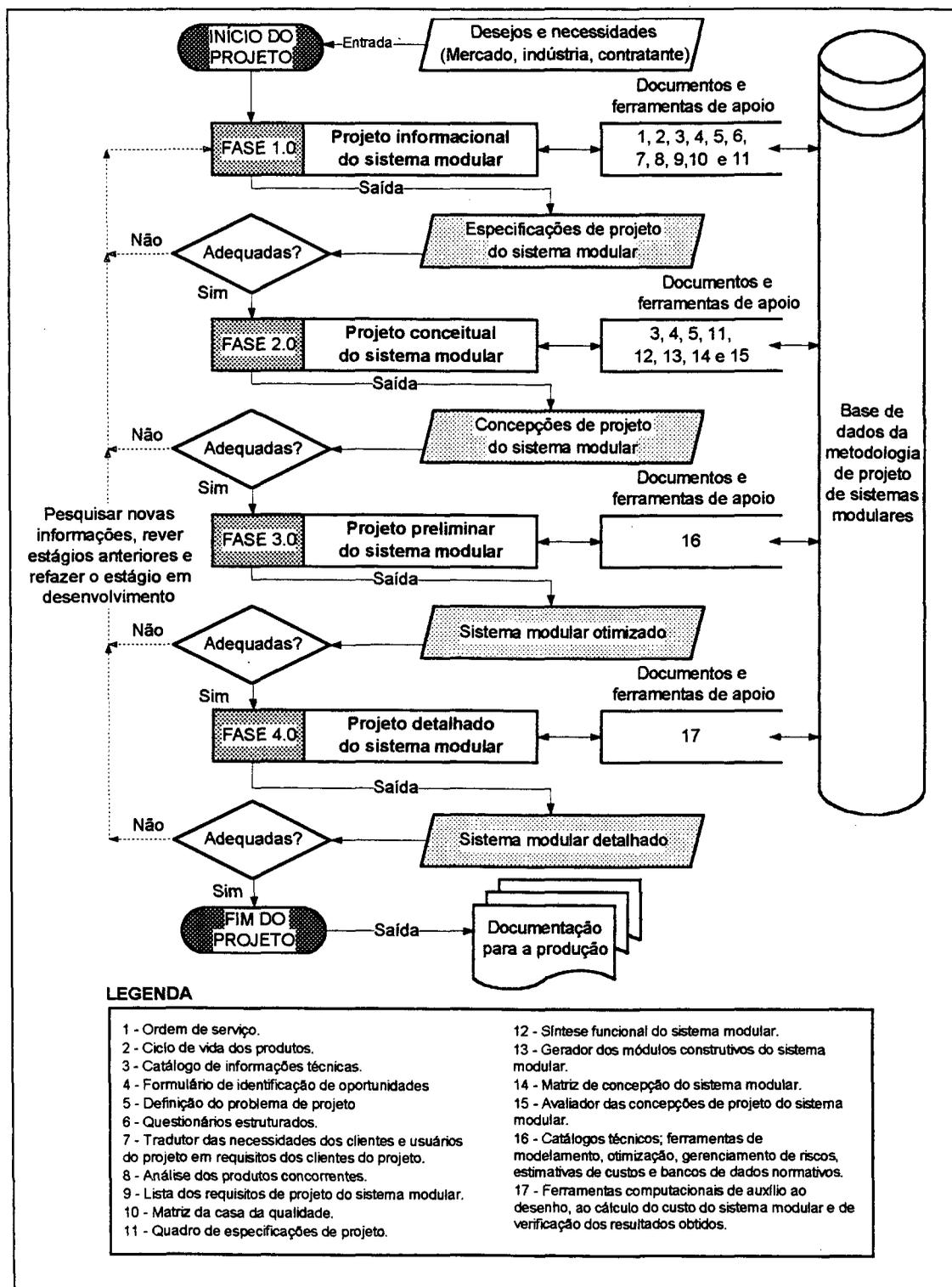


Figura 3.1: Fluxo principal da metodologia de projeto de sistemas modulares – SISMOD. Maribondo (1999).

Estas informações iniciais são obtidas geralmente sob a forma de entrevistas, após as quais define-se, também, de forma preliminar, o problema de projeto. Destas entrevistas, deve

resultar um texto contendo de forma breve o objetivo e as metas do projeto a serem atingidas. Esse texto representará a missão do projeto. Porém, é natural, que durante o desenvolvimento do projeto, com o surgimento de novas informações que possam esclarecer melhor e/ou trazer novos dados referentes ao tema, a missão inicial possa sofrer revisões.

Tendo em mãos estas informações iniciais, pode-se passar, então, à primeira fase do projeto, na qual será definido o problema de projeto.

3.2.2 – FASE 1.0: PROJETO INFORMACIONAL DO SISTEMA MODULAR

Nesta fase inicial, colocam-se dois aspectos de destacada importância, a saber: 1) Definição do problema de projeto e 2) Estabelecimento das especificações de projeto para o desenvolvimento do sistema modular. A metodologia oferece, para tanto, além de ferramentas, um roteiro de auxílio à tomada de decisão.

A primeira de uma série de atividades indicadas para atender o primeiro aspecto citado, é composta por entrevistas preliminares com os contratantes do projeto, seja, indústria, mercado ou pessoa física, que deve culminar com uma escolha sobre o tipo de projeto que será desenvolvido, ou seja, vai ser desenvolvido um projeto de um novo sistema modular, ou uma modularização de um grupo de sistemas existentes.

Estabelecer e hierarquizar os requisitos de projeto é a forma indicada para se obter o segundo aspecto citado, referente ao estabelecimento das especificações de projeto.

A metodologia de projeto ressalta, que embora já tenham sido definidas as metas preliminares e os objetivos gerais, sempre que for necessário, estas devem ser rediscutidas, para que dúvidas sejam tiradas e diferenças sejam esclarecidas.

3.2.3 – FASE 2.0: PROJETO CONCEITUAL DO SISTEMA MODULAR

Nesta fase, o objetivo é auxiliar a equipe a apresentar as concepções de projeto para o tipo de projeto definido.

No decorrer do desenvolvimento, dependendo do tipo de projeto que será desenvolvido, o caminho a ser tomado será diferente, ou seja, existem dois roteiros distintos para esta fase, um para o desenvolvimento de um novo sistema modular, e outro para a modularização de um grupo de sistemas existentes. Caso a opção seja pelo desenvolvimento de um novo sistema modular, busca-se com o roteiro orientar a equipe de projeto para que esta possa sair do campo abstrato, em direção ao campo do concreto. No segundo caso, o da modularização de sistemas existentes, o roteiro busca retirar a equipe de projeto do campo do concreto e levar em direção ao abstrato, para novamente retornar para o campo do concreto. De modo genérico, a intenção é, em um primeiro momento, abstrair-se das formas físicas, para que se

possa usar da criatividade, a fim de gerar uma grande variedade de concepções de projeto para o problema em estudo. Estas opções devem ser suficientes para satisfazer as exigências dos clientes e usuários do projeto e, ao mesmo tempo, segundo a metodologia, diferenciar-se dos projetos já existentes. De maneira geral, deve-se conhecer e compreender muito bem os desejos e as necessidades dos clientes e usuários, para que se tenha um bom desenvolvimento do projeto, assim como também é importante conhecer os concorrentes.

Para terminar esta fase, novamente faz-se uma avaliação. Se atendidas as especificações, segue-se para a próxima fase, caso contrário, retorna-se ao início da mesma e repete-se com mais informações as tarefas relativas.

3.2.4 – FASE 3.0: PROJETO PRELIMINAR DO SISTEMA MODULAR

A exemplo das outras fases, esta também é constituída de um roteiro. O objetivo deste, é auxiliar no refinamento das concepções de projeto apresentadas na fase anterior.

Inicialmente, segundo os autores as concepções devem ser analisadas segundo critérios técnicos e econômicos. Assim, tem-se em mãos uma concepção otimizada para o desenvolvimento do sistema modular.

Nesta fase, principalmente, é ressaltada a importância do trabalho em grupo. Devido à enorme quantidade de informações de diversas áreas de conhecimento, fica quase impossível para uma única pessoa deter todos os conhecimentos necessários para as tomadas de decisão que são realizadas. É, também, nesta fase do projeto que são desenvolvidos leiautes em escalas apropriadas, cálculos preliminares, escolhas de materiais, processos de fabricação e listas de peças, e ainda, análises de formas geométricas, de interfaces de módulos, números possíveis de combinações, de produtos finais gerados entre outros.

Além destas análises e estudos citados, é preciso realizar outros referentes a aspectos ligados as fases do ciclo de vida da cada produto do sistema modular, tais como: uso, reuso, descarte, reciclagem e disposição final.

A próxima fase deverá detalhar de forma final o sistema modular, e, para isto, a saída desta fase deverá ser, uma concepção otimizada e que atenda a todas as especificações de projeto levantadas inicialmente. Caso não sejam atendidas estas especificações ou não se tenha uma boa otimização, deve retornar ao início da fase e refazê-la.

3.2.5 – FASE 4.0: PROJETO DETALHADO DO SISTEMA MODULAR

Nesta fase devem ser obtidas como saídas, descrições de engenharia para construir os módulos e suas interfaces.

É nesta fase que são completadas as listas de materiais, definidos os procedimentos de montagem dos módulos, determinadas as padronizações dos componentes, e também revisadas as etapas anteriores e calculados os custos da fabricação. Se após estas verificações, o projeto atender as especificações iniciais, então este deve ser encaminhado para a produção de forma documentada e adequada, para que se realize os devidos testes e construção de protótipos se for o caso. Caso o sistema não atenda as especificações, deve-se, retornar ao início da fase e pesquisar por novas soluções que as atendam.

3.3 – CONSIDERAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA PROPOSTA

Em uma primeira análise, a proposição apresentada não difere em muito das metodologias de PAHL & BEITZ (1996) e PIZZATTO (1998) principalmente, no tocante a estrutura, número de fases principais e até mesmo no modo de apresentação. Porém, numa análise mais detalhada, é possível verificar que a metodologia dispõe aos usuários um nível de detalhamento mais profundo e uniforme, ou seja, em todas as fases principais, tem-se uma divisão em etapas e dentro das etapas tem-se tarefas. Esta padronização pode ser muito importante se for considerado o fato, de que no Brasil as metodologias são raramente utilizadas, fator este que toma maior a necessidade de dispor aos engenheiros e equipes de projeto, uma metodologia com o maior detalhamento possível.

Finalizando, é importante ressaltar, que o fato da metodologia estar sendo desenvolvida no mesmo ambiente, onde este trabalho será executado, contribuiu muito no sentido de permitir uma troca direta de informações, sanando as dúvidas surgidas no decorrer do desenvolvimento e dando maior segurança a equipe de projeto.

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE PROJETO DE SISTEMAS MODULARES

4.1 – INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta a aplicação da metodologia de projeto de sistemas modulares – SISMOD – apresentada no capítulo anterior.

O trabalho de aplicação inicia com a documentação de uma série de informações sobre os tipos de solos, aos quais os implementos se destinam, sobre as operações realizadas por estes implementos, e com um paralelo entre estas operações e os implementos a elas destinados. Na seqüência, é realizada uma definição inicial do problema de projeto, onde é delimitado o número de implementos a serem estudados e traçados de forma preliminar, os objetivos a serem atendidos pelo reprojeto.

Dando seqüência à aplicação da metodologia, é realizada a etapa denominada de Projeto Informacional do Sistema Modular. Neste momento, são identificados os desejos e necessidades dos futuros clientes e usuários do sistema modular, através de uma análise do ciclo de vida característico destes implementos. Com base nas informações obtidas, são estabelecidos os requisitos dos clientes e usuários do sistema modular e também analisados os sistemas modulares existentes. Para finalizar, são estabelecidos os requisitos de projeto para o sistema modular, que passam por um processo de hierarquização através da aplicação da ferramenta de projeto denominada Quality Function Deployment - QFD. Após estas atividades, tem-se em mãos as especificações de projeto do sistema modular, e é iniciada a segunda fase do projeto.

O Projeto Conceitual inicia com a identificação das estruturas funcionais dos implementos alvo do reprojeto. São identificadas as Funções Parciais e Funções Elementares de cada implemento, que após analisadas, são catalogadas e agrupadas, tendo como base para isso as suas similaridades. Neste ponto, são estabelecidas as estruturas funcionais modificadas, e a partir destas são obtidos os módulos que compõem o sistema modular. Na seqüência, são aplicadas várias ferramentas, que ajudam a definir os princípios de solução empregados para a construção do sistema modular.

Ao final desta atividade, tem-se em mãos os módulos construtivos do sistema modular, e é iniciado o desenvolvimento da terceira fase do projeto denominada Projeto Preliminar do Sistema Modular.

Na fase de Projeto Preliminar, as atividades são concentradas no refino das informações obtidas na fase de projeto conceitual. São feitas definições preliminares de materiais, geometrias e dimensões. A primeira atividade desta fase é a definição preliminar das geometrias dos módulos construtivos. Na seqüência, é construído um modelo icônico do chassis do implemento

e, finalmente, após uma simulação da montagem dos módulos construtivos, através de desenhos tridimensionais, é construído um protótipo. Para a construção do protótipo, foi escolhida a Variante 1 do Sistema Modular, cuja função é semear/adubar em linha.

Findada a construção do protótipo, este é submetido a testes de campo, que são relatados no Capítulo V deste trabalho.

4.2 – INÍCIO DO PROJETO

Segundo MARIBONDO (1999), o início de um projeto, de engenharia é realizado a partir da existência de desejos e de necessidades reais ou latentes, oriundos do mercado, da indústria ou de um contratante.

WEISS (1998) realizou uma extensa pesquisa sobre *Mecanização Agrícola nos Sistemas Conservacionistas em Pequenas Propriedades*. Esta pesquisa mostrou com clareza a necessidade de disponibilização de implementos para a pequena propriedade rural, e mais, o autor também indica quais são os implementos que devem ser disponibilizados e fornece parâmetros de desempenho para os mesmos. Na mesma pesquisa são relatados os entraves argumentados pelos produtores, pela não adoção mais ampla dos sistemas conservacionistas. Estes entraves, segundo os produtores, são: a situação de descapitalização em que se encontra a pequena propriedade; a falta de equipamentos agrícolas perfeitamente adequados, aliada à não utilização do sistema conservacionista nas culturas do fumo e hortaliças. Foi observado, ainda, que, pela avaliação do desempenho operacional dos implementos em uso, realizada pelos produtores, concluiu-se que o melhoramento e adequação do uso destes implementos é possível, viável e necessário, para que os sistemas conservacionistas se consolidem na pequena empresa agrícola.

Diante destas informações, que indicam uma lacuna de mercado, além de uma necessidade dos pequenos produtores rurais do estado de Santa Catarina, é definido como objetivo principal deste projeto, uma adequação do conjunto de implementos indicados para suprir as necessidades dos pequenos produtores, através da aplicação de uma metodologia de projeto para produtos modulares.

Estes implementos são:

- ⇒ Rolo facas;
- ⇒ Rolo discos;
- ⇒ Rolo discos com orientador acamador;
- ⇒ Picador de coberturas vegetais;
- ⇒ Pulverizadores;
- ⇒ Semeadora/adubadora linha contínua (sulcadores tipo cinzel para o adubo e duplo disco para a semente);

- ⇒ Semeadora/adubadora linha contínua (sulcadores tipo cinzei para adubo e semente);
- ⇒ Escarificador com disco de corte, e;
- ⇒ Sulcador com disco de corte.

Com base nos estudos já realizados no Capítulo II, várias observações iniciais podem ser citadas, de modo a iniciar o desenvolvimento do projeto. Uma delas, diz respeito aos solos aos quais estes implementos são destinados. Estes solos têm diferentes características e recebem diversas culturas como cobertura de proteção. Em outro ponto, são feitas observações em relação aos tipos de operação que são realizadas no cultivo do solo. São mostradas, na seqüência, algumas considerações iniciais sobre as observações feitas acima.

4.2.1 – INFORMAÇÕES INICIAIS SOBRE OS TIPOS DE SOLOS

São três os tipos de solo que foram considerados por WEISS (1998), que os denominou cenários 1, 2 e 3. Esta caracterização em cenários, ainda segundo WEISS (1998), é suficiente em termos de utilização dos implementos agrícolas. Esta colocação é feita com base no fato de que estes três cenários representam as variações básicas e fundamentais que podem afetar o desempenho operacional dos implementos. Em outras palavras, atendidas as necessidades de mecanização destes três cenários, os resultados podem ser generalizados para todo o estado de Santa Catarina. Segue agora a descrição de WEISS (1998) para estes solos:

- **Cenário ①.** Solos com composição física arenosa tipo arenitos e mais especificamente as areias quartzosas do litoral do Estado de Santa Catarina. As areias quartzosas representam uma área significativa para culturas anuais e possuem extensão aproximada de 2.200 km² no estado de Santa Catarina.
- **Cenário ②.** Solos com composição física, areno-argilosa (podzóicos vermelho amarelo), com pedregosidade do tipo cascalhenta. Esta situação é encontrada com bastante intensidade principalmente nas regiões próximas à Serra do Mar. Neste cenário não estão incluídos solos, como por exemplo, cambissolos, litólicos eutróficos e terras rocha estruturada, fase extremamente pedregosa, que são solos que apresentam impossibilidade a qualquer tipo de mecanização. A extensão aproximada destas áreas no estado de Santa Catarina é de 8.500 km².
- **Cenário ③** Solos com composição física argilosa e muito argilosa (cambissolos, latossolos, gleis, aluviais, podzóicos vermelho escuro e outros) sem a presença de pedras na superfície. Esta situação é encontrada nas regiões norte, vale e alto vale do Itajaí, planalto, meio oeste e oeste e também na região da grande Florianópolis. A extensão aproximada destas áreas no estado de Santa Catarina é de 9.500 km².

4.2.2 – INFORMAÇÕES INICIAIS SOBRE AS OPERAÇÕES A SEREM REALIZADAS PELOS IMPLEMENTOS

No início do item 4.2, foram listados os dez implementos que são alvo deste estudo. É importante lembrar no entanto, que para cada tipo de solo, ou cenário, como será de agora em diante chamado, apenas alguns dos implementos são necessários para que as necessidades dos agricultores, no tocante a mecanização seja atendida. Estas operações são as seguintes:

a) Manejo da cobertura vegetal: O manejo da cobertura vegetal pode ser realizado através de processo químico, mecânico, ou a pela combinação de ambos. Para manejo mecânico, serão considerados os seguintes implementos:

- Rolo discos;
- Rolo facas;
- Rolo discos com orientador/acamador e
- Picador de coberturas vegetais.

Para o manejo químico, a opção mais comum é o pulverizador, tanto costal/manual, como algumas variantes deste que são na realidade adaptações dos mesmos sobre estruturas com rodas, ou mais recentemente, equipamentos desenvolvidos para tração animal.

b) Semeadura / adubação: a operação de semear/adubar deve ser realizada por mecanismos que possuam características especiais. Estes mecanismos devem cortar a cobertura morta sem embuchamentos, movimentar o solo apenas o suficiente para dar condições de colocação da semente e do adubo no solo e efetuar a cobertura e a compactação da semente, com o mínimo de revolvimento da cobertura morta. Os implementos indicados, para realizar esta operação são:

- Semeadora/adubadora linha contínua (com sulcadores tipo cinzel para o adubo e disco duplo para as sementes);
- Semeadora/adubadora linha contínua (sulcadores tipo cinzel) e
- Semeadora adubadora sistema de covas.

c) Tratos culturais: é denominada de trato cultural qualquer atividade realizada após o plantio das culturas. Esta atividade pode, de maneira análoga à atividade de manejo da cobertura vegetal, ser realizada de forma mecânica ou química. Devido a presença de resíduos vegetais, característica dos sistemas conservacionistas, o trato cultural mecanizado é bastante difícil, restando muitas vezes como única opção, o uso dos herbicidas, que é feito por um implemento que já foi citado, o pulverizador.

d) Escarificação do solo (cultivo mínimo): no cultivo mínimo, esta operação tem o objetivo de eliminar eventuais compactações superficiais do solo. Para preparo localizado, no caso do preparo reduzido, tem intuito de preparar uma linha para posterior transplante de mudas.

e) **Sulcar o solo** – esta atividade é muito semelhante a atividade de escarificar o solo, porém, enquanto que o escarificador tem o objetivo de descompactar o solo, podendo servir para abrir sulcos, o sulcador serve apenas para preparar o solo, abrindo um sulco, para receber mudas como as de cebola, fumo e hortaliças.

4.2.3 – CENÁRIOS X IMPLEMENTOS

Como pode ser visto no item anterior, são apenas cinco as operações básicas para o preparo conservacionista do solo. No entanto, os equipamentos listados no início do item 4.2, são 10.

Em seu trabalho, WEISS (1998) definiu um conjunto de implementos para cada cenário, sendo que alguns implementos são repetidos em todos os cenários, enquanto que outros não. Conforme as conclusões do autor, é possível formar então três famílias de implementos, como é mostrado a seguir na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Cenários x Implementos.

		Operação a ser realizada			
		Manejo da cobertura vegetal	Semeadura / adubação	Escarificação	Sulcagem
Implementos mais indicados	Cenário ①	Picador de coberturas vegetais	Semeadora / adubadora duplo cinzel, ou cinzel para adubo e duplo disco para semente	Operação não realizável	Sulcador com disco de corte
	Cenário ②	Rolo discos com orientador acamador	Semeadora / adubadora duplo cinzel	Escarificador com disco de corte	Sulcador com disco de corte
	Cenário ③	Rolo facas	Semeadora / adubadora duplo cinzel	Escarificador com disco de corte	Sulcador com disco de corte

Em relação a operação de tratos culturais, tanto para o sistema de cultivo mínimo, como o plantio direto, quando necessário, podem ser utilizados os pulverizadores ou realizadas capinas manuais, desta forma, esta operação não foi citada na tabela acima.

Em alguns dos cenários, existe mais de um implemento indicado como preferencial para realizar determinada operação. Isto ocorre, por existirem muitas particularidades envolvendo esta atividade. Alguns exemplos podem ser citados:

- No cenário do tipo 1, quando a cobertura vegetal necessitar apenas de um acamamento, o picador de coberturas, que é colocado como implemento preferencial, pode ser substituído pelo rolo disco ou rolo facas;
- Ainda, para o cenário tipo 1, três são as semeadoras indicadas, sendo o fator determinante, o tipo da cobertura vegetal encontrada e, conseqüentemente, o manejo realizado com a mesma.

- Para o cenário tipo 3, podem ser utilizadas as semeadoras sistema de covas, ou com duplo cinzel, da mesma forma como a semeadora pelo sistema de covas pode ser utilizada no cenário 1, independente do tipo de manejo.

Diante das informações coletadas até aqui, algumas observações iniciais devem ser apontadas, como é mostrado na seqüência:

1. O número de implementos necessários para atender a totalidade das propriedades do estado é demasiado grande para ser estudado e reprojetoado pela equipe de projeto;
2. Devido as particularidades da atividade de cultivo do solo, decorrentes de variantes como o solo e a vegetação de cobertura, não é possível afirmar que uma determinada combinação de implementos, como por exemplo a apresentada para o cenário do tipo 1, se adapte para todas as propriedades onde este tipo de solo se encontre;
3. A hipótese de encontrar uma combinação de implementos, que possa atender o maior número de propriedades, deve ser estudada, pois, entende-se que o resultado do projeto será melhor, quanto menor for quantidade de implementos envolvidos, e;
4. Em constantes debates, entre os membros da equipe de projeto, professores e técnicos ligados a área agrícola, considerou-se que uma maior contribuição ao setor agrícola poderá ser obtida, se os esforços de projeto forem concentrados na seguinte atividade: *adequar, buscando uma fabricação barata e condizente com a realidade dos fabricantes locais, os implementos que já possuam um funcionamento adequado em relação ao plantio conservacionista para pequenas propriedades.*

4.2.4 – DEFINIÇÃO INICIAL DO PROBLEMA DE PROJETO

Conforme foi definido no Capítulo III, no item 3.3, o resultado desta primeira atividade de projeto intitulada de *definição inicial do problema de projeto*, deve ser um texto contendo as linhas gerais do projeto. As definições apresentadas neste item são delimitadas pelas colocações apresentadas no item 1.4, onde é apresentado o objetivo principal do trabalho: *desenvolver um sistema modular que possa dar uma contribuição no sentido de melhorar o atual quadro de mecanização da pequena propriedade rural, enfocando os implementos destinados as atividades conservacionistas de cultivo.*

As referidas definições iniciais são:

- 1) O esforço de projeto deve ser direcionado aos equipamentos menos desenvolvidos, buscando aproximar o nível de desenvolvimento do conjunto de implementos indicados como necessários para a mecanização conservacionista, nas pequenas propriedades rurais. Baseando-se nesta colocação, por terem sido recentemente estudados, inicialmente não

serão abordados os implementos destinados ao manejo da cobertura vegetal.

2) Por ser notória a semelhança física entre os equipamentos menos desenvolvidos como os sulcadores, escarificadores e semeadoras, inclusive apresentando componentes idênticos para a realização de determinadas funções, ficam inicialmente definidos como objetos do estudo de modularização os seguintes implementos:

- a) Sulcador com disco de corte, Figura 4.1;
- b) Escarificador com disco de corte, Figura 4.2;
- c) Semeadora/adubadora em linha com sulcadores tipo cinzel para adubo e sementes Figura 4.3, e;
- d) Semeadora/adubadora com disco duplo para a semente e cinzel para o adubo, Figura 4.4.

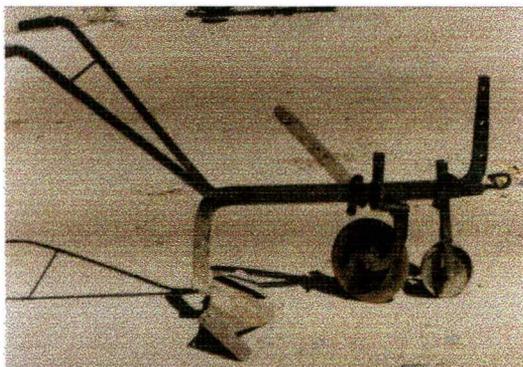


Figura 4.1: Sulcador com disco de corte, WEISS (1998).

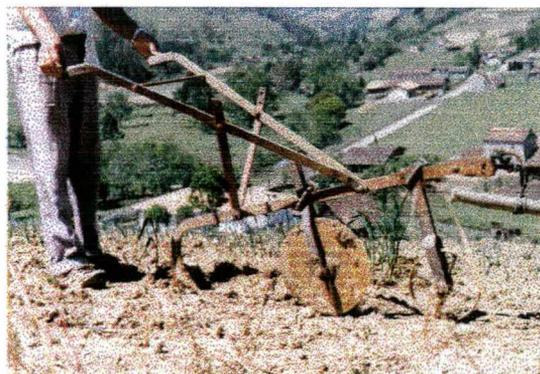


Figura 4.2: Escarificador com disco de corte, WEISS (1998).



Figura 4.3: Semeadora adubadora com duplo cinzel, WEISS (1998).



Figura 4.4: Semeadora adubadora com cinzel para adubo e disco duplo para a semente, WEISS (1998).

- 3) O reprojeto destes citados implementos deve primar basicamente por baixo custo de fabricação, durabilidade e simplicidade no uso, e;
- 4) Do reprojeto destes implementos deve resultar informações técnicas, sejam na forma de desenhos ou até de protótipos, que possam ajudar as indústrias do Estado a suprir as necessidades dos pequenos agricultores, em termos de equipamentos apropriados a atividade agrícola conservacionista.

Assim, resultaram deste estudo inicial quatro diretrizes básicas que buscam dar mais objetividade a atividade que será desenvolvida.

É importante citar que estas diretrizes podem sofrer alterações ao longo do desenvolvimento do trabalho. Estas alterações podem ser decorrentes de novas informações adquiridas ou dificuldades encontradas, dando forma assim ao aspecto dinâmico e de constante atualização das informações que toda a atividade de projeto deve ter. As possíveis alterações são justificadas na medida que o resultado final do projeto possa ser prejudicado, mostrando-se inviável ou inatingível.

4.3 – PROJETO INFORMACIONAL DO SISTEMA MODULAR

Esta é a primeira, das quatro fases principais de projeto apresentadas pela metodologia escolhida. Esta fase inicia, com a identificação dos desejos e necessidades dos futuros clientes e usuários do sistema modular a ser desenvolvido. Após esta atividade, são estabelecidos os requisitos destes clientes e analisados os sistemas existentes ou similares ao que será desenvolvido, culminando com as especificações de projeto do sistema modular.

Nesta fase, além do QFD, é aplicado um detalhado levantamento do ciclo de vida do produto, como ferramenta para levantamento e especificação das necessidades e desejos dos clientes e usuários do sistema modular. Segue agora o desenvolvimento dos trabalhos.

4.3.1 – IDENTIFICAÇÃO DOS DESEJOS E NECESSIDADES DOS CLIENTES E USUÁRIOS DO SISTEMA MODULAR

As bases para obtenção das informações nesta tarefa são basicamente trabalhos desenvolvidos anteriormente, onde esta tarefa foi também executada, visando identificar desejos e necessidades de pequenos agricultores, como nos trabalhos de: CASTALDO (1999), SANTOS (1997) e LUCIANO (1998).

Desta forma, na Tabela 4.2, é mostrada a listagem inicial contendo os desejos e necessidades dos clientes e usuários do sistema modular. Esta listagem é organizada segundo o tipo de cliente e destaca, também, quais os profissionais que estão envolvidos com o produto durante as etapas do ciclo de vida do mesmo.

Tabela 4.2: Desejos dos clientes e usuários do produto.

Desejos e necessidades dos clientes e usuários produto (cliente interno)		
Fase do ciclo de vida	Desejos e necessidades	Profissionais envolvidos
Projeto	Problema de projeto bem definido; Informações sobre o assunto (mercado, materiais, custos, cronograma); Conhecimento sobre as tecnologias envolvidas;	Engenheiros; Técnicos; Pesquisadores; Colaboradores Clientes.

Continuação da Tabela 4.2.

Desejos e necessidades dos clientes e usuários (cliente intermediário)		
Fase do ciclo de vida	Desejos e necessidades	Profissionais envolvidos
Venda	⇒ Vendedores: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Pronta entrega; ✓ Preço compatível com mercado destinado; ✓ Garantia de entrega; ✓ Garantia de qualidade; ✓ Material publicitário; 	Funcionários de desmanches; Transportadores; Mecânicos; Vendedores; Comerciantes;
Transporte	⇒ Transportadores: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Carregamento e descarregamento seguro; ✓ Embalagens resistentes e padronizadas; 	
Assistência técnica do produto	⇒ Assistência técnica: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Peças de reposição; ✓ Treinamento adequado; ✓ Produtos de manutenção simples; ✓ Ferramental padrão 	
	⇒ Descarte / reuso: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fácil desmontagem; ✓ Fácil identificação de materiais ✓ Materiais recicláveis; ✓ Materiais não tóxicos; ✓ Segurança no manuseio; 	
Desejos e necessidades dos clientes e usuários produto (cliente externo)		
Fase do ciclo de vida	Desejos e necessidades	Profissionais envolvidos
Uso do produto	⇒ Agricultores e suas famílias: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Produtos baratos; ✓ Adequado ao solo da sua propriedade; ✓ Duráveis; ✓ Manutenção barata; ✓ Da fácil operação; ✓ Transporte fácil ao local de uso; ✓ Que esteja sempre pronto para o uso; ✓ Não ofereça riscos ao operador; 	Homens; Mulheres; Adolescentes;

4.3.2 – ESTABELECIMENTO DOS REQUISITOS DOS CLIENTES E USUÁRIOS DO SISTEMA MODULAR

A partir dos dados coletados, chegou-se ao estabelecimento dos requisitos dos clientes e usuários do sistema modular. A Tabela 4.3 apresenta estes requisitos, também divididos conforme o tipo do cliente, sendo ele interno, externo ou intermediário.

Tabela 4.3: Requisitos dos clientes e usuários do sistema modular.

TIPO DE CLIENTE	ATIVIDADE	REQUISITO
Clientes internos	<ul style="list-style-type: none"> • Programação • Produção • Montagem • Embalagem • Armazenamento • Projeto 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Pequeno número de componentes ⇒ Operações simples de fabricação ⇒ Componentes intercambiáveis ⇒ Montagens simples e lógicas
Clientes intermediários	<ul style="list-style-type: none"> • Revenda • Transporte • Assistência técnica • Descarte 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Preço compatível com o mercado ⇒ Manutenção simples ⇒ Materiais recicláveis ⇒ Segurança de manuseio

Continuação da Tabela 4.3.

TIPO DE CLIENTE	ATIVIDADE	REQUISITO
Clientes externos	<ul style="list-style-type: none"> • Semear/ adubar o solo • Escarificação do solo • Sulcagem do solo 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Produtos ergonômicos ⇒ De operação simples ⇒ Baixo risco de acidentes ⇒ Reduzido custo de aquisição ⇒ Reduzido custo de operação ⇒ Reduzido custo de manutenção ⇒ Que seja durável ⇒ Que trabalhe em solos acidentados ⇒ Regulagens fáceis ⇒ Fácil limpeza após o uso ⇒ Boa manobrabilidade ⇒ Fácil transporte fora de uso ⇒ Fonte de tração de pequena potência ⇒ Fácil acoplamento a tração ⇒ Alta confiabilidade ⇒ Ser robusto

4.3.3 – ANÁLISE DOS SISTEMAS MODULARES EXISTENTES OU SIMILARES

As buscas na literatura na tentativa de encontrar equipamentos modulares existentes ou similares, novamente vieram a mostrar o quão deficitária se encontra a nossa indústria de implementos agrícolas, no tocante a implementos para o cultivo conservacionista em pequenas propriedades. A opção encontrada foi utilizar como referencial os equipamentos escarificador e sulcador com disco de corte, e, ainda, as semeadoras/adubadoras de tração animal, fabricadas e comercializadas pelas indústrias do Estado. Pode-se citar entre as indústrias catarinenses voltadas à construção de implementos agrícolas as seguintes empresas: IADEL Máquinas Agrícolas (Dona Emma); Implementos RYC (Itaiópolis); Mecânica Mafrense Ltda (Mafra); Simão Kitzberger, Mecânica Vigold Lippel, Cláudio Prochnow e Teobaldo Schütz (Agrolândia), entre outras.

A aplicação das metodologias de projeto de produtos modulares ainda é pouco difundida entre os fabricantes de produtos agrícolas, no entanto, não é inédita. STARKEY (1990), no seu livro denominado: *Policultores de Tração Animal: Perfeitos Porém Rejeitados*, faz um relato sobre muitas tentativas feitas em vários países da África e Europa, de construir equipamentos polivalentes para a tração animal. A obra traz muitas observações sobre o fato de que os chamados policultores, durante muitos anos foram apontados como uma alternativa para os pequenos agricultores, mas jamais foram aceitos por eles.

Os citados policultores são implementos destinados a facilitar a vida dos pequenos agricultores, na forma de implementos que compartilhavam componentes e assim propunham-se a atender inúmeras necessidades destes agricultores.

O autor ressalta ainda as inúmeras falhas de projeto referentes a manutenção e tempo de montagem ou preparação, que levaram no decorrer do tempo a fazer com que os agricultores

passassem a utilizar apenas uma das funções dos implementos, isto é, os usuários optavam por adquirir implementos que realizassem apenas uma função, a prepara-los para cada atividade.

4.3.4 – ESTABELECIMENTO DOS REQUISITOS DE PROJETO

Para cada um dos requisitos dos clientes e usuários listados na Tabela 4.3 a metodologia sugere que sejam encontradas expressões técnicas que possam indicar um caminho a ser seguido, para que as necessidades sejam atendidas. Esta atividade é justificada pelo fato de que as necessidades são, segundo BACK/FORCELLINI (1996), informações que tendem a expressar os desejos dos clientes, normalmente de uma forma qualitativa, e em alguns casos em termos subjetivos e vagos. E, infelizmente, informações nestas condições não permitem uma comunicação precisa, necessária para o desenvolvimento adequado de um produto.

Segundo ainda os mesmos autores, para obter-se uma comunicação precisa durante o desenvolvimento do projeto de um produto, torna-se fundamental que as informações que irão caracterizar o produto, estejam de acordo com a linguagem técnica de engenharia. Ou seja, torna-se necessário “dizer em números”, ou seja, que o produto a ser desenvolvido deve ser descrito através de características técnicas possíveis de serem mensuradas por algum tipo de sensor.

Desta forma, chegou-se a lista de requisitos mostrada a seguir:

- 1- O implemento deverá possuir um número reduzido de componentes;
- 2- As operações de fabricação as serem usadas deverão ser simples, ou seja, ser as mais condizentes possíveis com a realidade dos fabricantes de implementos de Santa Catarina;
- 3- A fabricação deverá apresentar uma preocupação com a intercambiabilidade, característica básica para modularidade, pois isto reduz significativamente os custos com a montagem e manutenção;
- 4- No tocante à montagem, deverá existir preocupação com a rapidez e facilidade da mesma;
- 5- O preço final dos produtos que serão projetados não deve ser maior do que os atualmente fabricados, e condizentes com a realidade dos pequenos produtores;
- 6- A manutenção simples, deverá também ser uma característica dos produtos criados, podendo ser verificada através de estimativa de tempo para sua realização e pelo número de ocorrências da mesma durante o tempo de uso;
- 7- Os materiais indicados para a fabricação do produto deverão ser recicláveis;
- 8- Para um transporte seguro e sem riscos, o projeto deverá estudar a questão do transporte e armazenamento dos produtos, visando segurança no manuseio;
- 9- Os produtos deverão ser adequados em termos ergonômicos;
- 10- Os implementos deverão de simples operação;

- 11- Os implementos deverão proporcionar segurança aos operadores, ou o menor risco possível de acidentes;
- 12- Embora pareça redundante, o quesito custo de aquisição é um fator decisivo para os pequenos agricultores, sendo que este deverá ser o mais reduzido possível;
- 13- É importante, também, que os implementos possuam um reduzido custo de operação;
- 14- Um custo de manutenção elevado tornaria inviável o uso destes produtos, por isso o custo de manutenção deverá ser também reduzido;
- 15- Os implementos deverão apresentar uma durabilidade boa;
- 16- Devido às características dos solos do Estado, os implementos deverão ser adequados ao uso em terrenos acidentados;
- 17- Os implementos deverão possuir regulagens simples, para que os tempos de “set-up” sejam os menores possíveis;
- 18- Os implementos deverão ser projetados de forma tal que permitam uma limpeza fácil e rápida após o seu uso;
- 19- Devido às características acidentadas de muitos dos solos da região e por serem operados por apenas uma pessoa, os implementos deverão apresentar boa facilidade de manobra;
- 20- É importante, que os implementos possam ser transportados com facilidade no momento em que estão fora de uso, pois muitas vezes os locais de uso são distantes e de difícil acesso;
- 21- Os implementos deverão ser projetados para fontes de tração de pequena potência;
- 22- O acoplamento à tração deverá ser simples e rápido;
- 23- A atividade agrícola é sazonal, por isso a disponibilidade dos implementos deverá ser boa, e;
- 24- É um desejo dos usuários, que implementos agrícolas, pelas características da atividade, sejam robustos.

4.3.5 – HIERARQUIZAÇÃO DOS REQUISITOS DE PROJETO DO SISTEMA MODULAR

A hierarquização dos requisitos de projeto é feita através da aplicação da ferramenta QFD – Desdobramento da Função Qualidade. Após esta hierarquização, são estabelecidas as especificações de projeto para o sistema modular. A Figura 4.5 mostra a primeira Matriz do QFD.

4.3.6 – ESTABELECIMENTO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO PARA O SISTEMA MODULAR

Esta é a última etapa desta primeira fase do projeto. As informações apresentadas como resultado da última tarefa são as especificações de projeto. Estas especificações são mostradas na Tabela 4.4 e representam um guia para a equipe de projeto. Este quadro de especificações apresenta uma descrição de cada item, juntamente com um valor meta a ser atingido, que pode ser um número, uma porcentagem em relação a outro parâmetro, ou ainda uma estimativa

Tabela 4.4: Especificações de projeto.

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

4.4 – PROJETO CONCEITUAL DO SISTEMA MODULAR

A primeira atividade desenvolvida no projeto conceitual é a identificação das estruturas funcionais dos implementos escolhidos para o sistema modular. Para cada implemento, é feita uma decomposição de funções, e, ao final, é apresentada a relação de todas as Funções Elementares que os compõem.

Esta relação de funções é a base para uma análise de similaridades, cujo objetivo é agrupar as Funções Elementares que apresentam semelhanças. A ferramenta utilizada nesta atividade é a denominada Análise Funcional.

Após a identificação e agrupamento das Funções Elementares, são estabelecidas as estruturas funcionais modificadas. Neste momento o sistema modular começa a ser configurado. São definidas as Variantes da Função Global do sistema, suas entradas e saídas, de energia, material e sinal. Ao final, tem-se a definição dos módulos funcionais que atendem as funções do sistema modular. A partir dos módulos funcionais, são gerados os módulos construtivos. É neste momento que são definidos, quais os componentes dos atuais implementos que permanecerão na nova concepção, e quais são os módulos que necessitam de uma nova configuração. Esta decisão é muito importante e tem como base uma análise dos componentes dos implementos atuais, e se justifica pelo fato de que muitos destes apresentam bom desempenho e desenvolvimento. É aplicada, então, a Matriz Morfológica. O objetivo da aplicação desta ferramenta, é a organização dos princípios de solução que atendem as estruturas funcionais modularizadas. Destas atividades, resultaram onze módulos construtivos que agrupam Funções Elementares em alguns casos, e em outros atendem a uma única função. Destes onze módulos, sete são compostos por componentes existentes no mercado, ou seja, são módulos comerciais, os quatro restantes, no entanto, são conceitualmente definidos com a ajuda da ferramenta matriz morfológica.

Desta forma, tem-se ao final desta etapa, a definição conceitual do sistema modular.

4.4.1 – IDENTIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS FUNCIONAIS DOS IMPLEMENTOS EXISTENTES

Neste item do trabalho, é apresentada estrutura funcional dos implementos do sistema modular.

A análise funcional é uma técnica de trabalho que permite, a partir de uma exposição verbal de um problema, formular uma Função Global de um sistema técnico. Também é possível, através desta técnica, chegar às ações necessárias para substituir a Função Global formulada por estruturas de Funções Parciais ou elementares, BACK1983.

Neste trabalho, o ponto de partida não é através de exposições verbais que normalmente definem o problema, mas sim os implementos existentes. O objetivo aqui é a

identificação das estruturas funcionais dos implementos envolvidos no reprojeto. Nesta identificação, é utilizada a ferramenta denominada *síntese funcional do sistema modular*. Os principais enfoques da ferramenta, para a obtenção da estrutura funcional são três: o primeiro faz a identificação da Função Global do implemento; o segundo faz o desdobramento da Função Global em Funções Parciais e Funções Elementares, e por último, é mostrada a representação gráfica da estrutura funcional identificada.

Como resultado desta atividade, são apresentadas as Funções Elementares que compõem os quatro implementos envolvidos, e uma representação gráfica de suas estruturas. Durante a identificação das funções, foram encontradas muitas funções comuns entre os implementos. Para simplificar os trabalhos, estas funções são agrupadas e receberam a mesma numeração, ou seja são tratadas como uma única função, mas que se repete em mais de um implemento.

A seguir, são mostradas as representações gráficas das estruturas funcionais dos implementos, juntamente com uma tabela contendo a lista das Funções Elementares respectivas. Os detalhes da identificação das funções são apresentados no Anexo B do trabalho.

4.4.1.1 - ESTRUTURA FUNCIONAL DO IMPLEMENTO 1 (escarificador com disco de corte)

A Função Global escarificar o solo, Figura 4.2, consiste em romper a camada de solo que se encontra compactada. Este rompimento é realizado em profundidades não superiores a 35 cm, por uma haste, e duas observações são importantes: a primeira é que não deve ocorrer inversão da camada de solo, e a segunda é que a camada de cobertura do solo deve ser movimentada o mínimo possível. O implemento é guiado e controlado por um único operador, que caminha junto ao mesmo observando seu desempenho. A potência do implemento provém de uma fonte externa, geralmente um animal, podendo ser também pequenos tratores.

Interpretação técnica da Função Global: *Escarificar Solo*

A representação gráfica das Funções Elementares e da Função Global dos implementos, que serão apresentadas a seguir utilizam a seguinte legenda:

- A linha tracejada em preto representa os limites do sistema;
- O fluxo de energia é representado pela seta superior vermelha;
- O fluxo de matéria é representado pela seta com maior espessura;
- Nos retângulos externos e na seta inferior são mostradas as entradas de informação e as demais funções do implemento identificadas durante a análise, como por exemplo as de regulação.



Figura 4.6: Função Global do implemento 1.

A Figura 4.6 mostra a representação gráfica da Função Global, enquanto que a Figura 4.7 mostra a estrutura funcional desdobrada, contendo as Funções Elementares identificadas.

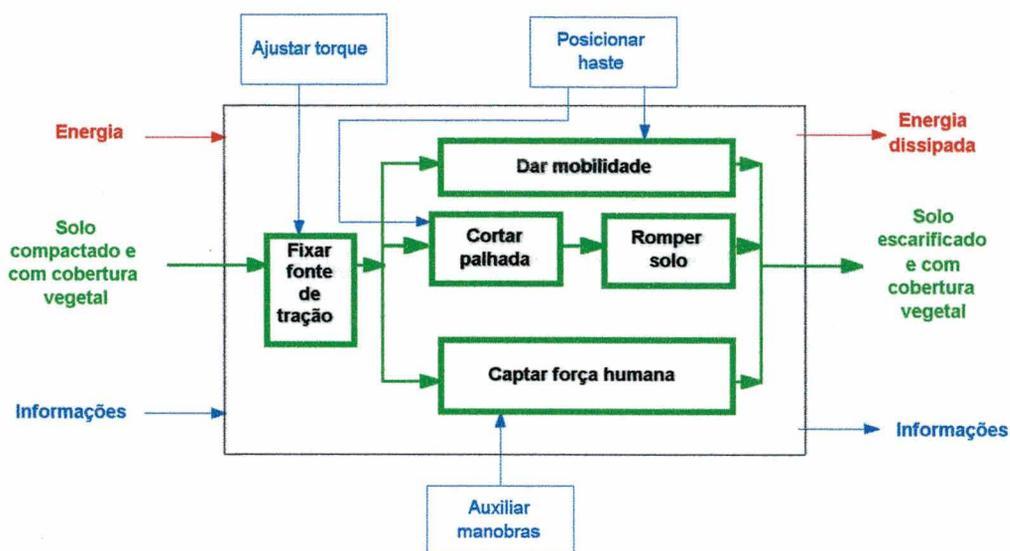


Figura 4.7: Estrutura funcional do implemento 1.

A Tabela 4.5 apresenta um resumo das atividades de identificação das estruturas dos implementos. A tabela mostra as funções que deram origem as Funções Elementares (FE) e a numeração recebida por cada uma. Na identificação das estruturas funcionais dos demais implementos, sempre que é identificada uma função que já está catalogada, esta recebe o mesmo número que a similar anterior.

Tabela 4.5: Relação das Funções Elementares do implemento 1.

Resumo do Desdobramento das Funções que Compõem o Implemento 1			
Função Global: ESCARIFICAR SOLO			
Primeiro desdobramento Função parcial	Segundo desdobramento Função elementar	Interpretação técnica das Funções Elementares	Numeração das Funções Elementares
1.1	-	Posicionar haste	FE 1.1
1.2	1.2.1	Ajustar torque	FE 1.2.1
	1.2.2	Fixar tração	FE 1.2.2
1.3	1.3.1	Dar mobilidade	FE 1.3.1
	1.3.2	Cortar palhada	FE 1.3.2
	1.3.3	Romper solo	FE 1.3.3
1.4	-	Captar força humana	FE 1.4
1.5	-	Auxiliar manobras	FE 1.5

4.4.1.2 - ESTRUTURA FUNCIONAL DO IMPLEMENTO 2 (semeadora adubadora em linha com cinzeis para adubo e sementes).

A Função Global realizada pelo implemento 2, Figura B.4, Anexo B, consiste em depositar no solo, em quantidades controladas, e também em uma profundidade estipulada, sementes e adubo. Após a deposição, as sementes devem ficar cobertas e compactadas pelo solo, formando uma linha ao longo do terreno. A cobertura vegetal do solo deve ser movimentada o mínimo possível.

Este implemento, é tracionado por uma fonte externa, e possui reservatórios para adubos e sementes. A operação do implemento é feita por um único operador, que guia o implemento acompanhando seu desempenho e controlando-o.

Interpretação técnica da Função Global: Semear/adubar solo.

A Figura 4.8 mostra a representação gráfica da Função Global e a Figura 4.9 apresenta a estruturação das funções, ambas com as entradas e saídas do sistema.

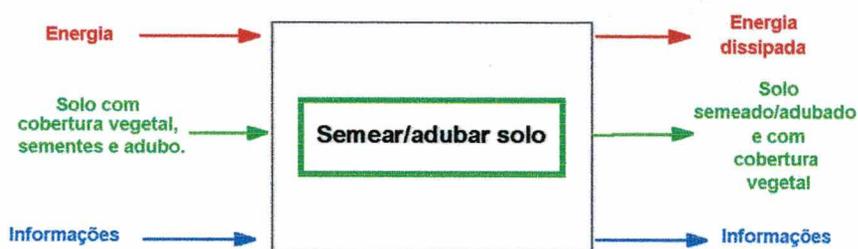


Figura 4.8: Função Global do implemento 2.

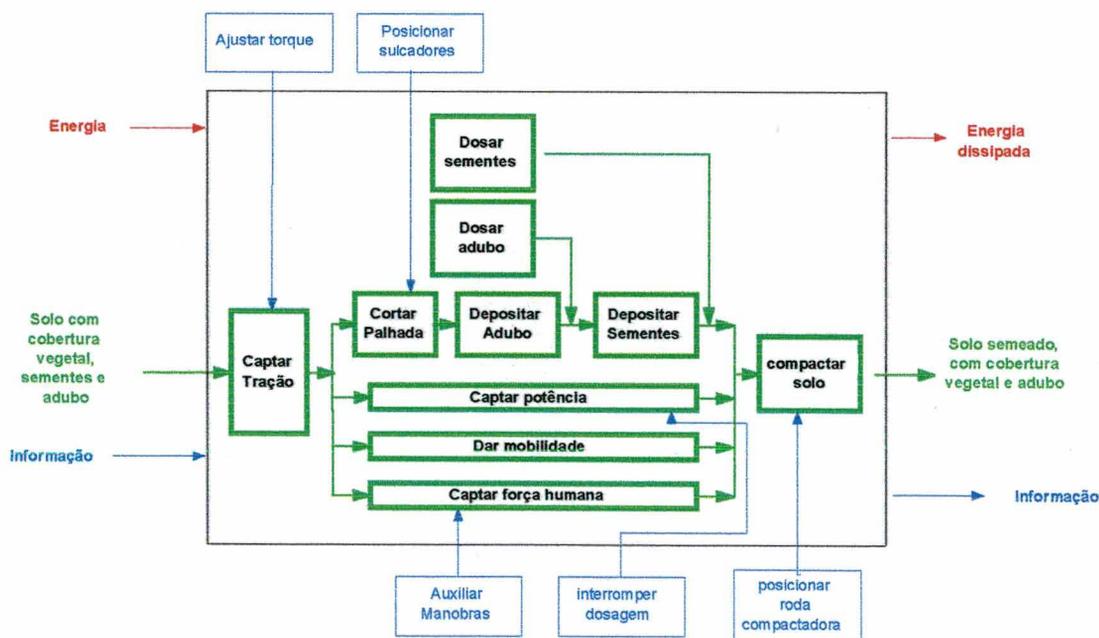


Figura 4.9: Estrutura funcional do implemento 2.

De forma análoga ao item anterior, são mostradas na Tabela 4.6 as funções

identificadas no implemento 2, com as Funções Parciais e que as originaram.

Tabela 4.6: Funções Elementares do implemento 2.

Resumo do Desdobramento das Funções que Compõem o Implemento 2				
FUNÇÃO GLOBAL: SEMEAR/ADUBAR SOLO				
Primeiro desdobramento	Segundo desdobramento	Terceiro desdobramento	Interpretação técnica das Funções Elementares	Numeração das Funções Elementares
Função Parcial	Função Elementar	Função Elementar		
2.1	2.1.1	-	Posicionar sulcadores	FE 1.1
	2.1.2	-	Posicionar roda compactadora	FE 2.1.2
2.2	2.2.1	-	Ajustar torque	FE 1.2.1
	2.2.2	-	Fixar fonte de tração	FE 1.2.2
2.3	2.3.1	2.3.1.1	Captar potência	FE 2.3.1.1
		2.3.1.2	Dar mobilidade	FE 1.3.1
		2.3.1.3	Compactar solo	FE 2.3.1.3
	2.3.2	-	Cortar palhada	FE 1.3.2
	2.3.3	-	Depositar adubo	FE 2.3.3
	2.3.4	-	Depositar sementes	FE 2.3.4
2.4	-	-	Captar força humana	FE 1.4
2.5	-	-	Auxiliar manobras	FE 1.5
2.6	-	-	Interromper dosagem	FE 2.6
2.7	-	-	Dosar adubo	FE 2.7
2.8	-	-	Dosar sementes	FE 2.8

4.4.1.3 - ESTRUTURA FUNCIONAL DO IMPLEMENTO 3 (semeadora adubadora em linha com cinzéis para adubo e disco duplo para sementes).

O implemento 3 pode ser descrito funcionalmente, de forma análoga ao implemento 2. A diferença básica entre os dois está no princípio de solução utilizado pelos implementos para realizar a operação parcial de depositar as sementes ao solo. Enquanto que o implemento 2 utiliza um cinzel, Figura 2.10A, o implemento 3 utiliza um dispositivo composto por discos, Figura 2.10B. As Funções Elementares identificadas no implemento 3 são mostradas no Anexo B, página B9.

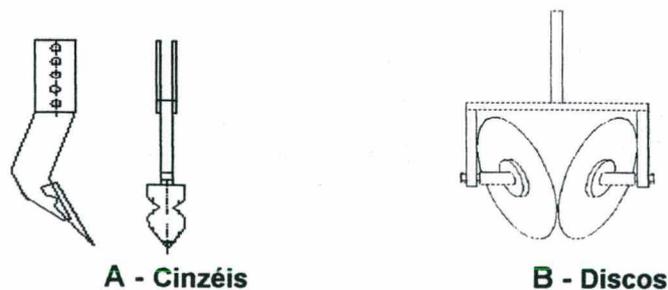


Figura 4.10: Princípios de solução dos implementos 2 e 3.

4.4.1.4 - ESTRUTURA FUNCIONAL DO IMPLEMENTO 4 (sulcador com disco de corte)

O implemento 4, Figura 2.11, tem sua atividade principal caracterizada pela abertura de um sulco ao solo. Este sulco destina-se a receber mudas para plantio. A forma de tração que o implemento 4 utiliza pode variar, de um animal, até um micro trator. O sulco é aberto por meio

de uma haste, que rompe o solo. Antes, porém, da passagem desta haste, a cobertura vegetal é cisalhada para evitar que seja arrastada pela haste. O implemento é guiado e controlado por um único operador, que caminha junto ao mesmo observando seu desempenho. Ao final da operação, tem-se um sulco aberto no solo, e a palhada sobre este.

Interpretação técnica da Função Global: Sulcar Solo

As Figuras 4.11 e 4.12 mostram a representação gráfica da Função Global, com as respectivas entradas e saídas de energia, material e sinal e a estrutura de funções do implemento respectivamente, já as funções identificadas são mostradas na Tabela 4.7.

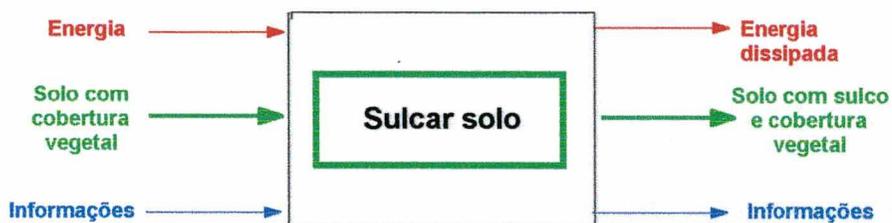


Figura 4.11: Função Global do implemento 4.

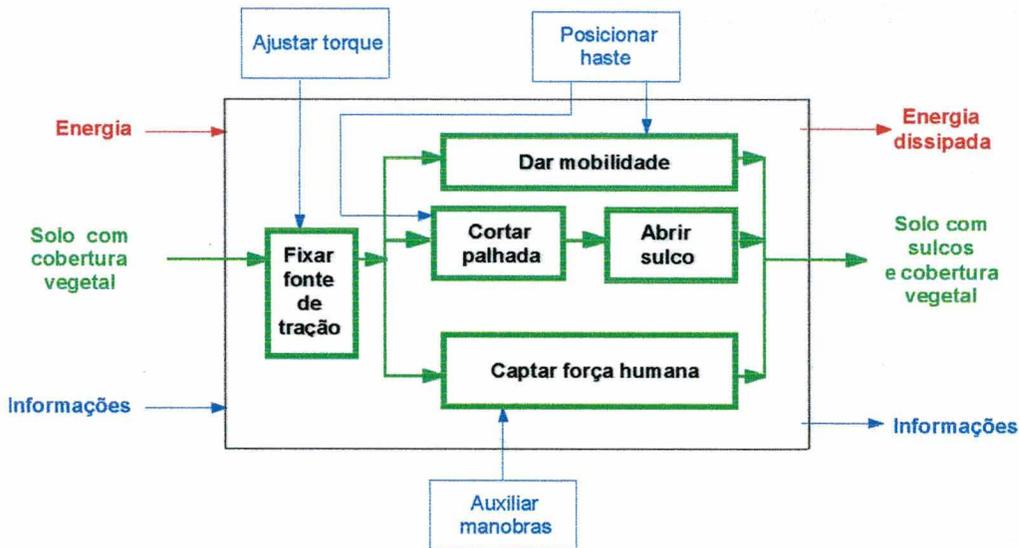


Figura 4.12: Estrutura funcional do implemento 4.

Tabela 4.7: Funções Elementares do implemento 4.

Resumo do Desdobramento das Funções que Compõem o Implemento 4				
Função Global: SULCAR SOLO				
Primeiro desdobramento	Segundo desdobramento	Terceiro desdobramento	Interpretação técnica das Funções Elementares	Numeração das Funções Elementares
Função parcial	Função elementar	Função elementar		
4.1	-	-	Posicionar haste	FE 1.1
4.2	4.2.1	-	Ajustar torque	FE 1.2.1
	4.2.2	-	Fixar tração	FE1.2.2
4.3	4.3.1	-	Dar mobilidade	FE 1.3.1
	4.3.2	-	Cortar palhada	FE 1.3.2
	4.3.3	-	Abrir sulco	FE 4.3.3
4.4	-	-	Captar força humana	FE 1.4
4.5	-	-	Auxiliar manobras	FE 1.5

4.4.2 – ANÁLISE DA SIMILARIDADE DE FUNÇÕES ENTRE AS ESTRUTURAS FUNCIONAIS ESTABELECIDAS

No item anterior, foram identificadas as estruturas funcionais de todos os quatro implementos. Seguindo as orientações da metodologia adotada, é feita uma análise entre estruturas funcionais identificadas, buscando identificar similaridades entre estas.

A atividade inicial desta tarefa é uma análise feita, tendo como base os componentes dos implementos estudados, de onde foram selecionados aqueles que não serão alterados. O segundo passo mostra uma análise que busca identificar as similaridades entre as Funções Elementares e particularidades destas. Para finalizar, são elaboradas Fichas Técnicas para todas as Funções Elementares, juntamente com informações e decisões tomadas nesta etapa.

A Tabela 4.8 apresenta um resumo das informações coletadas na tarefa anterior, a relação das Funções Elementares identificadas, o número de vezes que estas se repetem na totalidade dos implementos e a interpretação técnica de cada uma. Com base nestes dados, então, são definidos os componentes que serão mantidos no novo produto.

Definidos os componentes que não serão alterados, todas as função elementares serão então catalogadas em Fichas Técnicas, que servirão de apoio, para a definição das estruturas funcionais modificadas modularizadas.

Tabela 4.8: Relação de todas as Funções Elementares identificadas.

FUNÇÕES ELEMENTARES IDENTIFICADAS				
Função Elementar	Interpretação Técnica	Origem	Número de vezes que é aplicada	Princípio de solução
1.1	Posicionar haste	Função parcial	4	Braçadeiras
1.2.1	Ajustar torque	Função parcial	4	Chapa com orifícios
1.2.2	Fixar tração	Função parcial	4	Gancho com trava
1.3.1	Dar mobilidade	Função parcial	4	Roda metálica
1.3.2	Cortar palhada	Função parcial	4	Disco metálico
1.3.3	Romper solo	Função parcial	1	Haste escarificadora
1.4	Captar força humana	Função parcial	4	Hastes metálicas
1.5	Auxiliar manobras	Função parcial	4	Hastes metálicas
2.1	Posicionar. roda compactadora	Função parcial	2	Chapa escalonada
2.3.1.1	Captar potência	Função elementar	2	Roda dentada
2.3.1.3	Compactar solo	Função elementar	2	Rodas metálicas justapostas
2.3.3	Depositar adubo	Função parcial	2	Sulcador metálico
2.3.4	Depositar sementes	Função parcial	2	Sulcador metálico (implemento 2) Duplo disco (implemento 3)
2.6	Interromper dosagem	Função parcial	2	Embreagem
2.7	Dosar adubo	Função parcial	2	Mecanismo dosador de adubo
2.8	Dosar sementes	Função parcial	2	Mecanismo dosador de sementes
4.3.3	Abrir sulco	Função parcial	1	Haste sulcadora

A seguir, na Tabela 4.9, são listados os componentes dos atuais implementos, que deverão ser mantidos no sistema modular a ser criado.

Tabela 4.9: Componentes dos implementos atuais que serão utilizados no sistema modular.

COMPONENTES QUE NÃO SERÃO ALTERADOS		
COMPONENTES	FUNÇÕES ELEMENTARES	INTERPRETAÇÃO TÉCNICA
Dosadores de adubo	2.7	Dosar adubo
Dosadores de sementes	2.8	Dosar sementes
Mecanismo de interrupção de dosagem	2.6	Interromper dosagem
JUSTIFICATIVAS: Os mecanismos dosadores utilizados nos implementos estudados, apresentaram, segundo WEISS, (1998) um bom desempenho. Estes mecanismos dosadores possuem um número grande de componentes internos cujo esforço necessário para reprojeta-los seria demasiado, quando confrontados com as chances de se obter alguma melhora significativa em termos de custos, ou desempenho. Os fabricantes de adubadoras / semeadoras, desenvolveram seus mecanismos de forma independente, porém para evitar problemas de reposição de componentes, existe na prática uma padronização que tomam intercambiáveis alguns componentes. Esta padronização já é aceita e modificações nestes componentes exigiriam um estudo detalhado para evitar uma recusa do mercado. Quanto ao sistema de interrupção da dosagem, este é acoplado ao dosador de sementes adotado, e, por apresentar, também, um bom funcionamento será utilizado na sua concepção original.		
COMPONENTES	FUNÇÕES ELEMENTARES	INTERPRETAÇÃO TÉCNICA
Haste escarificadora	1.3.3	Romper solo
Sulcador metálico (implementos 2 e 3)	2.3.3	Depositar adubo
Sulcador metálico (implemento 2)	2.3.4	Depositar semente
Duplo disco (implemento 3)		
Haste sulcadora	4.3.3	Abrir sulco
JUSTIFICATIVAS: Estes componentes possuem uma geometria específica, derivada de estudos que envolvem entre outros conhecimentos, os de agronomia. Uma modificação nestas geometrias, exigiria um número grande de testes específicos, para assegurar um nível de qualidade no mínimo igual aos existentes.		

Na Figura 4.13 é mostrado um exemplo das Fichas Técnicas elaboradas. A totalidade das fichas, encontra-se no Anexo C. Cada uma das Fichas Técnicas possui as seguintes informações:

- ❶ Número da função elementar;
- ❷ Número da ficha;
- ❸ Interpretação técnica da função elementar;
- ❹ Relação dos implementos em que a função está presente;
- ❺ Uma descrição detalhada da operação executada pela Função Elementar;
- ❻ Exemplo, ou exemplos de princípios de solução que atendam a função,
- ❼ Uma descrição do exemplo de princípio de solução, relatando detalhes e/ou observações sobre o mesmo;
- ❽ Efeito portado pelo componente exemplificado;
- ❾ Classificação, e;
- ❿ Observações importantes, até o momento relatadas sobre a função elementar.

As fichas ainda apresentam os campos de entradas e saídas de cada função, para serem preenchidas, e um campo para demais observações que possam ser feitas durante os estudos.

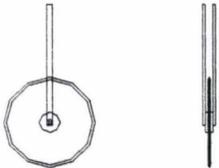
FUNÇÃO ELEMENTAR 1.3.2 ①		FICHA 05 ②
Interpretação técnica: cortar palhada ③		
Implementos em que está presente: todos ④		
⑤ Descrição da função elementar: Cortar a palhada sobre o solo promovendo a menor perturbação possível na cobertura vegetal. O corte é realizado através de cizalhamento, onde o disco é pressionado verticalmente contra o solo. O disco penetra o solo girando sem deslizamento a uma profundidade pré determinada.		
⑥ Exemplo de princípio de solução: Disco metálico 	⑦ Características: É basicamente composto por um disco metálico, montado em um eixo através de buchas ou rolamentos. O eixo, colocado no centro do disco é fixado a uma espécie de garfo, que por sua vez é fixado a estrutura do implemento. O disco de corte, deve permitir a regulação da profundidade do corte, o que é feito na maioria das vezes através do garfo.	
⑧ Efeito portado pelo componente do exemplo: <i>cizalhamento</i>		
⑨ Classificação: <i>Básico - B</i>		
⑩ Observações: O princípio de solução aplicado originalmente nesta função elementar, deve ser mantido		
Entradas: (energia, material, sinal) _____	Saídas: (energia, material, sinal) _____	
Demais observações: <i>Tanto esta FE como a FE 1.3.1 estão ligadas a FE 1.1. Existem soluções construtivas que englobam estas funções.</i>	Possibilidade de união? Sim (X) Não ()	
	Se sim, com quais? FE 1.3.1 – FE 1.1	

Figura 4.13: Ficha Técnica da Função Elementar 1.3.2.

Na seqüência, de posse da classificação das Funções Elementares, são apresentadas as estruturas modulares modificadas, visando a obtenção do sistema modular.

4.4.3 – ESTABELECIMENTO DAS ESTRUTURAS FUNCIONAIS MODIFICADAS MODULARIZADAS

Os passos para a obtenção das estruturas funcionais são os seguintes:

- I Definição da Função Global do sistema modular (FG);
- II Definição das Variantes da Função Global do sistema modular (VFG);
- III Classificação das Funções Elementares identificadas;
- IV Listagem das FE necessárias para a execução individual de cada uma das VFG, e;
- V Apresentação das estruturas funcionais compostas pelos módulos funcionais.

São agora mostrados os referidos passos para a obtenção das estruturas:

I DEFINIÇÃO DA FUNÇÃO GLOBAL DO SISTEMA MODULAR

Como base para a definição da Função Global do sistema modular, são 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 descrito tem origem em quatro implementos previamente selecionados e estudados. Do estudo destes implementos, foram identificadas quatro Funções Globais que devem ser atendidas pelo sistema modular. Estas funções são:

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

Em primeira análise, poderia ser dito que o sistema modular terá quatro VFG's, porém uma particularidade deve ser ressaltada. Os implementos 2 e 3 podem ser representados pela mesma estrutura funcional. Esta particularidade, permite uma simplificação nos trabalhos. Desta forma, a Variante 2 da Função Global do sistema modular, atenderá a duas das funções globais identificadas no item 4.4.1 deste capítulo, que são respectivamente as Funções Globais dos implementos 2 e 3. Segue abaixo a descrição da FG do sistema modular:

A finalidade deste sistema modular é auxiliar o pequeno agricultor, para que este possa realizar as atividades necessárias para trabalhar o solo, conforme o sistema conservacionista de cultivo. Para tanto, o sistema deverá realizar as seguintes operações:

1. *Escarificar o solo;*
2. *Semear e adubar o solo em linha, utilizando cinzéis para o adubo e semente, ou cinzel para adubo e disco duplo para semente, dependendo do cenário e*
3. *Sulcar o solo para plantio de mudas.*

Os implementos devem ser concebidos de forma tal, que cada implemento deve 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.

A denominação que será utilizada para sintetizar a Função Global do sistema modular será: cultivar solo.

A Figura 4.14 mostra a representação gráfica da Função Global do sistema modular, com as entradas e saídas de energia material e sinal. Na mesma figura, são representadas as Variantes 1, 2 e 3 da Função Global do sistema modular. Na seqüência, serão apresentadas as

definições de cada uma das Variantes da Função Global, juntamente com suas representações gráficas. Os textos que descrevem estas funções, mais uma vez consideram as necessidades e desejos dos clientes e usuários do sistema modular, juntamente com as descrições feitas no item 4.4.1, onde foram identificadas as estruturas funcionais dos implementos existentes.

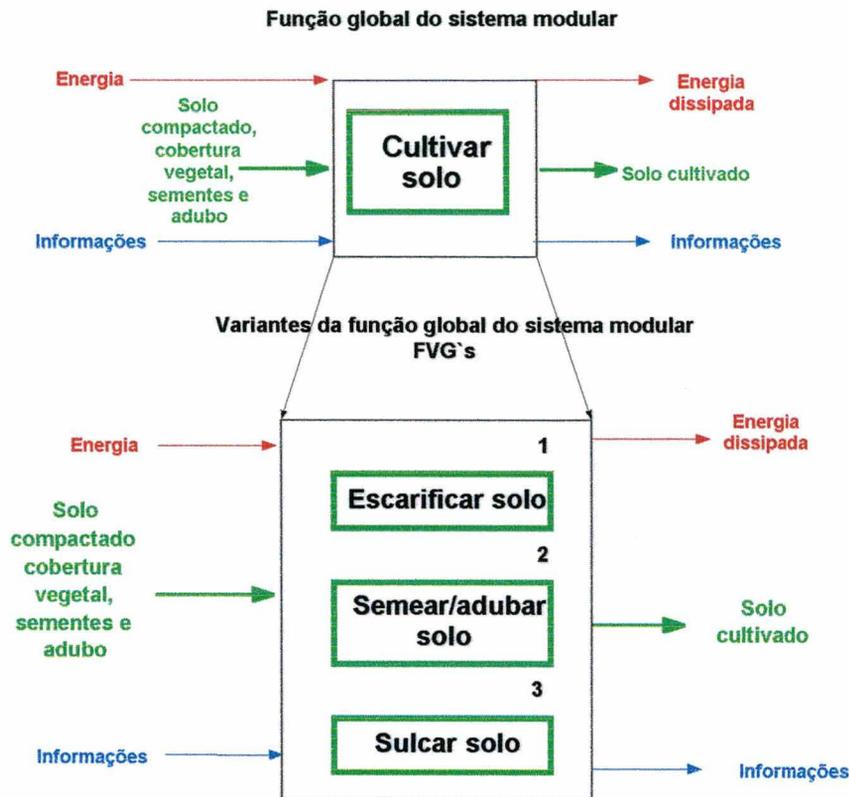


Figura 4.14: Função Global do sistema modular e suas variantes.

As entradas e saídas de energia, material e sinal do sistema modular são:

Entradas:

Energia: Força animal, aplicada na tração; força humana, aplicada na condução;

Material: sementes, adubo, solo com cobertura vegetal e solo compactado.

Sinal: os sinais são visuais e sonoros, característicos de observações feitas pelo operador durante a utilização do implemento.

Saídas:

Energia: a energia recebida pelo sistema é dissipada e absorvida durante as operações.

Material: as sementes e o adubo, após a realização da operação devem, estar devidamente depositadas ao solo, que deve continuar coberto pela vegetação, e levemente compactado na região do plantio. No caso da operação de escarificação, a operação deve também manter a palhada sobre o solo. Idem para a sulcagem.

Sinal: da mesma forma como na entrada, os sinais são visuais e sonoros.

II DEFINIÇÃO DAS VARIANTES DA FUNÇÃO GLOBAL (VFG`S)

DEFINIÇÃO DA VARIANTE 1 DA FUNÇÃO GLOBAL

Esta variante, deve atender a função descrita do implemento 1, denominado, Escarificador com disco de corte. A função desta variante, consiste em romper o solo que se encontra compactado, e coberto por uma camada de vegetação. Este rompimento, não necessita ser feito em profundidades maiores do que 350 mm, e é importante, que a cobertura que está sobre o solo seja revolvida o mínimo possível. O implemento deve ser concebido de forma tal que seja possível a operação por uma só pessoa, e que a fonte de tração utilizável possa ser tanto um trator de rabiças como um animal. As entradas e saídas de energia, material e sinal da Variante 1 da Função Global são:

Entradas:

Energia: força animal, aplicada na tração; força humana, aplicada na condução.

Material: solo com cobertura vegetal; e compactado.

Sinal: os sinais são visuais e sonoros, característicos de observações feitas pelo operador durante a utilização do implemento.

Saídas:

Energia: a energia recebida pelo sistema é dissipada durante as operações.

Material: o solo deve encontrar-se coberto pela vegetação, e descompactado.

Sinal: da mesma forma como na entrada, os sinais visuais e sonoros compõem estas informações.

DEFINIÇÃO DA VARIANTE 2 DA FUNÇÃO GLOBAL

A Variante 2 da Função Global consiste em depositar ao solo em quantidades controladas, e também em uma profundidade estipulada, sementes e adubo. Após a deposição, a semente e o adubo devem ficar cobertos e levemente compactados pelo solo, formando uma linha ao longo do terreno. A cobertura vegetal do solo deve ser movimentada o mínimo possível.

Um único operador deverá ser suficiente para operar o implemento. A deposição do adubo, deve ser realizada através de cinzéis, e a do adubo, através de dois princípios de solução diferentes, para que possam ser trabalhados os tipos de solo previamente selecionados. Estes princípios de solução são conhecidos como: cinzel – semelhante ao utilizado para o adubo – e disco duplo. As estradas e saídas de energia desta variante são:

Entradas:

Energia: Força animal, aplicada na tração; força humana, aplicada na condução;

Material: solo com cobertura vegetal; sementes e adubo.

Sinal: os sinais são visuais e sonoros, característicos de observações feitas pelo operador durante a utilização do implemento.

Saídas:

Energia: a energia recebida pelo sistema é dissipada durante as operações.

Material: o solo deve encontrar-se coberto pela vegetação com as sementes e adubo devidamente depositadas ao solo.

Sinal: da mesma forma como na entrada, os sinais são visuais e sonoros.

DEFINIÇÃO DA VARIANTE 3 DA FUNÇÃO GLOBAL

A função desta variante consiste em romper o solo superficialmente. O solo se encontra coberto por uma camada de vegetação. Deste rompimento deve resultar, um sulco que servirá para plantio. É importante que a cobertura que está sobre o solo seja revolvida o mínimo possível. O implemento deve ser concebido de forma tal que seja possível a operação por uma só pessoa. As entradas e saídas de energia, material e sinal desta VFG são:

Entradas:

Energia: força animal, aplicada na tração; força humana, aplicada na condução;

Material: solo com cobertura vegetal, e;

Sinal: os sinais são visuais e sonoros, característicos de observações feitas pelo operador durante a utilização do implemento.

Saídas:

Energia: a energia recebida pelo sistema é absorvida durante a operação;

Material: o solo deve encontrar-se coberto pela vegetação, e sulcado, e;

Sinal: da mesma forma como na entrada, os sinais são visuais e sonoros.

III CLASSIFICAÇÃO DAS FUNÇÕES ELEMENTARES (FE) IDENTIFICADAS

Conforme o roteiro estabelecido no início deste item, as Funções Elementares identificadas devem ser classificadas. Esta classificação foi realizada no momento do preenchimento das fixas técnicas, que estão mostradas no Anexo C. A classificação é feita através do seguinte critério: Se um módulo é essencial para a execução de todas as VFG's ele é considerado básico ou auxiliar, sendo que a diferença entre estes está no fato de que os auxiliares, são responsáveis por auxiliar, ajudar ou favorecer outros módulos a cumprirem suas missões principais, enquanto que os básicos, são responsáveis diretos por estas missões. A identificação do módulo básico é feita pela letra (B), enquanto que os auxiliares recebem as letras (Au). Quando os módulos a serem classificados não atendem aos requisitos acima, estes podem ser classificados como: especiais ou adaptativos. Quando um módulo atende a uma função em particular e exclusiva, não estando presente em todas as VFG's, este é classificado

como especial, recebendo a sigla (E), restando apenas um último tipo, denominado de adaptativo, ou seja, está presente em apenas algumas das VFG's e não atendem diretamente a objetivos particulares. Estes últimos, são simbolizados pelas letras (Ad). Maiores detalhes podem ser vistos em MARIBONDO (1998).

IV LISTAGEM DAS FE QUE DEVEM ESTAR PRESENTES EM CADA VFG

Cada VFG deve conter todas as funções identificadas anteriormente, e representadas graficamente nas Figuras 4.7, 4.9 e 4.12, como é mostrado a seguir,

Tabela 4.10: Relação das funções necessárias a variante 1.

Variante 1 da Função Global - Interpretação técnica: escarificar solo		
Número da função	Interpretação técnica	Classificação
FE 1.1	Posicionar haste	Au
FE 1.2.1	Ajustar torque	Au
FE1.2.2	Fixar tração	B
FE 1.3.1	Dar mobilidade	B
FE 1.3.2	Cortar palhada	B
FE 1.3.3	Romper solo	E
FE 1.4	Captar força humana	B
FE 1.5	Auxiliar manobras	Au

Tabela 4.11: Relação das funções necessárias a variante 2.

Variante 2 da Função Global - Interpretação técnica: semear/adubar solo		
Número da função	Interpretação técnica	Classificação
FE 1.1	Posicionar sulcadores	Au
FE 2.1.2	Posicionar roda compactadora	E
FE 1.2.1	Ajustar torque	Au
FE1.2.2	Fixar tração	B
FE 2.3.1.1	Captar potência	E
FE 1.3.1	Dar mobilidade	B
FE 2.3.1.3	Compactar solo	E
FE 1.3.2	Cortar palhada	B
FE 2.3.3	Depositar adubo	E
FE 2.3.4	Depositar sementes	E
FE 1.4	Captar força humana	B
FE 1.5	Auxiliar manobras	Au
FE 2.6	Interromper dosagem	E
FE 2.7	Dosar adubo	E
FE 2.8	Dosar sementes	E

Tabela 4.12: Relação das funções necessárias a variante 3.

Variante 3 da Função Global - Interpretação técnica: sulcar solo		
Número da função	Interpretação técnica	Classificação
FE 1.1	Posicionar haste	Au
FE 1.2.1	Ajustar torque	Au
FE1.2.2	Fixar tração	B
FE 1.3.1	Dar mobilidade	B
FE 1.3.2	Cortar palhada	B
FE 4.3.3	Sulcar solo	E
F E 1.4	Captar força humana	B
FE 1.5	Auxiliar manobras	Au

V ESTABELECIMENTO DOS MÓDULOS FUNCIONAIS - MF

Os Módulos Funcionais foram obtidos através do agrupamento de FE, num processo de análise das Fichas Técnicas. Estas Fichas exemplificadas na Figura 4.13 foram confrontadas uma a uma e durante o confronto, feito em equipe, anotações sobre possibilidade de agrupamento entre as FE eram feitas nos campos destinados a observações, na parte inferior das mesmas. As restrições ao agrupamento desta ou daquela FE, basearam-se na estrutura funcional estabelecida e nos módulos comerciais também já definidos.

É importante ressaltar que a obtenção dos MF é um marco no desenvolvimento dos trabalhos. Após o estabelecimento destes módulos, as decisões tomadas passam a ter um novo referencial, além das especificações de projeto, pois a configuração dos módulos determina características do sistema modular que devem ser respeitadas, como por exemplo, as funções que foram agrupadas ou separadas em relação ao implemento existente. A Tabela 4.13 apresenta a relação completa dos módulos funcionais.

Tabela 4.13: Relação dos Módulos Funcionais do sistema modular.

Denominação do módulo	Classificação do módulo	Funções atendidas pelo módulo	Interpretação técnica das funções	Classificação das FE
MF 01	Especial	FE 1.3.3	Romper solo	E
MF 02	Básico	FE 1.2.1	Ajustar torque	Au
		FE 1.2.2	Fixar tração	B
MF 03	Básico	FE 1.1	Posicionar haste	Au
		FE 1.3.1	Dar mobilidade	B
		FE 1.3.2	Cortar palhada	B
		FE 2.3.1.1	Captar potência	E
MF 04	Básico	FE 1.4	Captar força humana	B
		FE 1.5	Auxiliar manobras	Au
MF 05	Especial	FE 2.3.1.3	Compactar solo	E
		FE 2.1.2	Posicionar roda compactadora	Au
MF 06	Especial	FE 2.7	Dosar adubo	E
		FE 2.6	Interromper dosagem	Au
MF 07	Especial	FE 2.8	Dosar sementes	E
MF 08	Especial	FE 2.3.3	Depositar adubo	E
MF 09	Especial	FE 2.3.4	Depositar sementes (cinzel)	E
			Depositar sementes (Disco duplo)	
MF 10	Especial	FE 4.3.3	Abrir sulco	E

VI APRESENTAÇÃO DAS ESTRUTURAS FUNCIONAIS COMPOSTAS PELOS MF'S

De posse dos módulos funcionais, é possível estabelecer a estrutura funcional modificada. Deve-se lembrar, que a ordem em que as funções são solicitadas, é a mesma dos equipamentos originais, e pode ser verificada nas figuras que as ilustram no item 4.4.1. A Figura 4.15 apresenta a ilustração da composição das Variantes da Função Global.

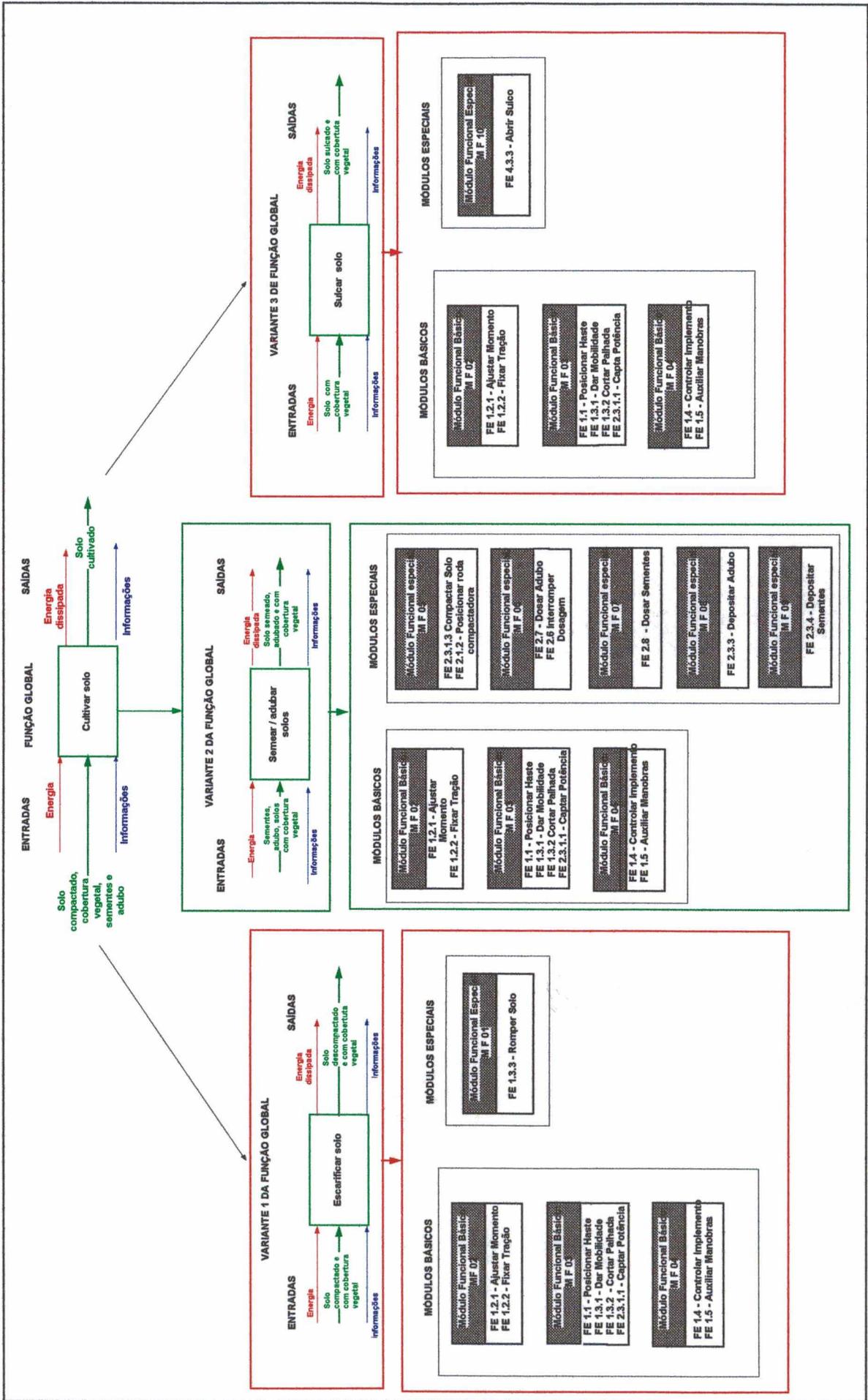


Figura 4.15: Configuração dos Módulos Funcionais do sistema modular.

4.4.4 – ESTABELECIMENTO DAS CONCEPÇÕES DE PROJETO MODULARIZADAS

O estabelecimento das estruturas funcionais modificadas, feito no item anterior, resultou no estabelecimento de dez Módulos Funcionais. Estes MF's são o ponto de partida para a obtenção das concepções de projeto almejadas.

Para o estabelecimento das concepções de projeto, são realizadas duas atividades: a primeira delas visa a definição dos princípios de solução para cada Módulo Funcional; e a segunda é o estabelecimento das concepções de projeto propriamente ditas.

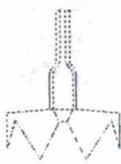
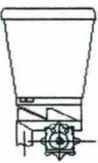
Para a escolha dos princípios de solução, é aplicada a matriz morfológica. Segundo OGLIARI (1999), “o método morfológico, operacionalizado pela matriz morfológica, consiste num conjunto de procedimentos que auxiliam na sistematização de princípios de solução para cada função do produto numa matriz e na combinação destes princípios em uma ou mais concepções”.

A matriz morfológica é aplicada uma vez para cada Módulo Funcional e resulta em alguns casos, em mais de uma alternativa de concepção, as quais serão submetidas a um novo processo de seleção, que desta vez analisará as restrições e conveniências de união entre os módulos.

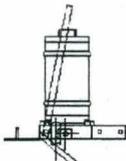
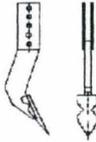
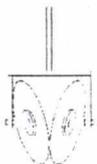
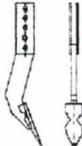
Devido ao fato de que alguns dos Módulos Funcionais são compostos por Funções Elementares, cujos princípios de solução já estão definidos, para determinados módulos funcionais, a obtenção dos módulos construtivos é direta, ou seja, o Módulo Funcional passa à condição de Módulo Construtivo.

A Tabela 4.14 mostra os módulos construtivos que utilizam componentes dos implementos em estudo e que de agora em diante são considerados Módulos Construtivos (MC).

Tabela 4.14: Módulos construtivos compostos por componentes comerciais.

MÓDULO DE ORIGEM	NOVA DENOMINAÇÃO	FUNÇÃO ATENDIDA	PRINCÍPIO DE SOLUÇÃO UTILIZADO
MÓDULO FUNCIONAL MF 01:	MÓDULO CONSTRUTIVO MC 01	ROMPER SOLO FE 1.3.3	 Cinzel escarificador
MÓDULO FUNCIONAL MF 06:	MÓDULO CONSTRUTIVO MC 06	DOSAR ADUBO FE 2.7	 Dosador com disco horizontal

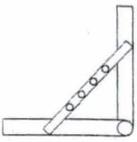
Continuação da Tabela 4.14.

MÓDULO FUNCIONAL MF 07:	MÓDULO CONSTRUTIVO MC 07	DOSAR SEMENTE FE 2.8		Dosador com disco horizontal
MÓDULO FUNCIONAL MF 08:	MÓDULO CONSTRUTIVO MC 08	DEPOSITAR ADUBO FE 2.3.3		Cinzel para adubo
MÓDULO FUNCIONAL MF 09	MÓDULO CONSTRUTIVO MC 09 (CINZEL)	DEPOSITAR SEMENTES FE 2.3.4		Cinzel para semente.
	MÓDULO CONSTRUTIVO MC 10 (DUPLO DISCO)	DEPOSITAR SEMENTES FE 2.3.4		Duplo disco para sementes.
MÓDULO FUNCIONAL MF 10	MÓDULO CONSTRUTIVO MC 11	ABRIR SULCO FE 4.3.3		Cinzel sulcador.

Segue agora a aplicação da matriz morfológica para os Módulos Funcionais ainda não definidos. Os critérios observados para a seleção das alternativas de concepção para cada módulo, são os requisitos do projeto para o sistema modular, definidos no projeto conceitual.

A primeira aplicação é feita para o Módulo Funcional MF 02, que comporta as Funções Elementares FE1.2.1 e FE 1.2.2. Os princípios de solução listados para a FE 1.2.1 são mostradas na tabela 4.15.

Tabela 4.15: Matriz Morfológica para o MF 02.

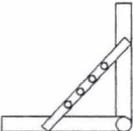
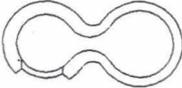
Matriz morfológica para o MF 02			
FUNÇÃO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO		
Ajustar torque FE 1.2.1 Obs.: Sem restrições.	 Chapa com nervuras tipo dentes.	 Chapa em "L" dobrada com furos para engate.	 Chapas unidas e com articulação.

Continuação da Tabela 4.15.

Fixar fonte de tração FE 1.2.2 Obs.: Sem restrições	 <p>Gancho com sistema de proteção para evitar desengate.</p>	 <p>Parafuso.</p>	 <p>Pinos com contra pinos.</p>
---	--	--	--

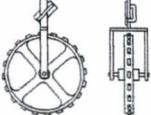
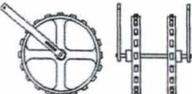
Dentre as combinações de soluções resultante do cruzamento entre os componentes da matriz, a equipe considerou que apenas três deveriam ser consideradas. Estas alternativas são mostradas na Tabela 4.16

Tabela 4.16: Alternativas de concepção para o MF 02.

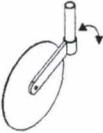
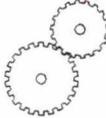
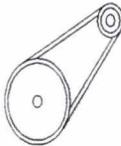
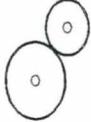
Alternativas de concepção para o MF 02	CONCEPÇÕES		
FUNÇÃO	I	II	III
Ajustar torque – FE 1.2.1 Obs.: Sem restrições			
Fixar fonte de tração – FE 1.2.2 Obs.: Sem restrições			

A aplicação da matriz morfológica foi repetida para todos os módulos funcionais que ainda não tinham sido definidos. Para o Módulo Funcional MF 03, os princípios encontrados foram os mostrados na tabela 4.17.

Tabela 4.17: Matriz morfológica para o MF03.

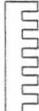
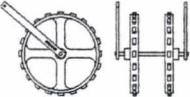
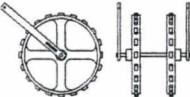
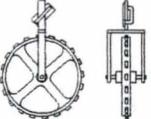
Matriz morfológica para o MF 03	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO			
FUNÇÃO	I	II	III	IV
Posicionar haste FE 1.1 Obs.: Sem restrições	 <p>Fuso com rosca sem fim.</p>	 <p>Chapa com braçadeira deslizante.</p>	 <p>Chapa Escalonada.</p>	 <p>Chapa perfurada.</p>
Dar mobilidade FE 1.3.1 Obs.: Sem restrições	 <p>Roda simples.</p>	 <p>Canoas.</p>	 <p>Rodas duplas.</p>	

Continuação da Tabela 4.17.

<p>Cortar palhada FE 1.3.2 Obs.: O princípio de solução original deve ser mantido</p>	 <p>Disco metálico com fixação por apenas um dos lados.</p>	 <p>Disco metálico com fixação superior.</p>	 <p>Disco metálico com fixação por garfo rígido.</p>	<p>Facas paralelas oscilantes.</p>
<p>Captar potência FE 2.3.1.1 Obs.: Sem restrições</p>	 <p>Corrente com coroa e pinhão.</p>	 <p>Rodas dentadas.</p>	 <p>Polias e correia em "V".</p>	 <p>Fricção entre rodas.</p>

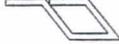
As alternativas consideradas promissoras pela equipe, para o Módulo Funcional MF 03, são mostradas na Tabela 4.18.

Tabela 4.18: Alternativas de concepção para o MF 03.

Alternativas de concepção para MF 03	CONCEPÇÕES		
FUNÇÃO	I	II	III
<p>Posicionar haste FE 1.1 Obs.: Sem restrições</p>	<p>Chapa com braçadeira deslizante.</p> 	<p>Chapa com furos.</p> 	<p>Chapa escalonada.</p> 
<p>Dar mobilidade FE 1.3.1 Obs.: Sem restrições</p>	<p>Roda duplas.</p> 	<p>Roda duplas.</p> 	<p>Roda simples.</p> 
<p>Cortar palhada FE 1.3.2 Obs.: o princípio de] original solução deve ser mantido</p>	 <p>Disco metálico com fixação superior.</p>	 <p>Disco metálico com fixação por apenas um dos lados.</p>	 <p>Disco metálico com fixação por garfo rígido.</p>
<p>Captar potência FE 2.3.1.1 Obs.: Sem restrições</p>	<p>Polias e correia em "V".</p> 	<p>Corrente com coroa e pinhão.</p> 	<p>Corrente com coroa em pinhão.</p> 

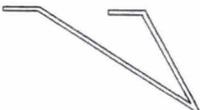
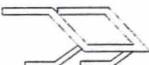
Para o módulo MF 04, procedeu-se da mesma maneira, sendo os princípios de solução mostrados na Tabela 4.19

Tabela 4.19: Matriz Morfológica para o MF 04.

Matriz morfológica para o MF 04	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO		
	FUNÇÃO	I	II
Captar força humana FE 1.4 Obs.: Sem restrições	 Manoplas tubulares.	 Manoplas tubulares tipo guidão.	 Roda de direção.
Auxiliar manobras FE 1.5 Obs.: Sem restrições	 Manoplas tubulares móveis.	 Roda de direção.	

Assim como nas demais matrizes, foram selecionadas apenas algumas das possíveis alternativas, como é mostrado na Tabela 4.20.

Tabela 4.20: Alternativas de concepção para o MF 04.

Alternativas de concepção para MF 04	CONCEPÇÕES		
	FUNÇÃO	I	II
Captar força humana FE 1.4 Obs.: Sem restrições	Manoplas tubulares. 	Manoplas tubulares tipo guidão 	Roda de direção. 
Auxiliar manobras FE 1.5 Obs.: Sem restrições	Manoplas tubulares Móveis. 	Manoplas tubulares móveis. 	Roda de direção. 

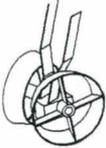
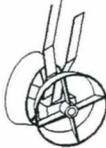
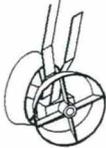
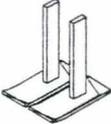
Finalmente, é feita aplicação da matriz para o Módulo Funcional MF 05, e os princípios de solução utilizados são os mostrados na Tabela 4.21.

Tabela 4.21: Matriz morfológica para o MF 05.

Matriz morfológica para o MF 05	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO			
	FUNÇÃO	I	II	III
Compactar solo FE 2.3.1.3 Obs.: Sem restrições	 Canoas	 Rodas		
Posicionar roda Compactadora FE 2.1.2 Obs.: Sem restrições	 Fuso com rosca sem fim	 Chapa deslizante com braçadeira	 Chapa escalonada	 Chapa com furos

Para esta última matriz, foram selecionados quatro alternativas, como é mostra na Tabela 4.22.

Tabela 4.22: Alternativas de concepção par o MF 05.

Alternativas de concepção para o MF 05	CONCEPÇÕES			
	FUNÇÃO	I	II	III
Compactar solo FE 2.3.1.3 Obs.: Sem restrições	Rodas compactadoras. 	Rodas compactadoras. 	Rodas compactadoras. 	Canoas 
Posicionar roda Compactadora FE 2.1.2 Obs.: Sem restrições	Fuso com rosca sem fim. 	Chapa com braçadeira deslizante. 	Chapa escalonada. 	Chapa com furos. 

Após a combinação de princípios de solução e geração de concepções alternativas, foi realizada uma nova seleção, isto porque surgiram mais de uma alternativa conceitual para cada um dos módulos do sistema. Esta nova seleção levou em conta novamente os requisitos de projeto, como é mostrado na Tabela 4.23, onde são cruzados os requisitos de projeto do sistema modular com as alternativas de concepção. Como pode ser observado, não foram utilizados todos os requisitos de projeto e isto se deve ao fato de que alguns dos requisitos de projetos não têm uma relação direta com as decisões que são tomadas neste momento do projeto.

A aplicação dos requisitos de projeto para escolha das concepções mostrou que, em alguns casos, novamente, mais de uma das concepções de módulos poderia compor o sistema modular. Devido a esta possibilidade de mais de uma das concepções atender o sistema modular, as mais indicadas são novamente submetidas a uma avaliação, desta vez juntamente com os demais módulos e com os módulos definidos, denominados de módulos construtivos.

O objetivo desta avaliação conjunta dos módulos é definir a concepção final do sistema modular e para tal são empregados critérios denominados de *critérios de modularização*.

A metodologia classifica estes critérios em gerais e específicos, para que as interfaces entre os módulos sejam estabelecidas, como pode ser visto na Tabela 4.24. Com base nestes critérios, foram selecionados os princípios de solução para os quatro módulos restantes do sistema modular. Ao todo são 11 os Módulos Construtivos já definidos.

Tabela 4.23: Seleção das concepções alternativas dos módulos funcionais.

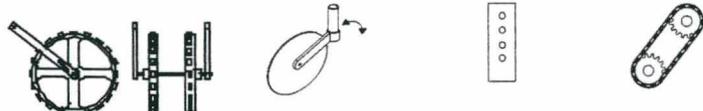
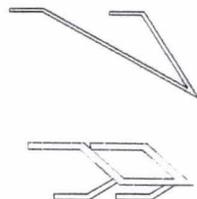
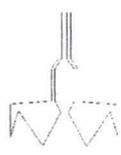
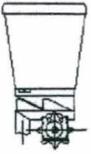
Requisitos técnicos para avaliação das alternativas concepção	Concepções alternativas dos M F													
	Alternativas para o Módulo Funcional 02			Alternativas para o Módulo Funcional 03			Alternativas para o Módulo Funcional 04			Alternativas para o Módulo Funcional 05				
	I	II	III	IV										
1) Menor número de componentes	X			X	X		X	X				X	X	
2) Maior facilidade de fabricação			X		X		X	X				X		
3) Maior rapidez e lógica na montagem	X			X	X		X	X				X		
4) Menor custo (estimativa)			X	X			X	X				X		
5) Manutenção mais simples			X	X	X	X						X		
6) Maior quantidade de materiais recicláveis	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
7) Menor risco de acidentes com transporte e manuseio												X		
8) Maior simplicidade nas operações e regulagens	X				X							X	X	
9) Maior durabilidade	X			X	X	X	X	X				X	X	X
10) Maior facilidade de uso em terrenos acidentados	X	X	X		X	X	X	X						
11) Menor "set-up"	X				X							X	X	
12) Maior facilidade de limpeza após o uso														
13) Maior manobrabilidade												X	X	
14) Maior facilidade de transporte fora do uso												X	X	
15) Mais adequados a fontes de tração de pequena potência				X								X	X	
16) Maior facilidade de acoplamento a tração	X													
17) Maior confiabilidade	X		X		X							X	X	
18) Mais robusto	X		X	X	X							X	X	
Somatório dos requisitos de cada alternativa de concepção	10	2	7	8	11	4	7	7	1	8	6	11	3	

Tabela 4.24: Critérios de modularidade.

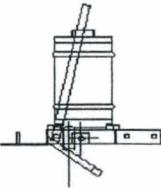
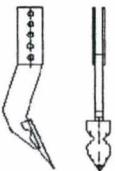
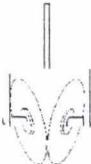
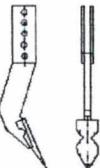
Critérios gerais	Critérios específicos
Similaridade entre as estruturas funcionais e físicas do sistema modular	Energia
	Material
	Sinal
	Geometrias
	Processos de produção
Minimização das interações incidentais entre os componentes físicos	Vibrações
	Temperaturas
	Corrosões
	Pressões
	Tensões
	Forças
	cinemática

A seguir, na Tabela 4.25, mostramos a relação total dos MC's necessários para compor o sistema modular, juntamente com uma ilustração dos princípios de solução escolhidos e suas respectivas descrições.

Tabela 4.25: Módulos Construtivos.

Módulos Básicos:		
Nome	Funções	Princípios de solução empregados
MC 02	<ul style="list-style-type: none"> Ajustar momento Fixar tração 	 <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"> Posicionar haste; Dar mobilidade Cortar palhada. Captar potência 	 <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"> Captar força humana Auxiliar manobras 	 <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 chassis, enquanto que a opção II necessitaria de auxílio para conectar-se ao mesmo.</p>
Módulos Especiais		
MC 01	<ul style="list-style-type: none"> Romper rolo 	 <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"> Compactar solo Posicionar roda compactadora 	 <p>Dentre as alternativas de concepção apontadas, pesou para que esta fosse escolhida os seguintes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> O ajuste da posição da roda compactadora deve ser dinâmico, detalhe que restringe a utilização de braçadeiras.
MC 06	<ul style="list-style-type: none"> Dosar adubo Interromper dosagem 	 <p>Módulo comercial já existente.</p>

Continuação da Tabela 4.25

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

4.5 – PROJETO PRELIMINAR DO SISTEMA MODULAR

De posse da definição dos módulos construtivos do sistema modular, os trabalhos foram voltados ao desenvolvimento preliminar do sistema modular, no entanto, são necessárias algumas observações iniciais a respeito desta fase do projeto. Segundo a metodologia de projeto adotada, esta fase do projeto tem como objetivo, obter um detalhamento preliminar do sistema modular, através de análises sob critério técnicos e econômicos. É nesta fase do desenvolvimento que são construídos, também, modelos em escalas apropriadas, realizados cálculos preliminares, escolhas de materiais, análises de formas geométricas, de interfaces de módulos entre outros.

Dentre as atividades acima citadas que caracterizam a fase de Projeto Preliminar do Sistema Modular apenas algumas são contempladas neste trabalho. Assim, os objetivos desta fase são: avaliar os aspectos de modularidade conferidos ao sistema e promover uma

comparação entre um protótipo de uma das Variantes da Função Global e um produto similar existente no mercado.

4.5.1 – DEFINIÇÃO PRELIMINAR DAS GEOMETRIAS DOS MÓDULOS CONSTRUTIVOS

Para a definição preliminar das formas geométricas do sistema modular, bem como das suas dimensões, os critérios adotados são: as especificações de projeto e as dimensões e formas dos módulos comerciais utilizados. São consideradas, ainda, nesta fase do trabalho: informações colhidas junto a fabricantes de implementos similares e, junto a técnicos e pesquisadores ligados ao desenvolvimento de equipamentos para plantio direto. A seguir são apresentados um a um os desenhos esquemáticos dos módulos do sistema desenvolvido. O Anexo D apresenta um detalhamento maior de cada um dos componentes.

Módulo Construtivo 01

A função deste módulo é de romper solo. Sua fixação junto aos demais módulos, poderá ser feita através de braçadeiras. Este módulo é similar aos módulos MC 08, 09 e 11, sendo que as diferenças básicas entre eles resume-se à parte ativa, como é mostrado nos detalhes A, B e C da Figura 4.16 e na dimensão dos mesmos, por apresentarem solicitações diferentes entre si, no tocante ao esforço de trabalho. Maiores detalhes sobre os módulos citados, também são mostrados no item relativo aos módulos MC 08 e 09, e na Figura 4.23.

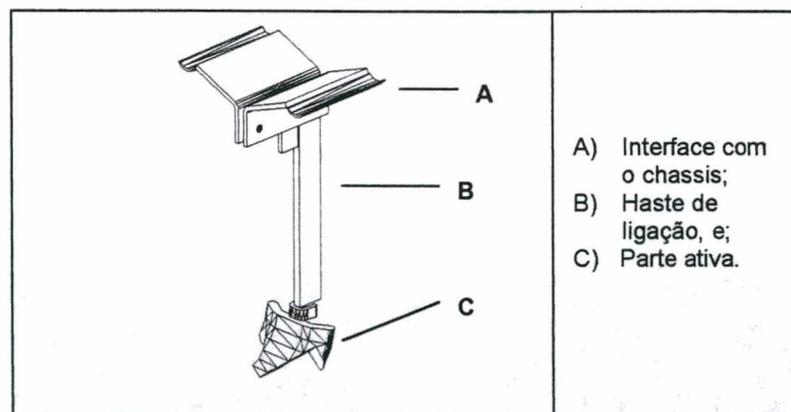


Figura 4.16: Desenho esquemático do módulo MC 01.

Módulo Construtivo 02

As funções deste módulo são: fixar a fonte de tração e ajustar o torque da mesma sobre o implemento. Durante a definição das geometrias deste módulo, optou-se por uma modificação em relação a definição feita durante o Projeto Conceitual. Entendeu-se que o modelo de fixação mostrado na Figura 4.17 apresenta maiores recursos de regulação do momento exercido pela fonte de tração sobre o implemento, o que é desejável, em detrimento

a um custo de produção similar. A vantagem citada provem da possibilidade de giro da haste vertical, detalhe A da Figura 4.17, em relação a sua fixação, detalhe B da Figura 4.17.

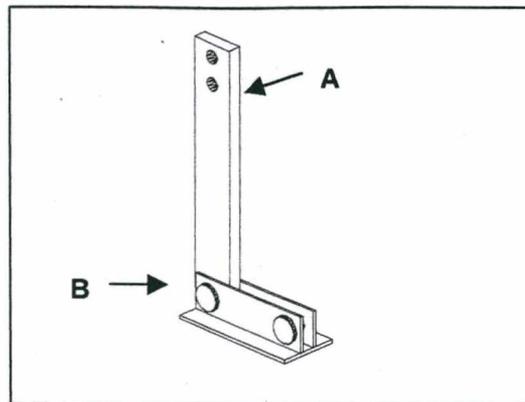


Figura 4.17: Desenho esquemático do MC 02.

Módulo Construtivo 03

Conforme a concepção escolhida na fase conceitual do projeto, este módulo é composto por duas rodas motrizes e o disco de corte posicionado entre as mesmas. Este módulo é responsável também por atender as funções de posicionar haste e captar potência. Para a função de Captar potência, optou-se por fixar a roda dentada à parte externa de uma das rodas motrizes, e, para a função Posicionar haste, o módulo foi dotado de uma gama de opções de fixação ao chassis, como é mostrado no detalhe “D” da Figura 4.18, onde o Módulo MC 03 é mostrado esquematicamente.

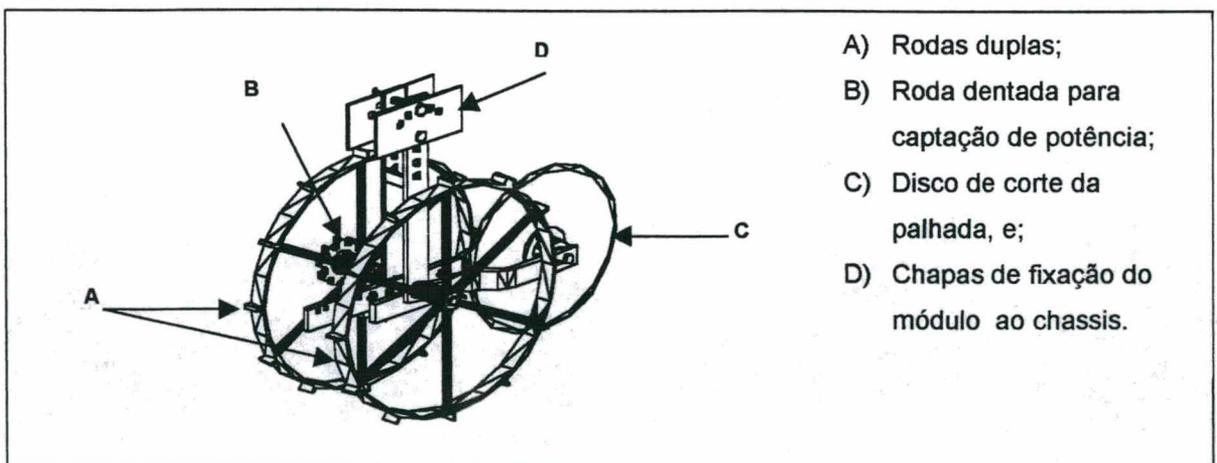


Figura 4.18: Desenho esquemático do Módulo Construtivo 03.

Módulo Construtivo 04

A opção por tubos de aço na definição deste módulo justificou-se pela menor massa dos tubos em relação às barras normalmente utilizadas na fabricação comercial. Este módulo é ilustrado pela Figura 4.19 e é importante lembrar, que apesar de contemplar duas Funções

Elementares, apenas a função Captar Força Humana foi implementada. No Capítulo VI, são feitas recomendações em relação à implementação desta função.

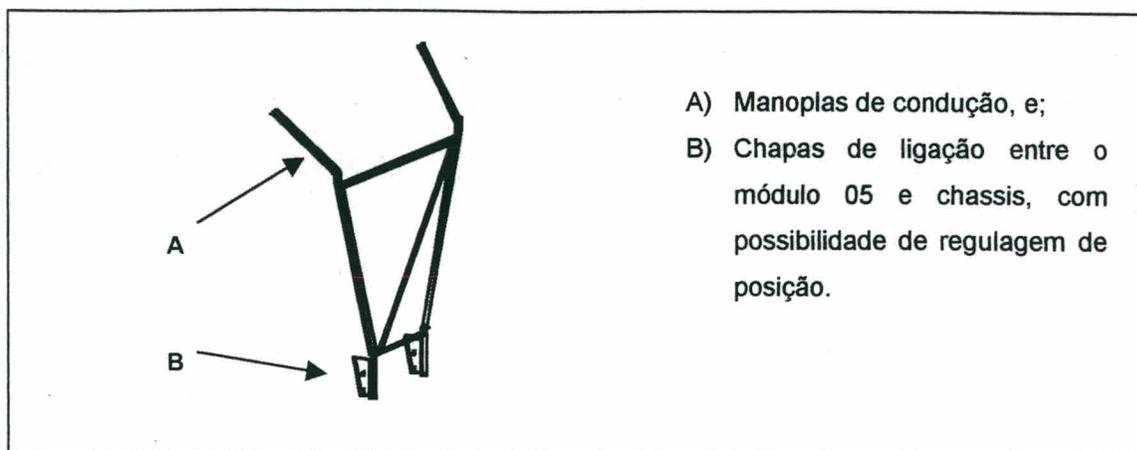


Figura 4.19: Desenho esquemático do Módulo Construtivo 04.

Módulo Construtivo 05

Para a construção deste módulo foram utilizados componentes comerciais, como as rodas compactadoras e a chapa escalonada para o ajuste da profundidade de atuação dos cinzéis. Para a utilização destes componentes comerciais foi realizada uma aproximação entre as rodas compactadoras, e, construídas chapas para ligação entre estas e o chassi, como mostra a Figura 4.20.

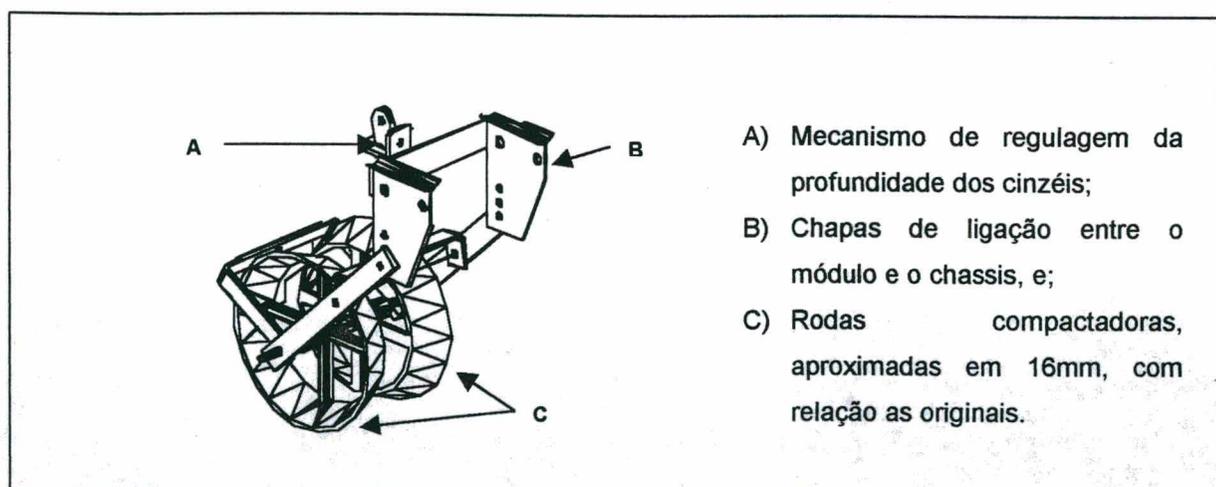


Figura 4.20: Desenho esquemático do Módulo Construtivo 05.

Módulos Construtivos 06 e 07

Estes módulos são comerciais. Para a utilização dos mesmos no sistema modular, são necessárias apenas modificações no tamanhos dos eixos, e nos suportes para fixação. O suportes para o dosador de adubo - MC 06 -, e para o dosador de sementes - MC 07 - estão integrados respectivamente aos módulos MC 08 e MC 09. Nas Figuras 4.21 e 4.22, são mostrados respectivamente os módulos MC 06 e 07.

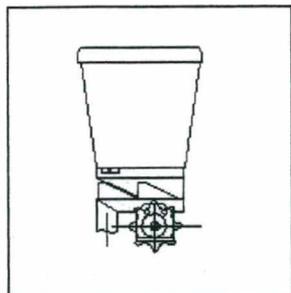


Figura 4.21: Dosador de adubo - MC 06.

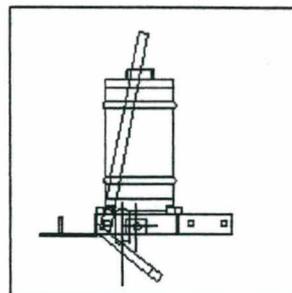


Figura 4.22: Dosador de sementes - MC 07.

Módulos Construtivos 08 e 09

Os Módulos Construtivos 08 e 09 são comerciais. Para sua utilização no sistema modular, de maneira análoga aos módulos MC 06 e 07, são necessárias modificações apenas na maneira de fixação. A Figura 4.23 mostra o desenho esquemático destes módulos, sendo que a referência utilizada para a definição preliminar das dimensões dos suportes destes módulos, são os componentes comerciais cedidos pela empresa IADEL, situada no município catarinense de Dona Emma. A empresa IADEL também colaborou com o desenvolvimento deste projeto, cedendo os demais módulos comerciais já citados.

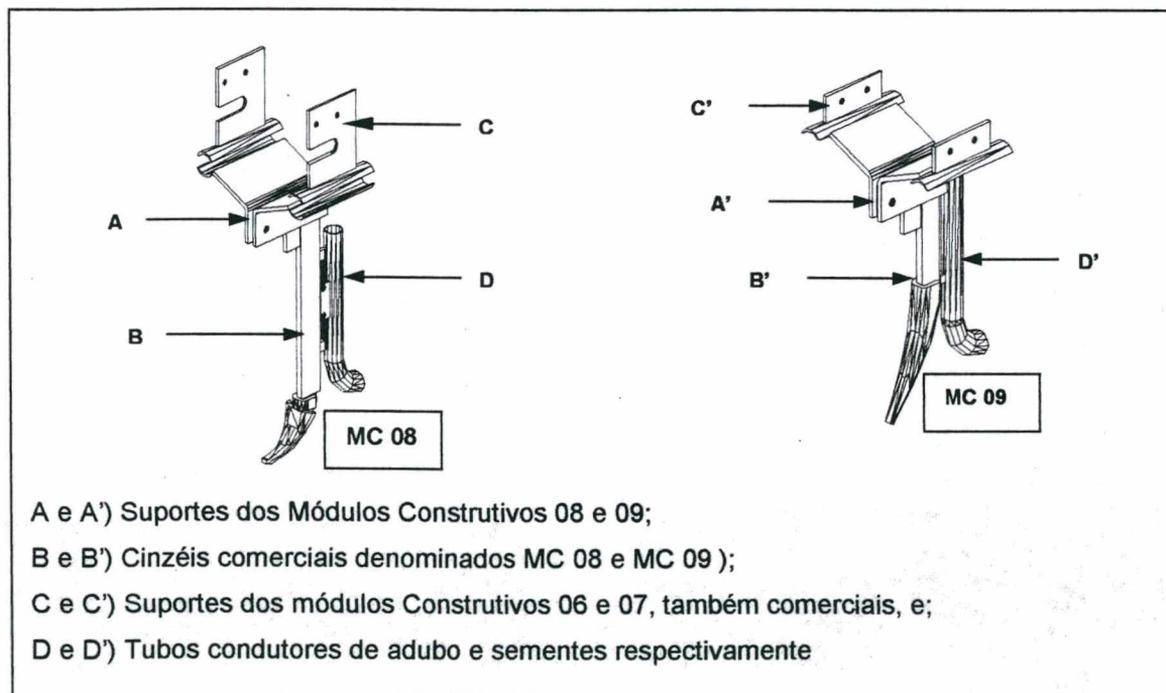


Figura 4.23: Desenhos esquemáticos dos Módulos construtivos 08 e 09, com seus respectivos suportes.

Módulo Construtivo 10

Este também é um módulo comercial. O procedimento para a obtenção deste módulo deverá ser similar ao descrito para os módulos MC 08 e 09, acrescentando aos componentes comerciais, apenas suportes que permitam a interface com o sistema modular. A Figura 4.24 mostra esquematicamente este módulo.

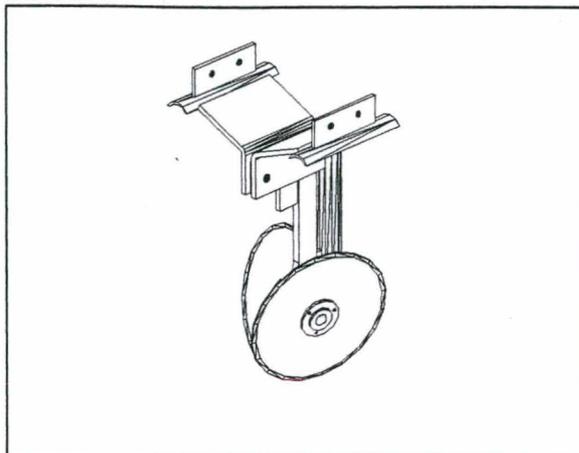


Figura 4.24: Desenho esquemático do Módulo Construtivo 10.

Módulo Construtivo 11

Este módulo também é obtido comercialmente. Sua forma é semelhante a do MC 08 com uma única diferença: a ausência do condutores de adubo, mostrado no detalhe "D" da Figura 4.23. A Figura 4.25 apresenta o desenho esquemático deste módulo.

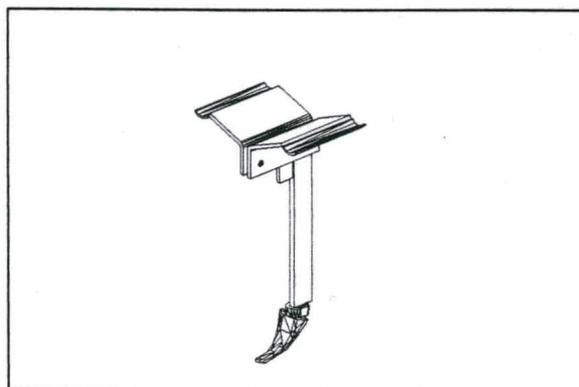


Figura 4.25: Desenho esquemático do Módulo construtivo 11.

Módulo Construtivo 12

Após a definição dos Módulos Construtivos do sistema modular, foi iniciada a definição preliminar das geometrias dos módulos, conforme descrito no item 4.5 e 4.5.1 deste capítulo. Na definição dos módulos, tanto conceituais como construtivos, o Módulo Construtivo 12 não estava relacionado, e a explicação para o surgimento deste módulo é ligada, diretamente a natureza subjetiva do processo de análise funcional, de onde derivam as estruturas funcionais e posteriormente os módulos. Teoricamente subentende-se que os módulos definidos para compor o sistema modular, poderiam ser agrupados fisicamente, ou seja, sem a necessidade de Módulos Auxiliares.

Desta maneira, a partir da definição das geometrias dos módulos, observou-se a necessidade da implementação de um Módulo Auxiliar, destinado a unir os módulos já apresentados, na forma de um chassis.

Para a definição da geometria e dimensões deste chassis, doravante denominado MC 12, foi inicialmente construído um modelo icônico, como é mostrado na Figura 4.26. O objetivo da construção deste modelo foi verificar em escala reduzida, aspectos de arranjo dos demais módulos sobre o MC 12, e formas geométricas do mesmo.



Figura 4.26: Foto do modelo icônico do chassis.

Tendo como base o modelo construído e as dimensões dos implementos utilizados para a definição do sistema modular, foram então definidas as formas para o MC 12, como é mostrado na Figura 4.27.

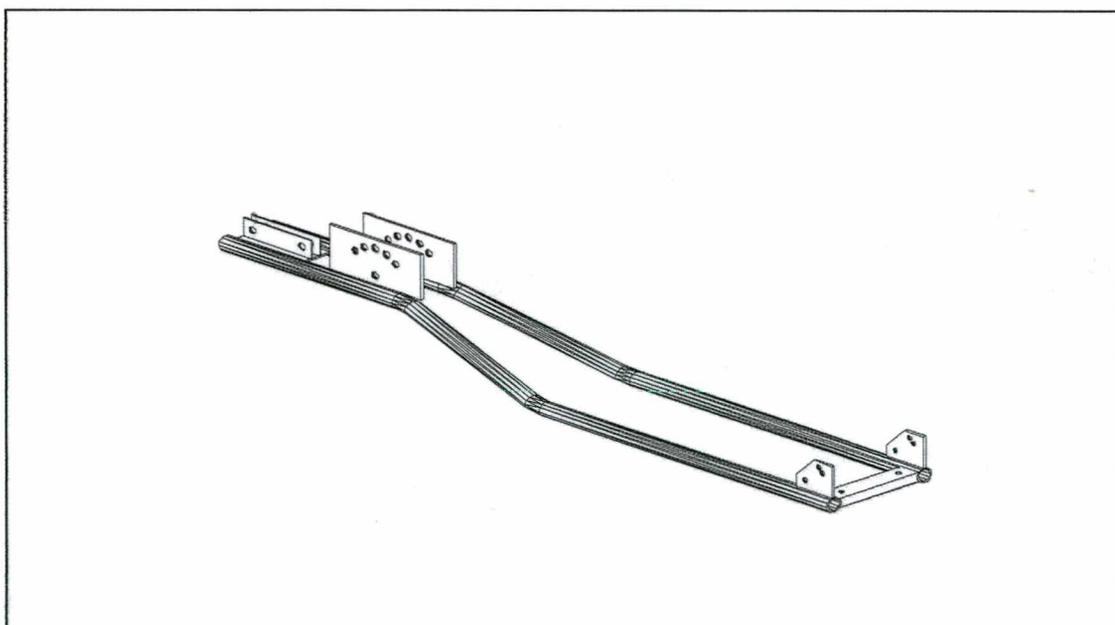


Figura 4.27: Desenho esquemático do Módulo Construtivo 12.

4.5.2 – ASPECTO FINAL DAS VARIANTES DO SISTEMA MODULAR

Após as definições preliminares das geometrias e dimensões dos Módulos Construtivos, foram confeccionados desenhos tridimensionais de cada módulo, possibilitando uma montagem virtual do sistema, como é mostrado na seqüência de figuras a seguir. A primeira representação é a da Figura 4.28. Nela, são mostrados em dois momentos, todos os módulos que compõem a Variante 1 da Função Global. No primeiro momento, os módulos estão separados e no segundo agrupados, simulando a montagem da Variante do Sistema modular.

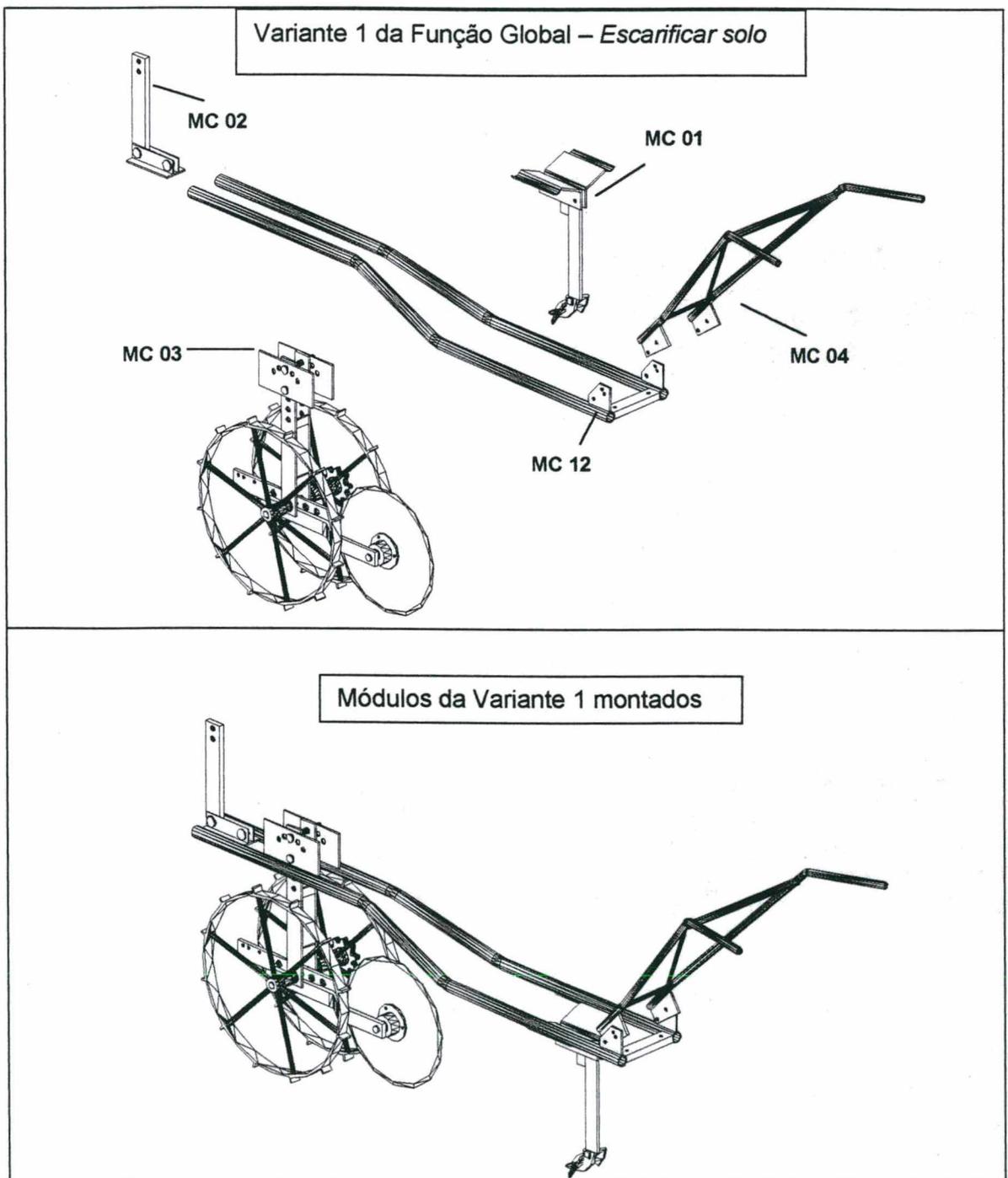


Figura 4.28: Módulos da Variante 1 da Função Global em vista explodida (superior) e montada (inferior).

Nas figuras subsequentes, é repetido o mesmo procedimento para as Variantes 2 e 3 do Sistema Modular. Na Figura 4.29 é apresentada a Variante 2 da Função Global, porém, os módulos construtivos MC 06 e 07 não estão representados. Estes módulos são comerciais.

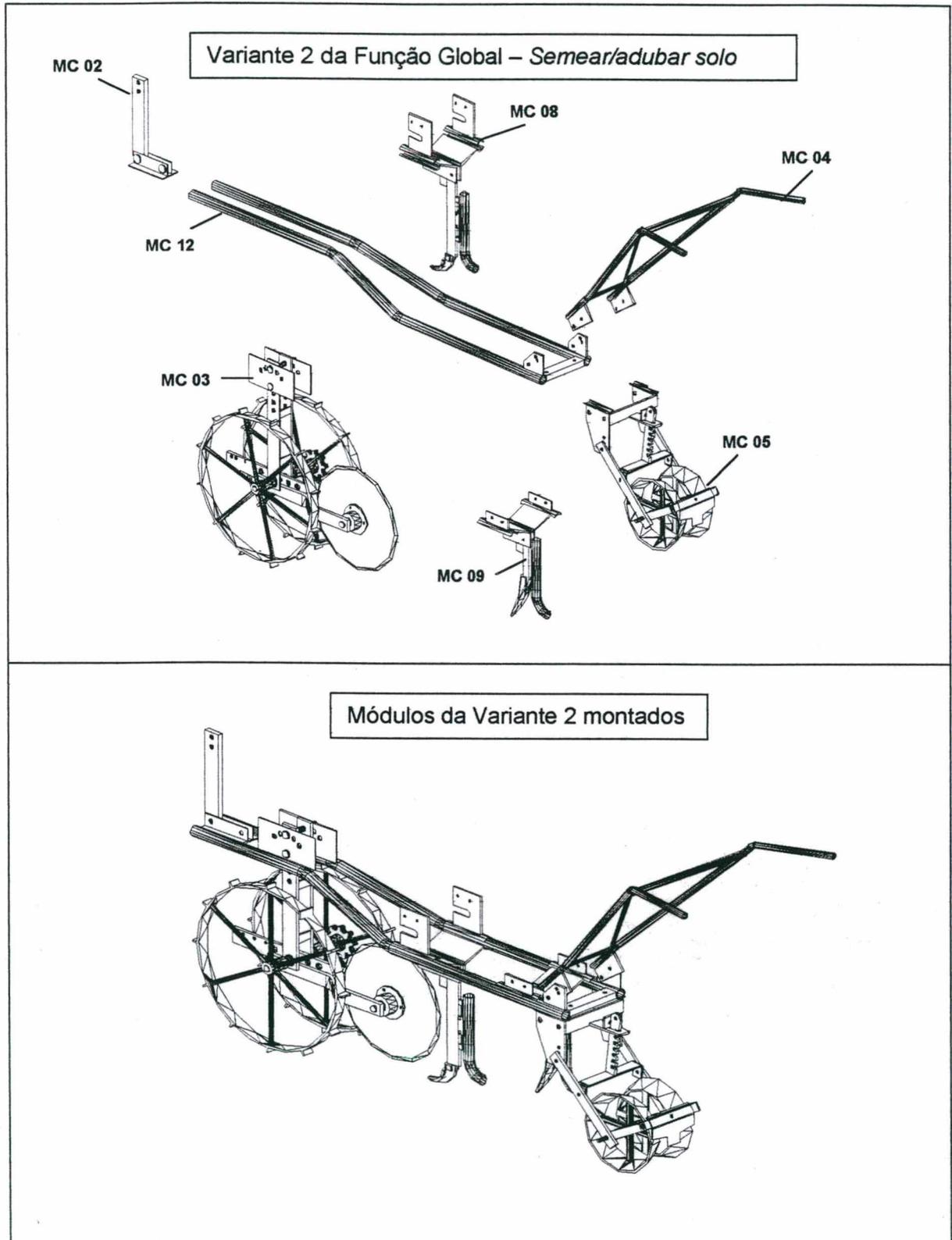


Figura 4.29: Módulos da Variante 2 da Função Global em visão explodida (superior) e montada (inferior).

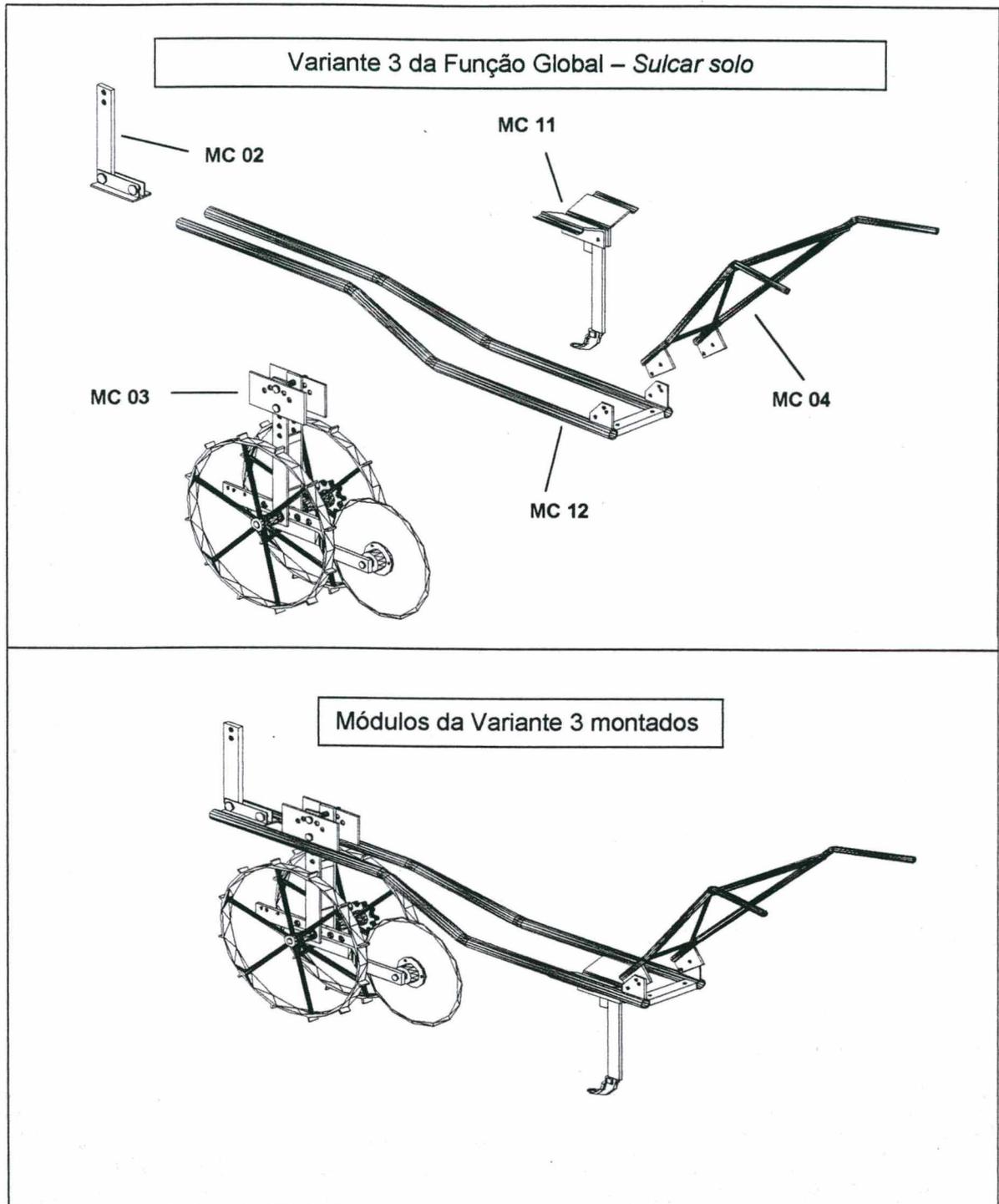


Figura 4.30: Módulos da Variante 3 da Função Global em visão explodida (superior) e montada (inferior).

Após a definição preliminar das geometrias dos Módulos Construtivos, decidiu-se construir o protótipo de uma das Variantes da Função Global. A construção do protótipo, teve os seguintes objetivos: verificar os aspectos relacionados à modularidade do sistema, ou seja, a verificação real do compartilhamento de módulos entre as variantes; da funcionalidade do reagrupamento de funções realizado na fase conceitual do projeto, tais como a utilização de

duas rodas motrizes e fixação única do conjunto rodas/disco de corte, e; finalmente, verificar as expectativas relacionadas à melhora da condição de manobrabilidade ocasionada pela redução da altura do centro de gravidade, em relação a um implemento comercial similar.

Para a construção do protótipo, escolheu-se a Variante 2 da Função Global, cuja função principal é: *semear/adubar solo*. Esta variante é composta por 9 módulos, sendo que os módulos MC 06, 07, 08 e 09 são comerciais, e, os módulos MC 02, 03, 04, 05 e 12, foram construídos pela equipe de projeto nas dependências do NeDIP.

A definição dos materiais e o dimensionamento dos componentes teve como base as especificações de projeto, as formas e dimensões dos implementos similares comerciais, a experiência tanto da equipe de projeto como de técnicos da universidade e, finalmente, a acessoria prestada pelos técnicos da já citada empresa IADEL.

As fotos a seguir ilustram o protótipo após os testes e com pintura, destacando os módulos. Para os testes, apenas aplicou-se uma camada de tinta protetora para evitar corrosão dos componentes. A Figura 4.31 mostra em detalhe os módulos MC 02 e MC 03, já na Figura 4.32, é destacado o sistema de ajuste da profundidade dos cinzeis, o que pode ser feito em movimento.



Figura 4.31: Detalhes do módulo MC 03.



Figura 4.32: Detalhes do sistema de ajuste de profundidade dos cinzeis.

Na Figura 4.33 são mostrados, em vista lateral, os módulos construtivos MC 06 e MC 07, respectivamente, dosador de adubo e dosador de sementes, e, na Figura 4.34, os mesmos módulos construtivos, porém em outra vista.



Figura 4.33: Dosadores de semente e adubo.

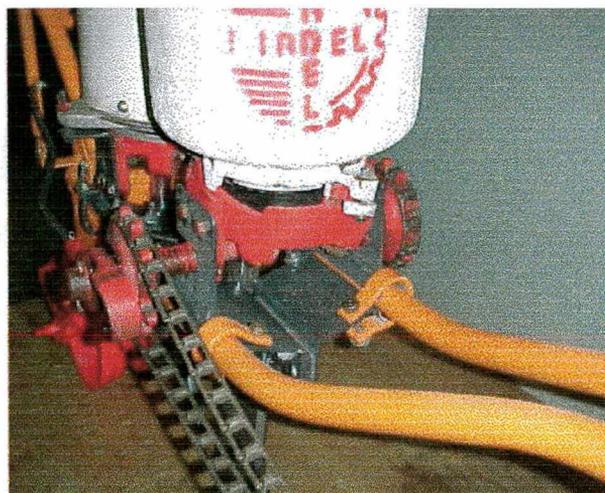


Figura 4.34: Vista frontal dos dosadores de semente e adubo montados.

A Figura 4.35 apresenta o protótipo da Variante 2 do sistema modular montada após a pintura dos módulos.



Figura 4.35: Variante 2 do sistema modular montada após a pintura.

Após a construção, foram então realizados os testes de campo. Os relatos sobre os testes realizados são apresentados no capítulo a seguir.

TESTES E AVALIAÇÕES

5.1 - INTRODUÇÃO

Após a construção do protótipo, foram realizados dois testes de campo. Os testes tiveram como objetivo principal, verificar a funcionalidade dos princípios de solução utilizados, na Variante da Função Global escolhida, em condições reais de trabalho. A seguir são relatados os testes realizados, bem como os resultados e avaliações correspondentes.

5.2 – PRIMEIRO TESTE DE CAMPO

O primeiro teste de campo foi realizado no Centro de treinamento da EPAGRI (CETRE) Bairro Itacurubi, Florianópolis, no dia 25 de Abril de 2000, e o local dos testes apresentava as seguintes características: o solo é classificado como Solo Aluvial Destrófico, proveniente de sedimentos recentes, ocupando áreas planas do relevo fortemente ondulado predominante na região. A vegetação de cobertura do solo é composta de gramíneas com a predominância de braquiárias (capim papuã e braquiária decumbens) e restos da cultura do sorgo recém colhido para silagem. A quantidade estimada foi de 4 a 5 toneladas de massa seca por hectare. A Figura 5.1 mostra a área do primeiro teste de campo



Figura 5.1: Centro de Treinamento da EPAGRI (CETRE).

Deve-se ressaltar que as condições do solo onde foi realizado o primeiro teste de campo não era a mais indicada, por apresentar-se compactado em razão do tráfego de

máquinas e principalmente, devido à baixa unidade do solo devida a estiagem que ocorre na região.

Neste primeiro teste, o implemento foi dotado de um sistema de fixação das rodas dianteiras com características diferentes das inicialmente projetadas. Este sistema de fixação das rodas, de forma inclinada, foi instalado no implemento, para verificar as características de manobrabilidade. A Figura 5.2A mostra a versão com rodas inclinadas, e a Figura 5.2B mostra a posição originalmente projetada.

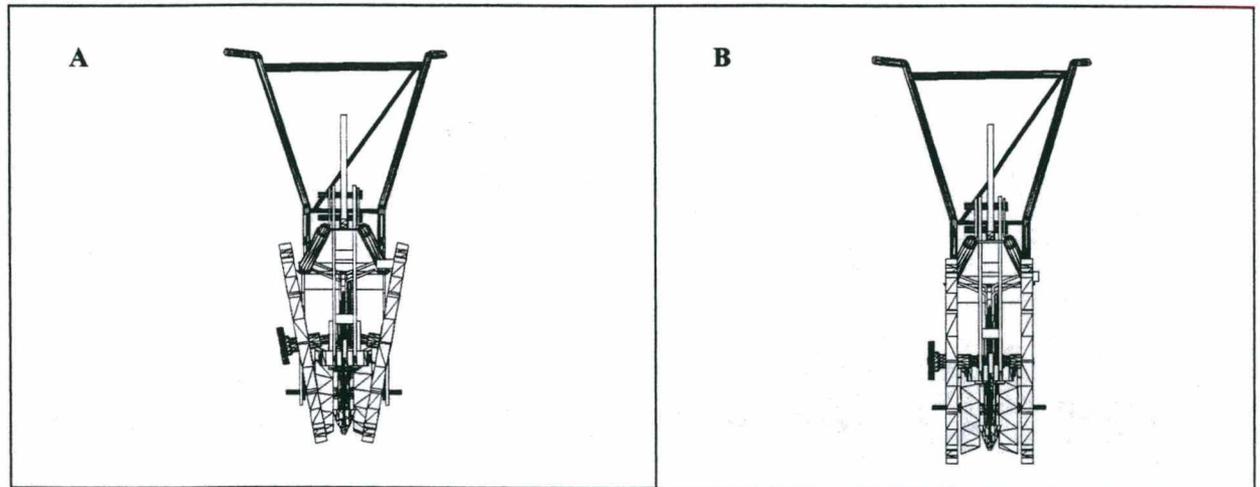


Figura 5.2: A) Rodas inclinadas; B) Rodas na posição original.

Para o início dos testes, foi adotada a seguinte regulagem: Suporte das rodas na posição vertical; disco de corte em posição intermediária, entre rodas e cinzel, e; rodas inclinadas, como mostram respectivamente as Figuras 5.2A e 5.3A. Nestas condições, a penetração do disco de corte, não foi satisfatória, resultado em freqüentes embuchamentos com palhada, deslizamento das rodas dianteiras e necessidade excessiva de força para controlar o implemento. O sistema de rodas inclinadas, também mostrou-se pouco adequado, por não permitir que a captação de potência fosse feita de forma contínua, ou seja, quando o implemento era inclinado, mesmo que levemente para a esquerda, a roda direita perdia o contato com o solo, interrompendo a dosagem de adubo e sementes.

Para a seqüência dos testes, no próprio local onde os testes estavam sendo realizados, foi modificada a posição de fixação das rodas dianteiras e do disco de corte, como é mostrado na Figura 5.3B, fazendo com que as rodas ficassem mais afastadas do disco de corte e dos cinzéis. As rodas foram mantidas na posição inclinadas, conforme a regulagem anterior e mostrada na Figura 5.2A. Com a adoção destas regulagens, as condições de condução do implemento e corte da palhada melhoraram significativamente, porém o deslizamento das rodas e conseqüente interrupção de plantio e adubação ainda eram freqüentes. A terceira e última regulagem utilizada neste primeiro teste, mostrou-se a mais apropriada. A regulagem do disco de corte e posição do suporte não foram alteradas em relação a tentativa anterior, ou

seja, são as mesmas mostradas na Figura 5.3B, porém, as duas rodas foram fixadas de forma paralela entre si, como mostrado na Figura 5.2B.

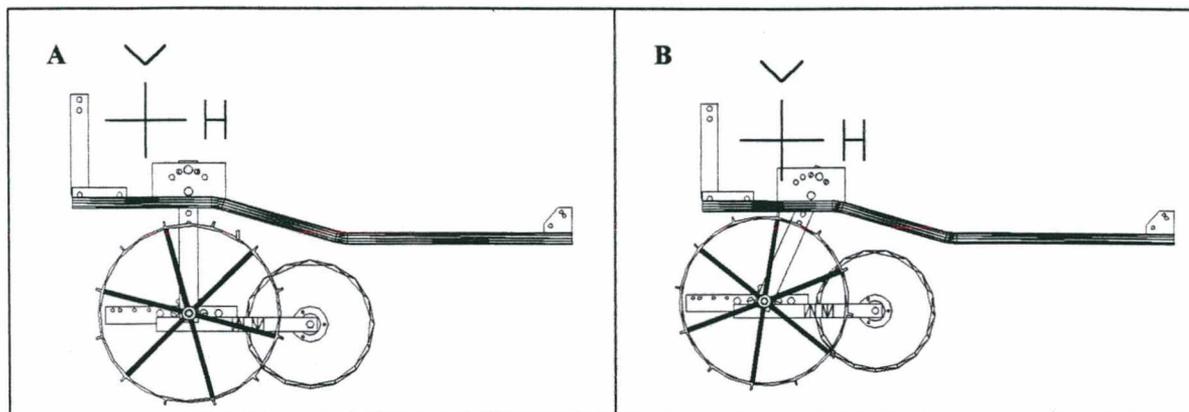


Figura 5.3: A) Rodas com suporte na horizontal; B) Rodas com suporte para frente.

Este tipo de fixação permite que o eixo transmita potência para os dosadores, de forma mais contínua, por apresentar uma maior distância entre as rodas. Após a substituição do eixo, a manobrabilidade do implemento melhorou sensivelmente. O corte da palhada pode ser considerado ótimo. Outro aspecto que chamou a atenção foi a pequena perturbação causada na cobertura vegetal, demonstrando que o sistema de rodas duplas e disco de corte entre as mesmas, é realmente adequado.

Após a finalização dos primeiros testes de campo, concluiu-se que o implemento, apresentou características bastante positivas. Dentre as características destacadas neste primeiro teste, estão o ótimo corte da palhada, a resistência do equipamento, que não apresentou quebras nem deformações de estrutura, e a flexibilidade de regulagens, permitindo ajustes conforme as características de cada tipo de solo.

Como pontos negativos, ressaltou-se a falta das manoplas para manobra, item inicialmente projetado, porém ausente no implemento no primeiro teste, e a necessidade de incorporação de um dispositivo de suspensão do disco de corte durante as manobras, que poderá permitir uma diminuição do esforço do operador quando da necessidade de realização das citadas manobras.

É importante ressaltar que, apesar da área dos testes estar compactada e com baixa umidade, o implemento apresentou características de robustez, flexibilidade e principalmente de potencial para maiores desenvolvimentos.

5.3 – SEGUNDO TESTE DE CAMPO

O segundo teste de campo foi realizado no Fazenda Experimental da Ressacada CCA – UFSC, no dia 02 de Maio de 2000. O solo da área de testes é do tipo areia quartzosa hidromórfica, sendo o relevo plano e massa seca em torno de 4 toneladas por hectare.

O objetivo deste teste foi verificar o desempenho do implemento após as modificações realizadas, ou seja, a ligação entre as rodas dianteiras fazendo com que ambas captassem potência do solo e uma comparação entre a manobrabilidade do protótipo e a de um implemento similar comercial fabricado pela empresa IADEL. A Figura 5.4, mostra a área do segundo teste de campo.



Figura 5.4: Fazenda Experimental Ressacada – CCA – UFSC.

Para este segundo teste, foi novamente utilizada como fonte de tração um trator. As regulagens utilizadas neste segundo teste, foram as mesmas utilizadas no final do primeiro teste e mostradas nas Figuras 5.2B e 5.3B. Após a preparação do implemento, foram simuladas situações de plantio de milho, ou seja, os reservatórios foram completados com sementes e adubo. Durante a operação, várias pessoas não ligadas ao desenvolvimento do implemento operaram o implemento, e o objetivo desta prática foi permitir a comparação entre a manobrabilidade do implemento desenvolvido com um similar comercial testado posteriormente nas mesmas condições de solo, relevo e vegetação.

Durante os testes, ocorreram apenas duas interrupções. A primeira delas, por embuchamento, e a segunda, devido a um travamento do eixo das rodas motrizes. A interrupção por embuchamento pode ser considerada normal devido as características do implemento, ou seja, ao iniciar uma linha de plantio, a palhada existente entre o disco de corte e os cinzéis, não é cortada e conseqüentemente é arrastada, causando o embuchamento. A Figura 5.5A, mostra o embuchamento provocado pelo acúmulo de palhada entre o disco de corte e os cinzéis no início do plantio. A segunda interrupção ocorreu devido ao forte atrito entre o suporte do disco de corte e o eixo das rodas. Estes componentes citados, inicialmente

não possuíam movimento relativo, porém com a modificação realizada após o primeiro teste, onde optou-se por captar tração de ambas as rodas motrizes, este movimento passou a existir, causando o desgaste rápido. A Figura 5.5B mostra o momento da Segunda interrupção do teste, e as Figuras 5.6A e B mostram detalhes do corte da palhada e fechamento do sulco.



Figura 5.5A: Primeira interrupção do teste.



Figura 5.5B: Segunda interrupção do teste.



Figura 5.6A: Primeira linha de plantio.

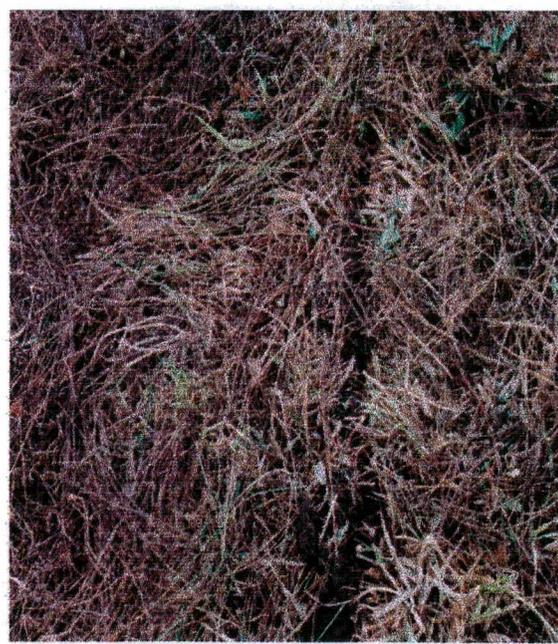


Figura 5.6B: Detalhe do corte da palhada

Para finalizar, foi realizada uma comparação entre o implemento desenvolvido e um similar fabricado comercialmente. Após a preparação, o implemento comercial similar foi submetido as mesmas condições de trabalho e operado pelas mesmas pessoas. Em geral, observou-se que o protótipo desenvolvido apresenta uma significativa vantagem em termos de manobrabilidade, ou seja, é mais fácil de conduzir e realizar manobras, quando comparado com o similar comercial. A Figuras 5.7A e B mostram a preparação do implemento similar comercial comparado ao protótipo construído.



Figura 5.7A: Preparação para teste.



Figura 5.7B: Vista lateral dos

implementos.

5.4 – CONCLUSÕES SOBRE OS TESTE DE CAMPO

O objetivo dos testes realizados no campo foi verificar os aspectos funcionais do protótipo construído, principalmente, em relação a manobrabilidade, resistência mecânica da estrutura e funcionamento das novas configurações.

Quanto à resistência dos componentes, com exceção do problema ocorrido com o eixo das rodas, verificou-se a ótima resistência do chassi, das manoplas de condução e fixações em geral. É importante lembrar que as dimensões escolhidas e o dimensionamento dos componentes foi feito tendo como base apenas a experiência da equipe de projeto e as referências dos produtos existentes e, portanto, podem ainda serem otimizados.

Outro aspecto destacável está diretamente ligado as características do projeto que, por ser modular, permitiu testes de módulos comuns a outras Variantes da Função Global.

Durante a construção do protótipo, existiam muitas incertezas relacionadas aos carregamentos no implemento. Estas incertezas fizeram com que durante a construção fossem previstas maneiras de variar estes carregamentos, e assim corrigir, durante os testes, possíveis problemas como de manobrabilidade, ou funcionais. Como pôde ser visto nas figuras que ilustram os relatos dos testes, a solução encontrada, mostrou-se eficaz, pois foi possível corrigir no campo, aspectos da configuração geométrica, que normalmente só seriam corrigidos em laboratório, como o reposicionamento das rodas, disco de corte, altura do chassi.

Finalizando, acredita-se que o resultado dos testes realizados é bastante positivo. O funcionamento do implemento pode ser considerado adequado com as expectativas, e as respostas esperadas em relação aos princípios de solução reagrupados em módulos, comprovam que este primeiro passo pode ser considerado realmente acertado.

Conclusões e Recomendações

6.1 – CONCLUSÕES SOBRE A METODOLOGIA APLICADA

Conforme fora colocado no Capítulo III deste trabalho, a aplicação de uma nova metodologia, ainda em desenvolvimento, poderia representar uma oportunidade ímpar de aprendizado e de desenvolvimento. Findada a aplicação, tem-se a certeza de que as expectativas foram em muito superadas. Especificamente, ressaltam-se os seguintes aspectos sobre a metodologia de projeto de sistemas modulares – SISMOD.

A metodologia adotada apresenta nas Fases de Projeto Informacional e Projeto Conceitual um excelente nível de detalhamento, tornando menor o nível de abstração comum entre as fases do processo de projeto.

As ferramentas contempladas em cada fase são em número adequado e uniforme, formando uma base para auxiliar as tomadas de decisão.

Por fim, tendo como base a realização deste trabalho, a metodologia adotada pode ser considerada adequada para auxiliar e balizar o processo de desenvolvimento de sistemas modulares.

6.2 – CONCLUSÕES SOBRE O SISTEMA MODULAR OBTIDO

Com relação ao sistema modular obtido, pode ser afirmado que os objetivos principais almejados pelo trabalho foram obtidos e como forma de ressaltar esta colocação, são na seqüência descritos aspectos conclusivos e este relacionados.

O sistema modular obtido mostrou ser possível o compartilhamento de módulos, diminuindo o número de componentes ao criar os Módulos Básicos, como no caso dos disco de corte, rodas, chassis e manoplas para condução, onde o número de modelos baixou de quatro para um. Esta diminuição poderá significar, na hipótese do desenvolvimento do projeto ser continuado até a etapa de transferência para fabricação, uma real diminuição de custos de produção.

A comparação realizada nos testes de campo, entre o protótipo construído e um implemento comercial fabricado pela empresa IADEL, mostrou que a variante testada incorpora melhorias significativas, como um excelente corte de palhada, decorrente da reconfiguração dos princípios de solução e melhor manobrabilidade, constituindo assim avanços desejáveis no desenvolvimento destes implementos agrícolas, conforme os objetivos principais do trabalho.

Apesar de não ter sido contemplada a rigor a Fase de Projeto Preliminar e Detalhado do Sistema Modular, o material resultante deste trabalho representa uma base sólida e cientificamente fundamentada para que trabalhos futuros possam neste ser ancorados, dando continuidade as idéias aqui apresentadas, podendo resultar em produtos competitivos e condizentes com a realidade do pequeno agricultor do Estado de Santa Catarina.

6.3 – RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Tendo como referência os testes realizados em campo e a construção do protótipo de uma das Variantes do Sistema Modular, tem-se as seguintes recomendações:

É de suma importância que as fases de Projeto Preliminar e Detalhado deste trabalho sejam desenvolvidas com rigor, completando o ciclo de projeto, para que fatores de custo e fabricação entre outros, possam ser apurados e otimizados;

Apesar de já ter apresentado um bom desempenho e uma melhora em termos de manobrabilidade, o protótipo construído pode ser otimizado, tendo uma redução de massa maior ainda, e, principalmente a implementação de um sistema de suspensão do disco de corte durante as manobras, acoplando-se as mesmas a haste reguladora da profundidade de penetração do disco de corte. A Figura 6.1 mostra esquematicamente a recomendação.

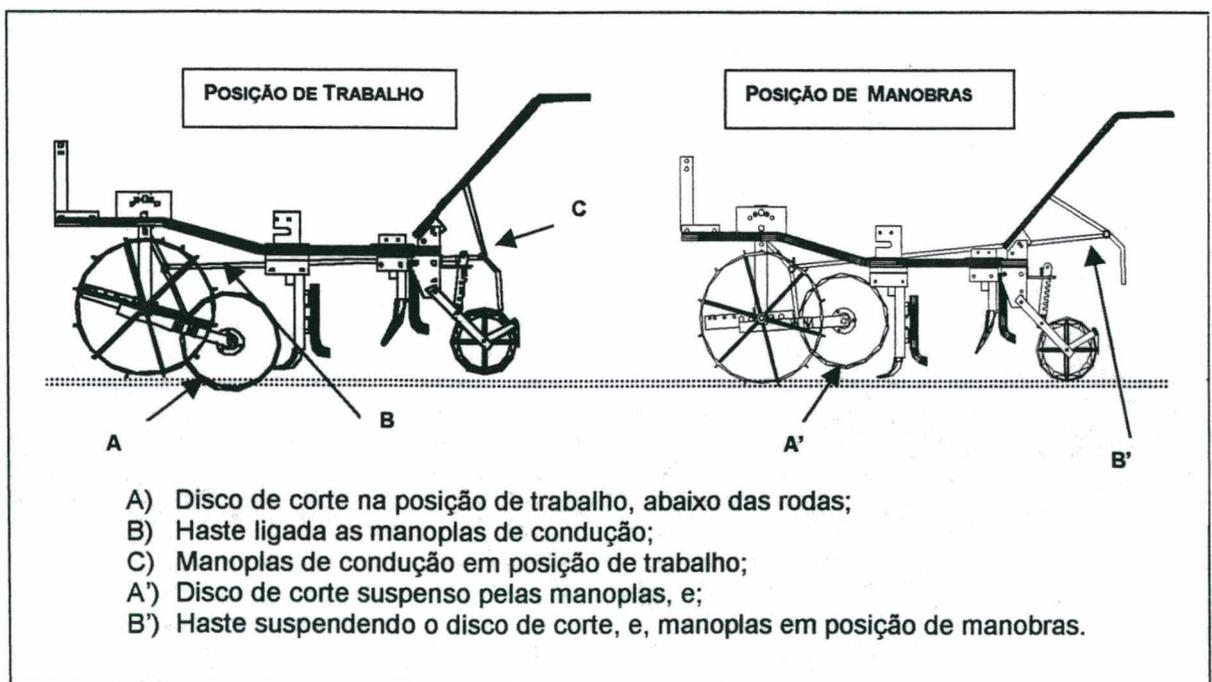


Figura 6.1: Representação esquemática do dispositivo de suspensão do disco de corte

Ainda em relação ao protótipo construído, recomenda-se também uma modificação no sistema de fixação das rodas. Após a modificação para captação de potência de ambas as

rodas, ficou clara a necessidade de colocação de buchas ou rolamentos no eixo central, para evitar o desgaste excessivo do mesmo. No mesmo módulo ainda o MC 03, o disco de corte poderá ser dotado de um sistema de permita um pequeno giro do mesmo em relação a linha longitudinal do chassis. Este recurso é apresentado pelo implemento mostrado na Figura 2.11 e poderá representar maior facilidade operação em curvas de nível.

Durante o desenvolvimento do leiaute do sistema, sentiu-se a necessidade de dados sobre os carregamentos, aos quais o sistema é submetido durante a sua utilização. Baseado nesta dificuldade, sugere-se que sejam realizados trabalhos visando obter dados a respeito dos carregamentos ao qual este tipo de implemento, tracionado por pequenas fontes de tração é submetido, o que poderá representar uma maior facilidade na aplicação de ferramentas, tanto para cálculos estruturais, como para simulação de situações de trabalho.

Sobre a metodologia de projeto aplicada, é feita a seguinte recomendação:

Por apresentar um nível de detalhamento bastante grande, é importante uma atenção especial quanto à real necessidade de execução das tarefas de cada Fase, uma vez que dependendo do nível de conhecimento e capacitação da equipe, os trabalhos podem ser simplificados sem apresentar riscos ao projeto. Uma das formas de implementar estas sugestões, seja talvez a incorporação de exemplos na metodologia, contemplando as diferentes abordagens em relação a projetos simples e projetos complexos.

Outro aspecto, em relação à metodologia adotada, desperta para a necessidade de implementação de ferramentas computacionais, além das existentes, capazes de auxiliar o armazenamento, trato e atualização das informações necessárias durante o processo de projeto.

E, finalmente, um alerta para o menor volume de trabalhos realizados contemplando as fases finais do desenvolvimento de produtos, como Projeto Preliminar e Detalhado, resultado em uma dificuldade maior de obtenção de informações sobre a realização destas fases de projeto.

6.4 – CONCLUSÕES GERAIS

O presente trabalho buscou dar uma contribuição no sentido de melhorar o quadro de desenvolvimento da mecanização agrícola no Estado de Santa Catarina. O enfoque principal deste trabalho foi voltado ao equipamentos destinados as atividades conservacionistas de cultivo em pequenas propriedades.

São apresentados, a seguir, os aspectos conclusivos relacionados aos trabalhos realizados.

A aplicação de metodologias de projeto de produtos modulares, no desenvolvimento de novos produtos, ou modularização de produtos existentes, é capital, para que os resultados obtidos contemplem características atualmente indispensáveis em termos de soluções tecnológicas, custos de desenvolvimento e adequação mercadológica;

A capacidade de um produto em desenvolvimento vir a apresentar as características dele desejadas é diretamente ligada a profundidade com que são pesquisados, selecionados e interpretados os desejos e necessidades dos clientes e usuários, de todas as fases e de todos os níveis do ciclo de vida, do produto em desenvolvimento;

Apesar de não terem sido realizadas na íntegra, as Fases de Projeto Preliminar e Detalhado, o sistema modular obtido apresentou características que demonstram um avanço em relação aos produtos existentes, aproveitando soluções simples e coerentes com a capacidade de produção das indústrias do Estado de Santa Catarina;

Por fim, acredita-se que o trabalho realizado, representa uma contribuição significativa no desenvolvimento de sistemas modulares e, na condição de mecanização agrícola conservacionista em pequenas propriedades, por apresentar soluções coerentes, relatos concisos e caminhos bem definidos a serem seguidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) BACK, N. **Metodologia de Projeto de Produtos Industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983. 389p.
- 2) BACK, N.; FORCELLINI, F. A. **Projeto de Produtos**. Disciplina Projeto Conceitual, do curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. UFSC, 1996. 137p. Notas de aula
- 3) BACK, N.; LEAL, L. da C. M.; D'AGOSTINI, L. R. **Avaliação Tecnológica da Indústria Catarinense de Máquinas e Implementos Agrícolas**. Florianópolis: 1982. Convênio MIC / FEESC. Relatório Técnico.
- 4) BERTAPELLI, M. V. **Desenvolvimento do protótipo da semeadora / adubadora por covas**. Florianópolis, 1995. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- 5) CASÃO, Jr. R.; YAMAOKA, R. S. **Desenvolvimento de semeadora / adubadora direta a tração animal**. Anais do XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1990, Piracicaba – SP
- 6) CASTALDO, E. C. **Desenvolvimento, construção e testes de um picador para coberturas vegetais**. Florianópolis, 1999. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- 7) DELLAGIUSTINA, D. **Desenvolvimento de Protótipo de uma Semeadora-Adubadora de Plantio Direto a Tração Animal**. Florianópolis, 1990. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- 8) DERPSCH, R. **Adubação Verde no Sul do Brasil**. Campinas: Fundação Cargil, 1984. 362p.
- 9) EILON, S. **Elements of Production Planning and Control**. New York: Macmillan Company, 1962. 587p.
- 10) ERIXON, G., YXKULL, A.; ARNSTRÖM, A. **Modularity – the Basis for Product and Factory Reengineering**. Annals of the CIRP, Vol. 45/1/199. p. 1-6, 1996.
- 11) ERIXON, G.; ÖSTGREN, B. **Synthesis and Evaluation Tool for Modular Designs**. International Conference on Engineerin Design (ICED'93), 1993, Haguem, p. 898–905.
- 12) FERREIRA, C. V. **Estimativa de Custos de Produtos na Fase de Projeto Conceitual: Uma Metodologia Para Seleção da Estrutura Funcional e da Alternativa de Solução**. Florianópolis, 1997. 149f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina.
- 13) GU, P.; SOSALE, S. **An Integrad Modular Design Methodology for Life-Cycle Engineering**. 1997.
- 14) HILL, C. D. et alli. **Minimum Tillage**. Ext. Circ., Pardue Univesity, EUA, 1960. 479p.

- 15) LUCIANO, M. A. **Projeto de uma Semeadora / Adubadora pelo Sistema de Covas Acoplada ao Trator de Rabiças**. Florianópolis, 1998: 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- 16) MARIBONDO, J. F. **Diretrizes para o Desenvolvimento de uma Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares**. COBEM, 1999. Águas de Lindóia, SP.
- 17) MARIBONDO, J.F.; Back, N. Forcellini, F.A., “**A Fundamentação e as Perspectivas de Projeto de Produtos Modulares**”, V CONGRESSO DE ENGENHARIA MECÂNICA NORTE NORDESTE, , Fortaleza. Vol. 1, p. 86-93. 1998.
- 18) MENNERIG, J.V.; FENSTER, C.R. What is conservation tillage?. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, 38(3), 1983. p. 141–143
- 19) MIALHE.L. G. **MÁQUINAS AGRÍCOLAS: Arados e Grades**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, ESALQ, 1967.
- 20) MOLIN, J. P.; BASHFORD,L. L.; BARGEN, K. V.; LEVITICUS,L. I. **Design and Evolution of a Punch Planter for No-Till Systems**. ASAE Anual International Meeting. Phoenix, Arizona. 1996.
- 21) MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó, SC 1991. 336p.
- 22) MONTOYA, L. J. **Aspectos de Economicidade no Manejo do Solo em Plantio Direto**. informações de pesquisa IAPAR 57. Londrina, 1994.
- 23) MUZILLI, O. **O Plantio Direto no Brasil: Atualização em Plantio Direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1995.
- 24) Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Coleta de dados de campo relativos a confiabilidade, manutenibilidade, disponibilidade e suporte à manutenção: NBR, 13533**. Rio de Janeiro, 1995. 7p.
- 25) PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering Design: A Systematic approach**. Springer-Verlag, London Limited, Printed in Great Britain, 1996. 544p.
- 26) PIZZATO, A. **Desenvolvimento de uma Sistemática de Apoio ao Projeto de Móveis Modulares**. Florianópolis, 1998. 164f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- 27) PUGH S. **Total Design Integrated Methods for Successful Product Engineering: Addison Wesley Publishing Company**, 1991.
- 28) RIBEIRO, M. F.; MERTEN, G. H.; SKORA NETO, F. **Plantio na palha na pequena propriedade**. Plantio Direto no Brasil. CNPT-EMBRAPA,FUNDACEP-FECOTRIGO, FUNDAÇÃO ABC. Passo Fundo, RS. Editora Aldeia Norte, 1993.
- 29) ROMANOS, M. S. **Demand Forecasting For Parts Used in Modular Products: A Case study**. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam – Printed in The Netherlands. **Engineering Costs and Production Economics**, 17, pp. 231-144, 1989.
- 30) RUSSEL, E. W. **Soil Condition and Plant Growth**. New York, Longmann, 1973.

- 31) SANTOS, S. **Avaliação e Melhoramento de Equipamento para Manejo de Cobertura Vegetal**. Florianópolis, 1997. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- 32) STARKEY, P. **Policultores de Tração Animal: Perfeitos Porem Rejeitados**. Tradução de Patricia Vaz. Rio de Janeiro AS – PTA, 1990. 152 p.
- 33) STARR, M. K. **Modular Production: A New Concept**. Harv. Bus., 43 (6): 131 – 142, 1965.
- 34) ULRICH, Karl & TUNG, Karen. **Fundamentals of Product Modularity**. DE-Vol. 39, Issues in Design Manufacture/Integration. ASME, 1991.
- 35) VALDIERO, C. **Desenvolvimento e Construção do Protótipo de um Microtrator Articulado: Tração e Preparo de Sulcos**. Florianópolis, 1994. 142f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- 36) VEDOATO, R. **Princípios Básicos de Plantio Direto**. Atualização em Plantio Direto, Fundação Cargill, pág. 19-28, Campinas, 1985.
- 37) WEISS, Augusto. SANTOS, Salete dos. **Diagnostico da Mecanização Agrícola Existente nas Microbacias da Região do Tijucas / da Madre**. Florianópolis, 1996. 114 p. Fundação do Ensino da Engenharia em Santa Catarina – FEESC .
- 38) WEISS, Augusto. **Desenvolvimento e Adequação de Implementos para Mecanização Agrícola nos Sistemas Conservacionista em Pequenas Propriedades**. Florianópolis, 1998. 200f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- 39) PAULO HENRIQUE DE SOUZA. Solo Bem Partido. **Gazeta Mercantil, Balanço Anual 98**. Florianópolis, número 5, pág. 40-41, Setembro 1998.

Anexo A

Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares – SISMOD

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO TECNOLÓGICO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTOS – NeDIP

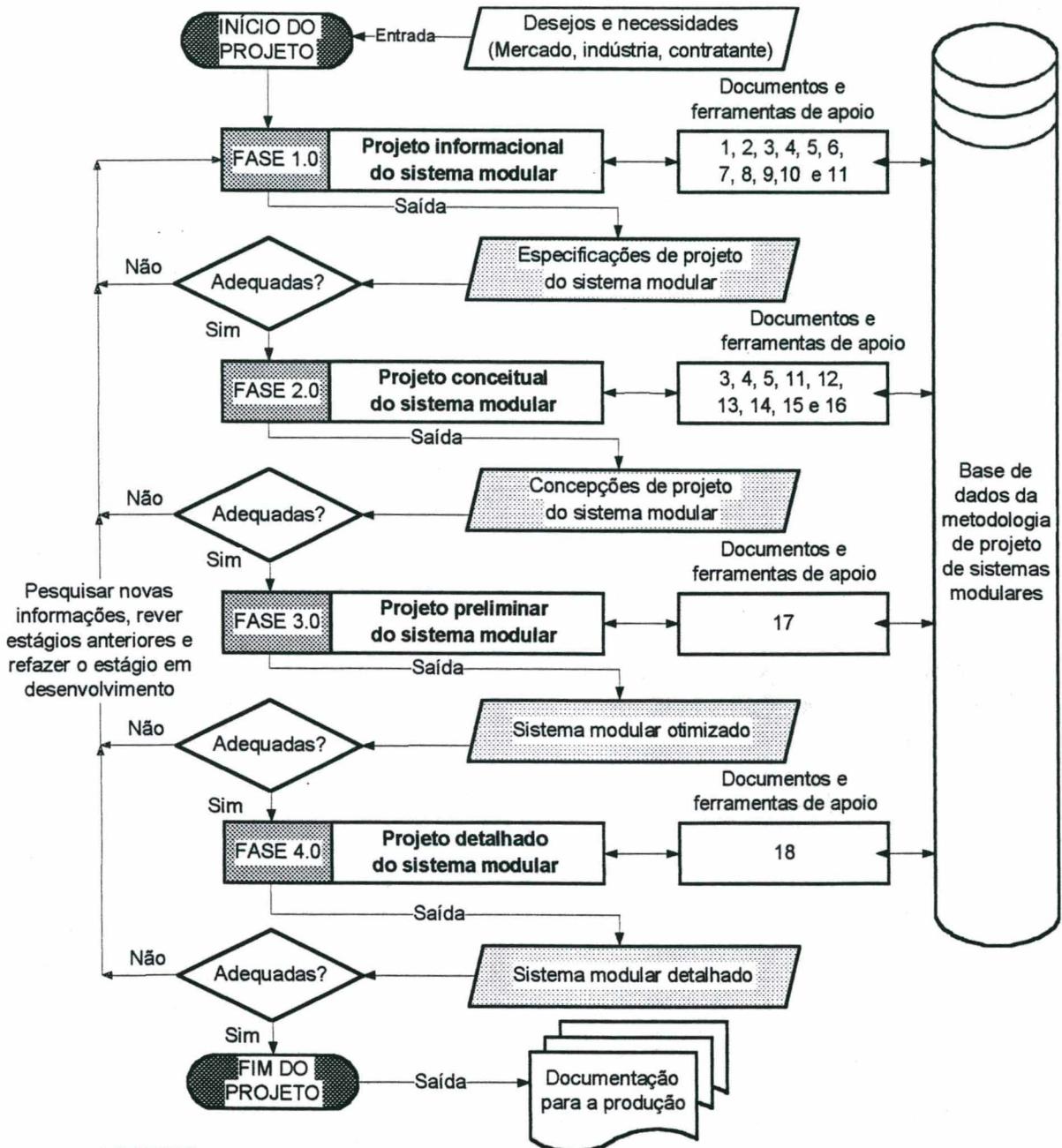
PUBLICAÇÃO INTERNA

**METODOLOGIA DE PROJETO DE SISTEMA MODULARES
(SISMOD)**

Autores: ***Juscelino de Farias Maribondo – Doutorando***
Nelson Back Ph.D – Orientador
Fernando Antônio Forcellini – Dr. Eng. – Orientador.

FLORIANÓPOLIS, SANTA CATARINA

30 DE MAIO DE 2000



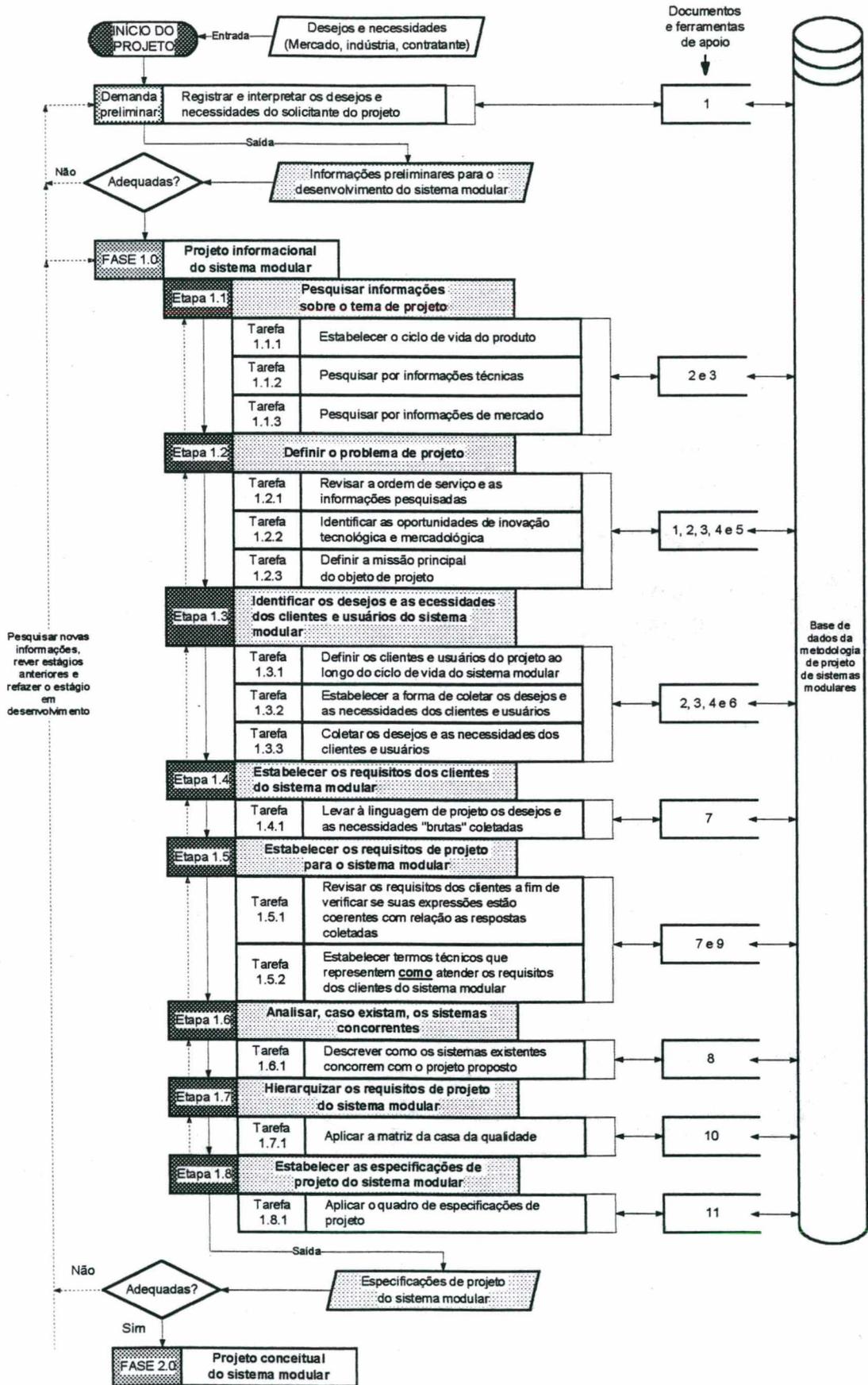
LEGENDA

1 - Ordem de serviço.	13 - Gerador dos módulos construtivos do sistema modular.
2 - Ciclo de vida dos produtos.	14 - Matriz de seleção das estruturas funcionais do sistema modular
3 - Catálogo de informações técnicas.	15 - Matriz de concepção do sistema modular.
4 - Formulário de identificação de oportunidades	16 - Avaliador das concepções de projeto do sistema modular.
5 - Definição do problema de projeto	17 - Catálogos técnicos; ferramentas de modelamento, otimização, gerenciamento de riscos, estimativas de custos e bancos de dados normativos.
6 - Questionários estruturados.	18 - Ferramentas computacionais de auxílio ao desenho, ao cálculo do custo do sistema modular e de verificação dos resultados obtidos.
7 - Tradutor das necessidades dos clientes e usuários do projeto em requisitos dos clientes do projeto.	
8 - Análise dos produtos concorrentes.	
9 - Lista dos requisitos de projeto do sistema modular.	
10 - Matriz da casa da qualidade.	
11 - Quadro de especificações de projeto.	
12 - Síntese funcional do sistema modular.	

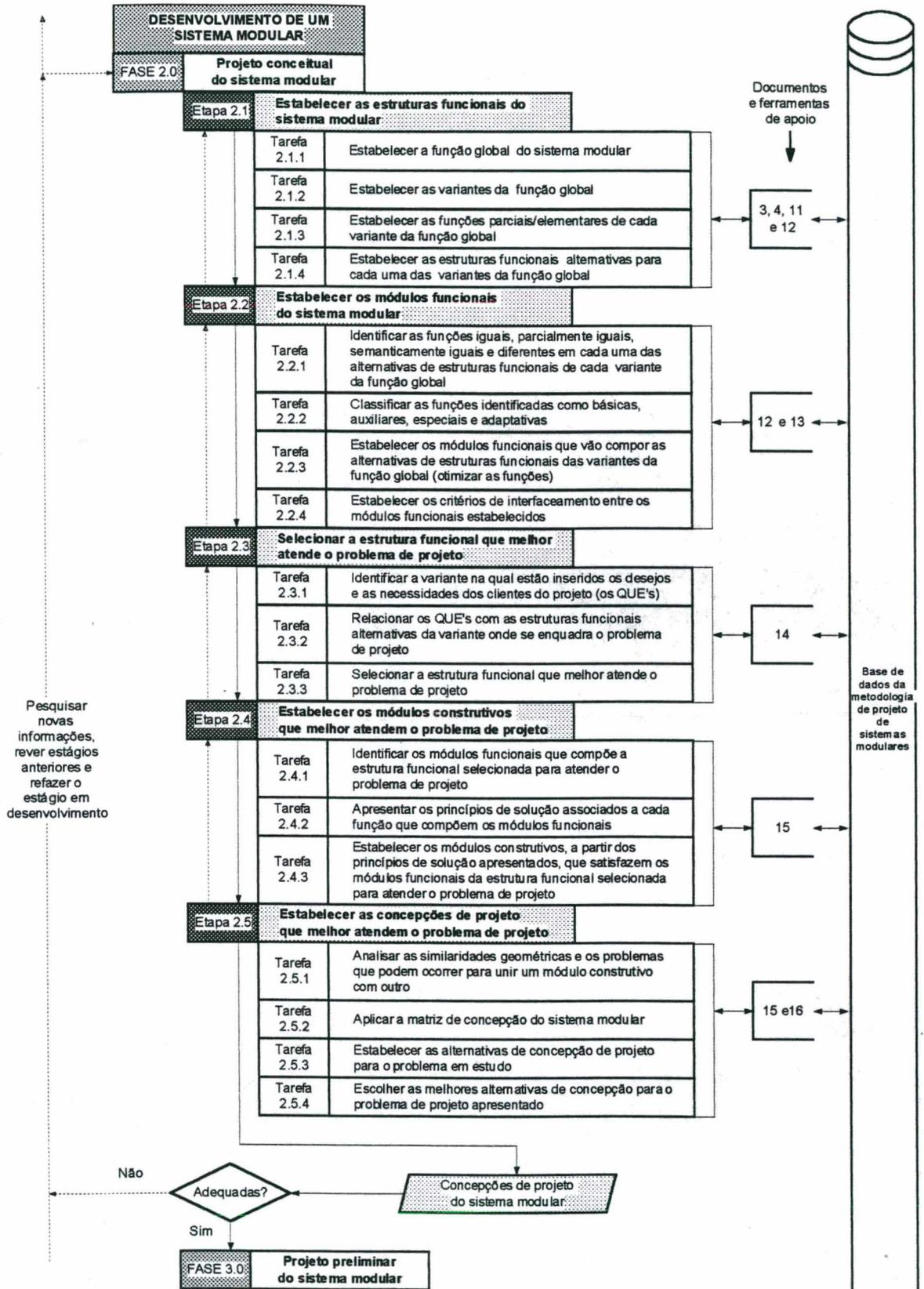
Fluxo geral da metodologia de projeto de sistemas modulares

SÍMBOLOS BÁSICOS	SIGNIFICADO DOS SÍMBOLOS DENTRO DO PROCESSO DE PROJETO
	Este símbolo indica o início ou o fim do processo de projeto.
	Este símbolo indica um processo, uma ação, uma atividade a ser executada.
	Este símbolo indica uma avaliação dentro do processo de projeto.
	Este símbolo indica um documento a ser impresso.
	Este símbolo indica uma entrada ou saída de dados ou informações.
	Este símbolo indica armazenamento de dados e/ou informações.
	Este símbolo indica um comentário.
	Este símbolo indica preparação ou elaboração de dados ou informações.
	Este símbolo indica a seqüência do processo de projeto.
	Este símbolo indica um retorno dentro do processo de projeto.

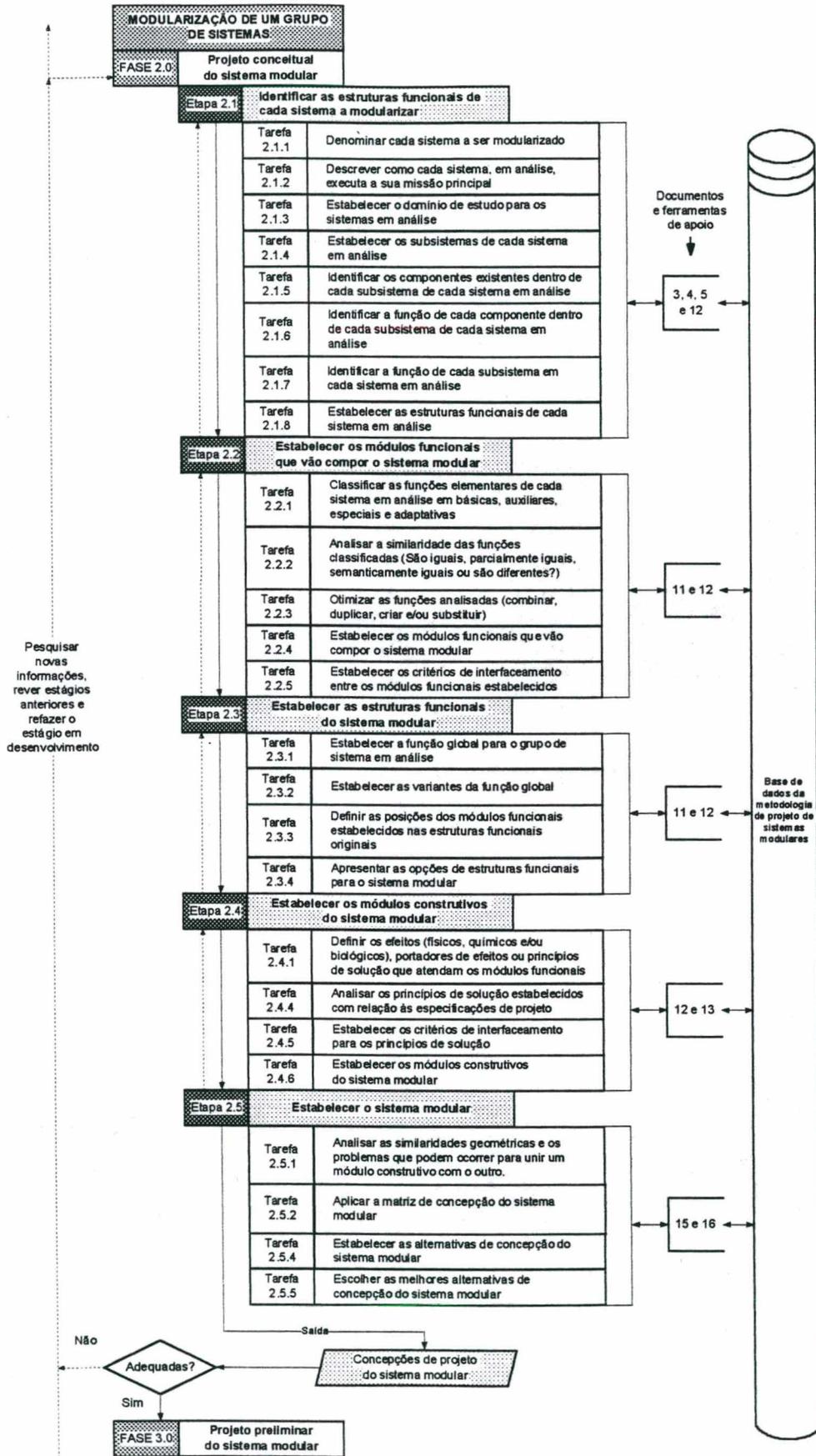
Convenção básica utilizada na construção dos fluxos da metodologia de projeto de sistemas modulares



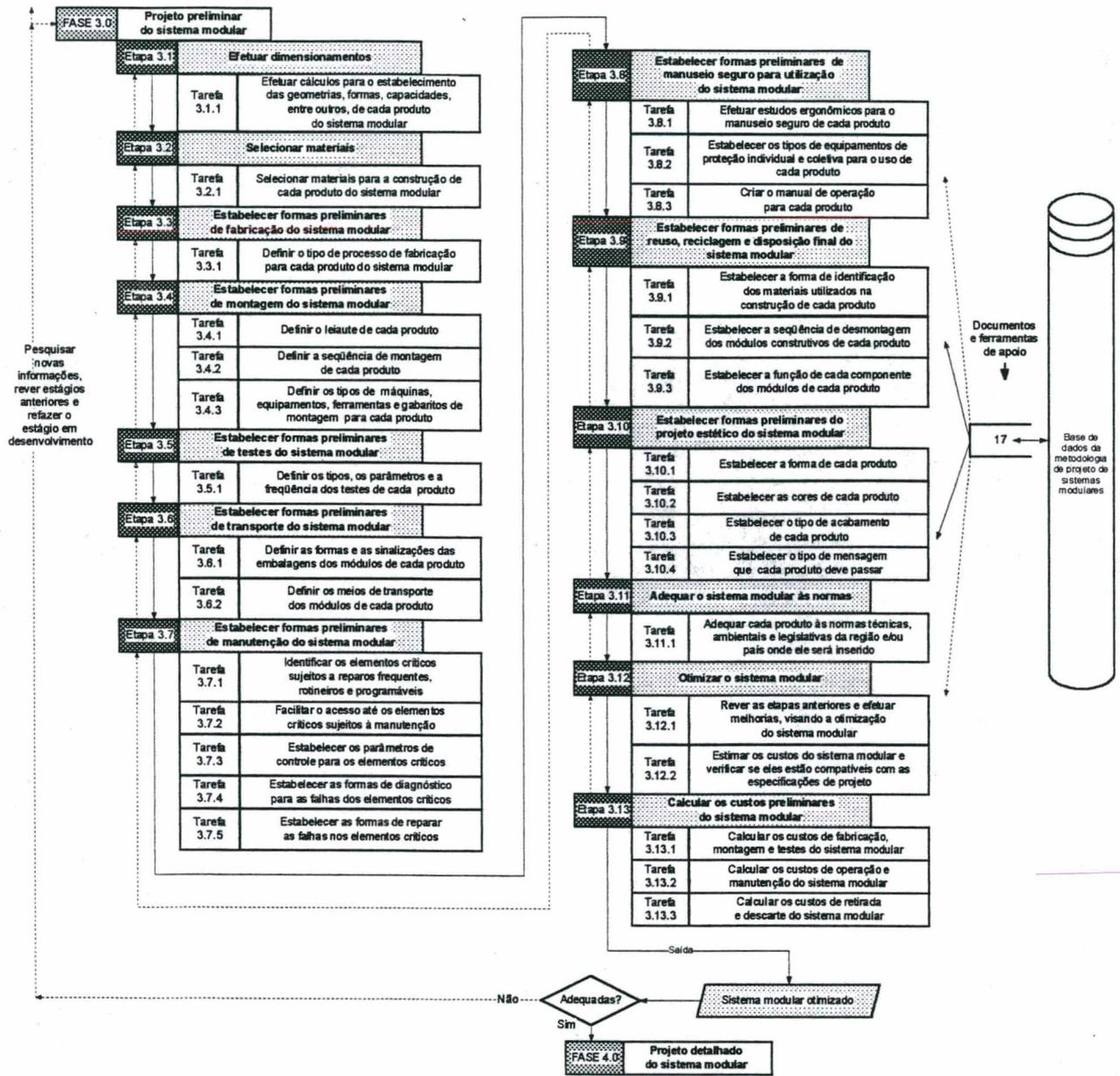
Detalhamento do projeto informacional do sistema modular.



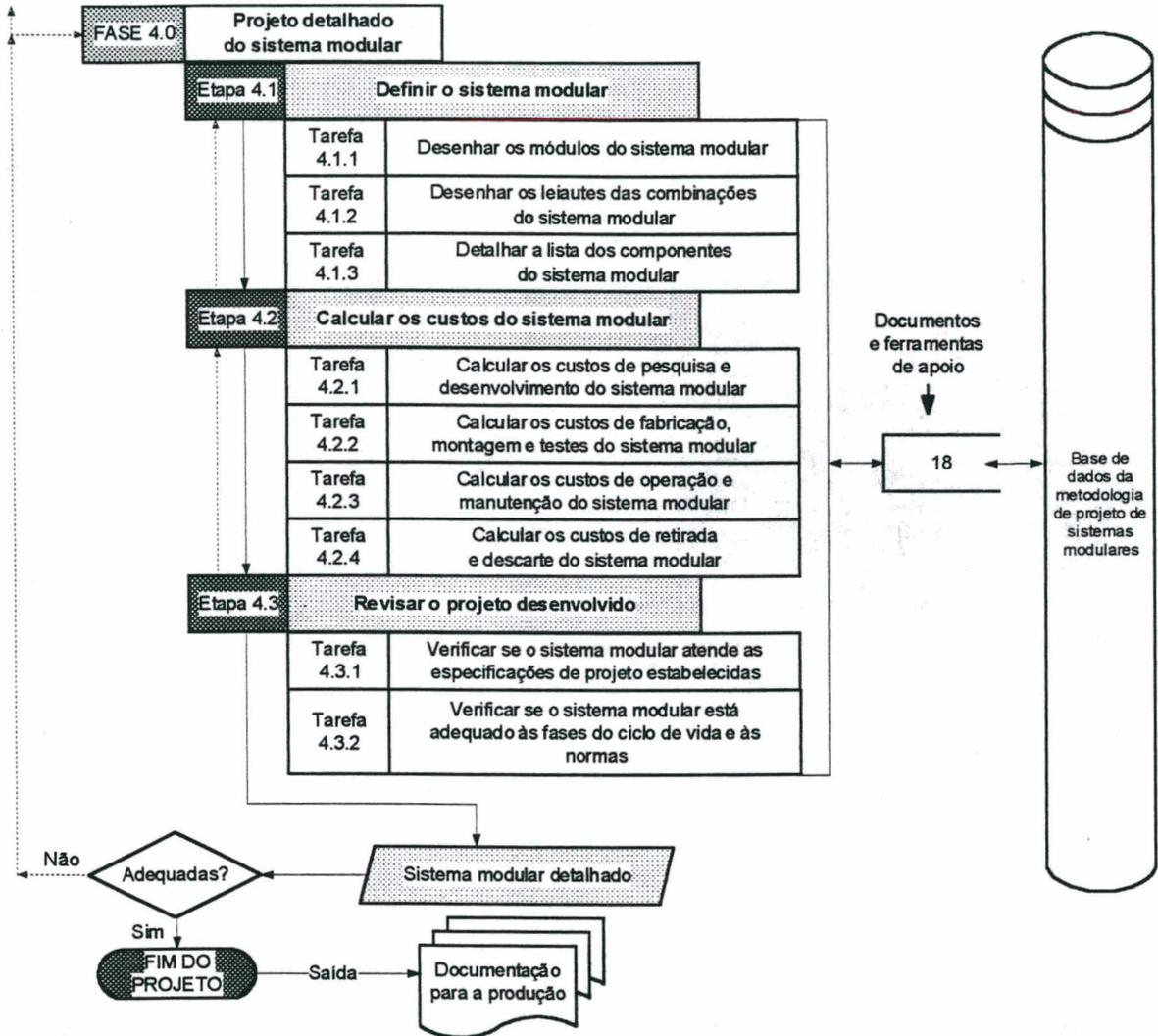
Detalhamento do projeto conceitual do sistema modular – Roteiro 1.



Detalhamento do projeto conceitual do sistema modular – Roteiro 2.



Detalhamento do projeto preliminar do sistema modular.



Detalhamento do projeto detalhado do sistema modular.

Anexo B

Análise Funcional

B.1.0 - Identificação das Estruturas Funcionais do Implementos

Este anexo apresenta a aplicação da ferramenta denominada Análise Funcional. Os resultados da aplicação desta ferramenta foram mostrados no item 4.4.1 do capítulo IV.

Para a identificação da Função Global do implemento é feita uma descrição técnica da atividade principal do objeto em estudo. Em outras palavras, são frases sintéticas contendo um verbo mais substantivos, que resumam a atividade principal.

O desdobramento da Função Global em funções parciais e funções elementares tem o objetivo de descrever, também, através de frases sintéticas, as funções parciais, que conduzem a execução da atividade principal. O desdobramento das funções parciais em funções elementares, é realizado a partir do momento em que a pergunta: **é possível associar a essa função parcial algum efeito físico, químico ou biológico conhecido?** não é respondida. Esta negativa indica que é preciso conhecer maiores detalhes da atividade que gerou a função parcial. Quando uma Função Parcial, tiver como **sim** a resposta para pergunta acima, não é mais necessário um novo desdobramento, e esta é classificada como Função Elementar, ou simplesmente FE.

A representação gráfica da estrutura funcional identificada, compreende uma ilustração através de blocos unidos por setas, que representam todas as funções parciais e funções elementares identificadas. Estas ilustrações seguem a seguinte convenção:

- A linha pontilhada em preto, representa os limites do sistema;
- O fluxo de energia é representado pela linha em vermelho;
- O fluxo de matéria, é representado por uma linha em verde, com maior espessura;
- Nos retângulos em azul, são mostradas demais funções do implemento identificadas durante a análise, como por exemplo as de regulação.

B.1.1 - IDENTIFICAÇÃO DE ESTRUTURA FUNCIONAL DO IMPLEMENTO 1 - escarificador com disco de corte

a) Definição dos limites do sistema em estudo.

A Figura B.1 mostra uma ilustração do sistema em estudo. O sistema é composto pelo implemento (2), um operador (3), uma fonte de tração (1), e pelo solo compactado coberto pela vegetação (4). A linha pontilhada define os limites do sistema a ser estudado.

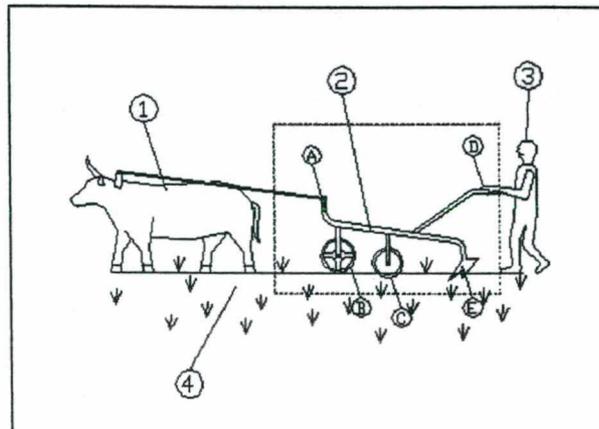


Figura B.1: Limites do sistema 1

a) Entradas e saídas do sistema em estudo

Entradas:

- ◆ Energia: neste implemento, se dá por duas fontes. A principal, é através da tração animal, e a outra, provém do operador, que conduz o implemento.
- ◆ Material: o fluxo de material que envolve esta atividade, é composto pelo solo compactado, e pela presença de uma camada de cobertura vegetal.
- ◆ Sinal: os sinais são caracterizados, pelas observações feitas pelo operador durante a realização da escarificação do solo, e também durante a preparação do implemento para o uso.

Saídas:

- ◆ Energia: a energia aplicada ao sistema é dissipada na realização das operações que o compõem;
- ◆ Material: o solo deve encontrar-se descompactado, e a cobertura vegetal sobre este, e
- ◆ Sinal: a observação do solo feita pelo operador constitui um sinal que indica a qualidade da função.

b) Descrição da Função Global do implemento 1

A Função Global de escarificar o solo consiste em romper a camada de solo que se encontra compactada. Este rompimento é realizado em profundidades não superiores a 35 cm, por uma haste, e duas observações são importantes, a primeira: é que não deve ocorrer inversão da camada de solo; e a segunda, é que a camada de cobertura do solo deve ser movimentada o mínimo possível. O implemento é guiado e controlado por um único operador, que caminha junto ao mesmo observando seu desempenho. A potência do implemento provem de uma fonte externa, geralmente um animal, podendo ser também pequenos tratores.

Interpretação técnica da Função Global: Escarificar Solo.

A Figura B.2 mostra a representação gráfica da Função Global, com as respectivas entradas e saídas de energia, material e sinal.



Figura B.2: Função Global do implemento 1.

As FE's que compõem o sistema, respeitam uma ordem de ocorrência no tempo, o que é mostrado na representação gráfica. Segue agora, o desdobramento da Função Global em FE's.

Função Parcial 1.1

Descrição: ajustar a profundidade de atuação da haste escarificadora. Esta Função é realizada através do ajuste da distancia da roda motriz e do disco de corte com relação ao chassis do implemento.

Interpretação técnica: Posicionar haste

Função Parcial 1.2:

Descrição: a fonte de tração é conectada ao implemento através de um cabo ou haste metálica.

Dependendo do tipo de tração utilizada, o operador escolhe a posição de fixação da tração.

Interpretação técnica: não é possível associar esta função a um único efeito, logo, esta será desdobrada em Funções Elementares.

Função Elementar 1.2.1:

Descrição: a conexão depende de algumas variantes da fonte de tração, deste modo, o operador escolhe uma das posições oferecidas pelo implemento para fazer a fixação de modo que o torque sobre o implemento seja o desejado.

Interpretação técnica: Ajustar torque

Função Elementar 1.2.2:

Descrição: escolhido o ponto de fixação, a haste ou cabo e fixado ao implemento.

Interpretação técnica: Fixar fonte de tração.

Função Parcial 1.3:

Descrição: após o ajuste da profundidade de atuação da haste e da conexão do implemento a fonte de tração, o implemento percorre o terreno, apoiado em uma roda, e em um disco de corte, a palhada é cortada por este disco de corte de forma contínua, antes da passagem da haste, impedindo assim, que a haste arraste a palhada ao longo do trajeto. Com a haste escarificadora, o implemento rompe o solo na profundidade estipulada.

Interpretação técnica: a exemplo da função anterior, esta também será desdobrada em FE's

Função Elementar 1.3.1:

Descrição: o implemento, então preparado, desloca-se sobre o solo, usando como meio uma roda.

Interpretação técnica: Dar mobilidade

Função Elementar 1.3.2:

Descrição: a palhada que esta depositada sobre o solo não deve ser removida. Por esta razão, o disco de corte realiza de forma contínua o corte da palhada, antes da passagem da haste escarificadora.

Interpretação técnica: Cortar palhada

Função Elementar 1.3.3:

Descrição: o deslocamento do implemento faz com que a haste escarificadora rompa o solo de forma contínua e na profundidade ajustada anteriormente.

Interpretação técnica: Romper solo.

Função Parcial 1.4:

Descrição: durante a realização da função, o operador segue o implemento segurando nas manoplas do mesmo. O implemento é conduzido através da área a ser trabalhada e a direção do implemento é controlada aplicando-se força nas manoplas e controlando a fonte de tração.

Interpretação técnica: Captar força humana.

Função Parcial 1.5:

Descrição: ao chegar no fim do trajeto, o operador suspende o implemento com as mãos, através das manoplas, até que as partes ativas – disco de corte e haste escarificadora – não toquem mais o solo, deste modo o implemento poderá ter sua posição corrigida, para seguir o trabalho.

Interpretação técnica: Auxiliar manobras

Com o término do desdobramento, e a identificação das funções elementares, é possível representar graficamente a estrutura funcional. A Tabela B.1 mostra um resumo das operações e FE's relacionadas e a Figura B.3, mostra a representação gráfica da estrutura funcional.

Tabela B.1: Funções elementares do Implemento 1.

FUNÇÕES ELEMENTARES IDENTIFICADAS NO IMPLEMENTO 1			
Número da função	Função de origem	Definição técnica	Efeito
FE 1.1	1.1	Posicionar Haste	Pressão
FE 1.2.1	1.2.1	Ajustar Torque	Momento
FE 1.2.2	1.2.2	Fixar a Fonte de tração	Tração
FE 1.3.1	1.3.1	Dar Mobilidade	Rolamento
FE 1.3.2	1.3.2	Cortar Palhada	Cisalhamento
FE 1.3.3	1.3.3	Romper Solo	Efeito cunha
FE 1.4	1.4	Captar Força Humana	Momento
FE 1.5	1.5	Auxiliar Manobras	Momento
Total de funções classificadas: 08			

c) Representação gráfica das funções elementares identificadas no implemento 1

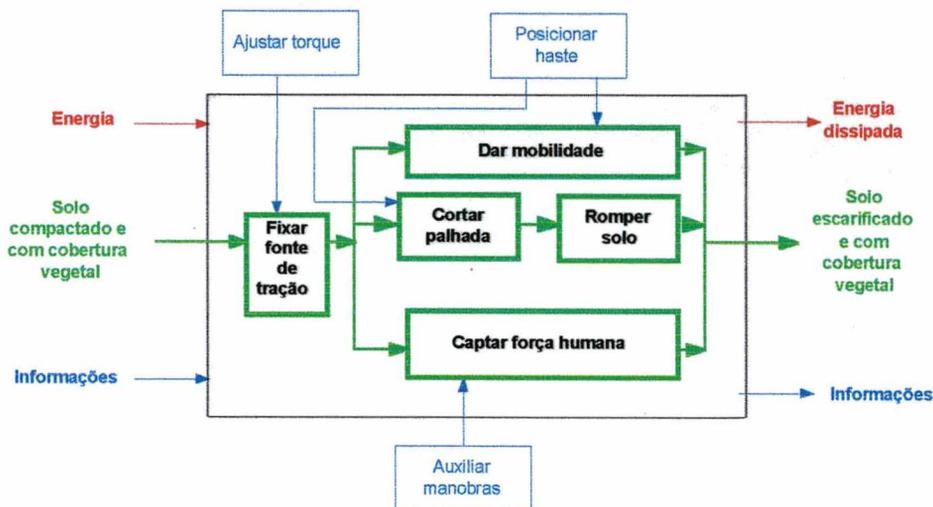


Figura B.3: Estrutura funcional do implemento 1.

B.1.2 - IDENTIFICAÇÃO DE ESTRUTURA FUNCIONAL DO IMPLEMENTO 2 - semeadora adubadora em linha com cinzeis para adubo e sementes

a) Definição dos limites do sistema em estudo

O sistema em estudo é composto por: (1) Fonte de tração; (2) implemento (semeadora/adubadora); (3) operador, e; (4) solo descompactado e com coberturas vegetais. O Implemento por sua vez, possui os seguintes componentes: (A) engate e regulagem da tração; (B) roda dianteira; (C) regulagem da profundidade das hastas sulcadoras; (D) corrente de transmissão; (E) Chassis; (F) disco de corte; (G) dosador de adubo; (H) e (J) cinzeis; (I) dosador de sementes; (L) posicionador da roda compactadora; (M) roda compactadora, e; (K) manoplas para condução.

b) Entradas e saídas do sistema em estudo

Entradas:

- ◆ Energia: a energia que alimenta o sistema é fornecida pela fonte de tração e pelo operador;

- ◆ Material: os materiais envolvidos são as sementes e o adubo. Ainda devem ser considerados o solo e a cobertura vegetal que está sobre este, e
- ◆ Sinal: os sinais envolvidos neste sistema são compostos pelos sons característicos da função e pela observação feita pelo operador durante o plantio/adubação.

Saídas:

- ◆ Energia: a energia aplicada ao sistema é dissipada na realização das operações que o compõem;
- ◆ Material: as sementes e o adubo ficam depositadas ao solo, cobertas por uma camada de solo compactada, caracterizando o plantio. O solo deve permanecer coberto com cobertura vegetal, e;
- ◆ Sinal: a observação do solo feita pelo operador constitui um sinal que indica a qualidade da função.

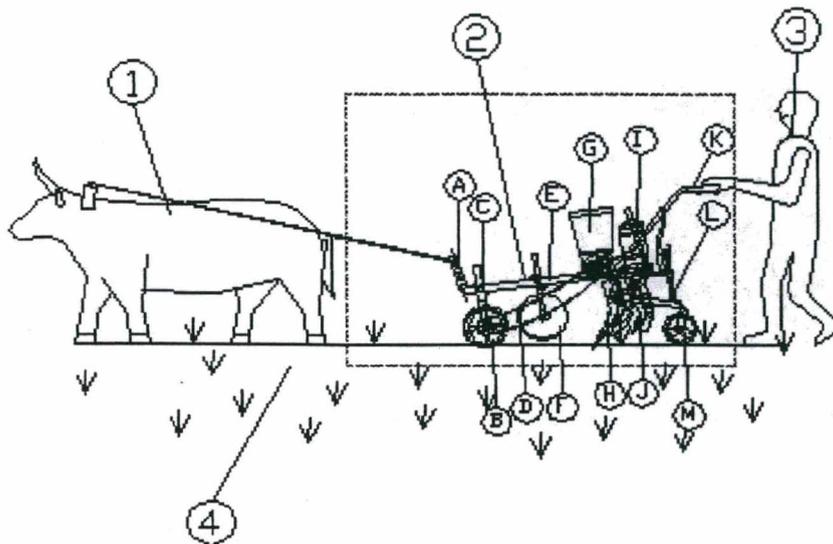


Figura B.4: Limites do sistema.

c) Descrição da Função Global do implemento 2.

A Função Global do implemento 2 consiste em depositar ao solo em quantidades controladas, e também em uma profundidade estipulada, sementes e adubo. Após a deposição, a semente deve ficar coberta e compactada pelo solo, formando uma linha ao longo do terreno. A cobertura vegetal do solo, deve ser movimentada o mínimo possível.

Este implemento, é tracionado por uma fonte externa, e possui reservatórios para adubos e sementes. A operação do implemento é feita por um único operador, que guia o implemento acompanhando seu desempenho e controlando-o.

Interpretação técnica da Função Global: Semear/adubar solo.

É mostrada na Figura B.5 a representação gráfica da Função Global

A Função Global do implemento 2 não pode ser associada a um único portador de efeito por serem muitas as operações parciais realizadas durante a sua execução. Por este motivo, esta função

será desdobrada. A seguir, são detalhadas as estradas e saídas que compõem a função, juntamente com a definição dos limites do sistema.

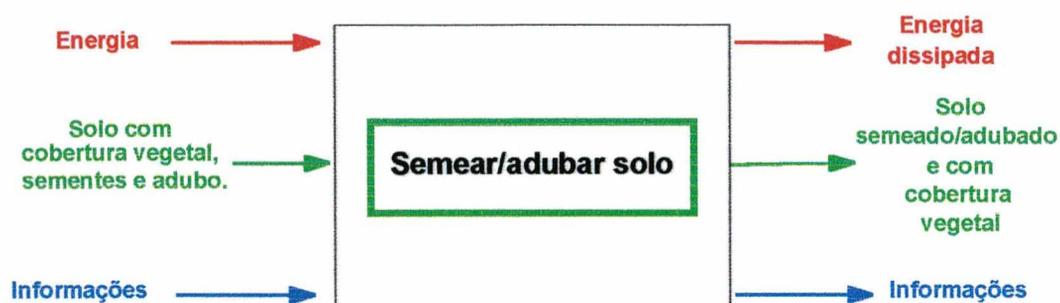


Figura B.5: Função Global do implemento 2.

Algumas das funções encontradas no implemento 2 são idênticas a operações identificadas no implemento 1. Deste modo, quando a similaridade for detectada, estas serão apenas referenciadas e a numeração da Função Elementar será repetida.

Segue agora o desdobramento da Função Global, mostrando as funções que a compõem.

Função Parcial 2.1:

Descrição: ajustar a profundidade de atuação das hastes sulcadoras. Esta função é realizada através do ajuste da distancia da roda motriz e do disco de corte, com relação ao chassis do implemento, e também através do posicionamento, novamente em relação ao chassis, da roda compactadora, que está disposta na parte posterior do implemento.

Função Elementar 2.1.1: esta FE é idêntica a Função Parcial 1.1

Interpretação técnica: Posicionar sulcadores.

Função Elementar 2.1.2: a roda compactadora possui um sistema de escalonamento, que permite que sua posição seja alterada.

Interpretação técnica: Posicionar roda compactadora

Função parcial 2.2:

Descrição: esta função parcial é decomposta em duas Funções Elementares já descritas:

Função Elementar 2.2.1:

Interpretação técnica: Ajustar torque

Função Elementar 2.2.2:

Interpretação técnica: Fixar tração

Função Parcial 2.3:

Descrição: o implemento percorre o terreno apoiado sobre as rodas dianteiras, traseiras e sobre o disco de corte. Após iniciar o deslocamento, a roda dianteira passa a transmitir através de uma corrente a ela conectada, potência suficiente para o acionamento dos mecanismos dosadores. Os dosadores por sua vez, dosam as sementes e o adubo nas quantidades estipuladas, liberando-as para que em queda livre por um tubo sejam depositadas em sulcos abertos por sulcadores específicos para semente e adubo. A palhada é cortada de forma contínua antes da passagem destes sulcadores, impedindo assim, que esta seja arrastada. Os sulcadores são dispostos de modo que formam uma linha reta com as rodas e como disco de corte, sendo que o primeiro sulcador é responsável pela deposição do adubo, e o segundo pela

deposição das sementes. O operador pode a qualquer instante, interromper o funcionamento dos dosadores, através de um sistema de embreagem, que desconecta a potência que está sendo captada pela roda dianteira. As sementes e o adubo ficam armazenados em baldes dispostos sobre os mecanismos dosadores, provendo assim material para uma distribuição.

Interpretação técnica: a exemplo da função anterior, esta também será desdobrada em FE's.

Função Elementar 2.3.1:

Descrição: o implemento, então preparado, desloca-se sobre o solo, tendo como meio para isso, duas rodas, uma dianteira, que também capta potência para o acionamento dos dosadores, e uma traseira, que por sua vez tem também a função fechar o sulco aberto pelos sulcadores e promover uma compactação localizada do solo.

Interpretação técnica: esta Função Elementar deve ser novamente desdobrada.

Função Elementar 2.3.1.1:

Descrição: a potência necessária para o acionamento dos dosadores é captada por uma roda dentada conectada de forma direta ao eixo da roda dianteira.

Interpretação técnica: Captar potência.

Função Elementar 2.3.1.2:

Descrição: esta Função Elementar é idêntica a Função Elementar 1.3.1

Interpretação técnica: Dar mobilidade.

Função Elementar 2.3.1.3:

Descrição: o sulco é fechado pela roda compactadora. A pressão exercida sobre o solo é derivada do peso do implemento.

Interpretação técnica: Compactar solo.

Função Elementar 2.3.2:

Descrição: esta função é idêntica a Função Elementar 1.3.2

Interpretação técnica: Cortar palhada.

Função Elementar 2.3.3:

Descrição: disposto imediatamente após o disco de corte, o sulcador responsável pela deposição do adubo, abre um sulco e deposita o adubo por meio de um duto fixado na sua parte posterior.

Interpretação técnica: Depositar adubo.

Função Elementar 2.3.4:

Descrição: as sementes são depositadas imediatamente após o adubo, no mesmo sulco, porém em uma profundidade diferente. Existe um cuidado nesta função, para que as sementes não fiquem em contato com o adubo, pois isto pode danificá-las.

Interpretação técnica: Depositar sementes.

Função Parcial 2.4:

Descrição: idêntica a função parcial 1.4

Interpretação técnica: Captar força humana.

Função Parcial 2.5:

Descrição: idêntica a função parcial 1.5

Interpretação técnica: Auxiliar manobras.

Função Parcial 2.6:

Descrição: através de um sistema de embreagem, a potência retirada da roda dianteira, e utilizada para acionar os dosadores, é interrompida para facilitar as manobras e o transporte do equipamento.

Interpretação técnica: Interromper dosagem.

Função Parcial 2.7:

Descrição: o adubo que está depositado em um reservatório no formato de um balde é dosado através de um dispositivo conhecido como dosador com disco horizontal. O dosador permite uma regulação, onde a quantidade de adubo depositada é variável, conforme o solo ou tipo de semente.

Interpretação técnica: Dosar adubo.

Função Parcial 2.8:

Descrição: a semente, de modo análogo ao adubo, fica armazenada sobre o mecanismo dosador. Este permite que, através da troca de componentes internos, a quantidade de sementes seja variada. Do mesmo modo, sementes diferentes utilizam discos dosadores diferentes.

Interpretação técnica: Dosar sementes.

Com o término do desdobramento, e a identificação das funções elementares, é possível representar graficamente a estrutura funcional. A Tabela B.2 a seguir mostra um resumo das Funções relacionadas e a Figura B.6, mostra a representação gráfica da estrutura funcional.

d) Representação gráfica do implemento 2.

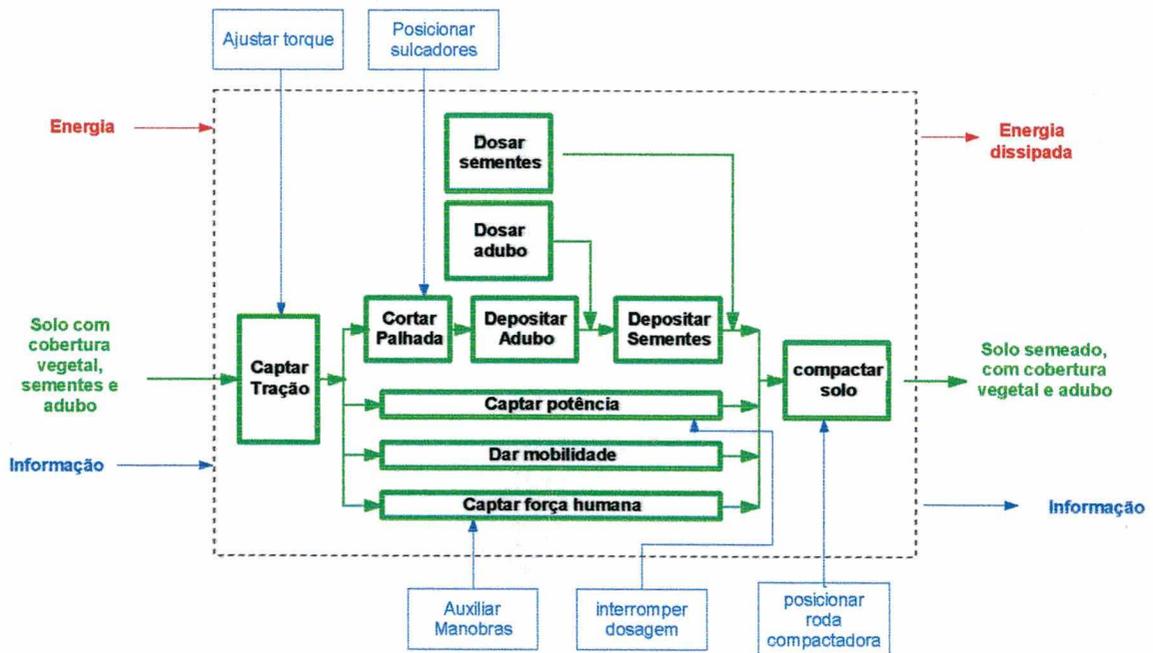


Figura B.6: Estrutura funcional do implemento 2.

Tabela B.2: Funções elementares do implemento 2.

FUNÇÕES ELEMENTARES IDENTIFICADAS NO IMPLEMENTO 2			
FUNÇÃO ELEMENTAR	FUNÇÃO DE ORIGEM	INTERPRETAÇÃO TÉCNICA	EFEITO UTILIZADO
FE 1.1	Função Elementar 2.1.1	Posicionar sulcadores	Pressão
FE 2.1.2	Função Elementar 2.1.2	Posicionar roda compactadora	
FE 1.2.1	Função Elementar 2.2.1	Ajustar torque	Momento
FE 1.2.2	Função Elementar 2.2.2	Fixar fonte de tração	Tração
FE 2.3.1.1	Função Elementar 2.3.1.1	Captar potência	Torque

Continuação da Tabela B 2.

FE 1.3.1	Função Elementar 2.3.1.2	Dar mobilidade	Rolamento
FE 2.3.1.3	Função Elementar 2.3.1.3	Compactar solo	Pressão
FE 1.3.2	Função Elementar 2.3.2	Cortar palhada	Cisalhamento
FE 2.3.3	Função Elementar 2.3.3	Depositar adubo	Gravidade
FE 2.3.4	Função Elementar 2.3.4	Depositar sementes	Gravidade
FE 1.4	Função Parcial 2.4	Captar força humana	-
FE 1.5	Função Parcial 2.5	Auxiliar manobras	Alavanca
FE 2.6	Função Parcial 2.6	Interromper dosagem	-
FE 2.7	Função Parcial 2.7	Dosar adubo	Restrição física
FE 2.8	Função Parcial 2.8	Dosar sementes	Restrição física
Total de Funções Classificadas: 15			

B.1.3 - IDENTIFICAÇÃO DE ESTRUTURA FUNCIONAL DO IMPLEMENTO 3

(semeadora adubadora em linha com cinzéis para adubo e disco duplo para sementes).

a) Descrição da Função Global do implemento

O implemento 3 pode ser descrito funcionalmente, de forma análoga ao implemento 2. A diferença básica entre os dois, está no princípio de concepção utilizado pelos implementos para depositar as sementes ao solo. Enquanto que o implemento 2 utiliza um cinzel, para abrir o sulco no solo e fazer a deposição, o implemento 3 utiliza um dispositivo composto por discos. A Figura B.7 mostra um exemplo cada um destes componentes.

Devido as semelhanças entre os implementos 2 e 3, não é apresentada a identificação da estrutura funcional do implemento 3, serão apenas listadas as funções elementares identificadas.

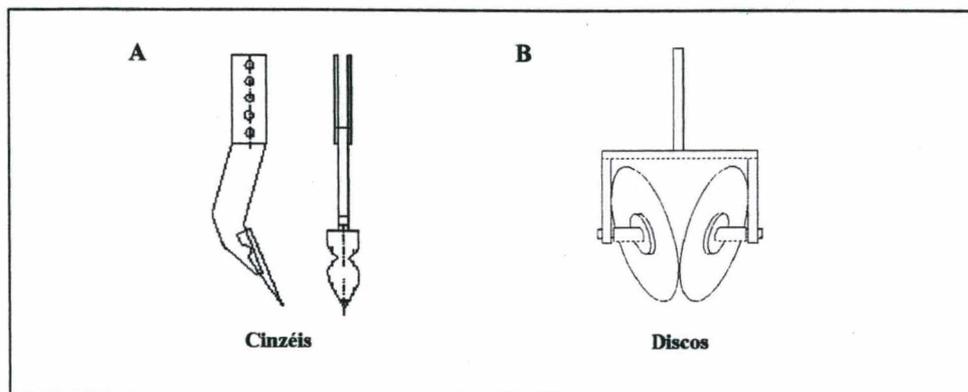


Figura B.7: Princípios de solução do implemento 2 e 3 - A) Cinzéis e B) Discos.

A Tabela B.3 mostra as funções elementares identificadas no implemento 3.

Tabela B.3 Funções elementares do implemento 3.

FUNÇÕES ELEMENTARES IDENTIFICADAS NO IMPLEMENTO 3			
FUNÇÃO ELEMENTAR	FUNÇÃO DE ORIGEM	INTERPRETAÇÃO TÉCNICA	EFEITO UTILIZADO
FE 1.1	Função Elementar 3.1.1	Posicionar sulcadores	Pressão
FE 2.1.2	Função Elementar 3.1.2	Posicionar roda compactadora	
FE 1.2.1	Função Elementar 3.2.1	Ajustar torque	Momento
FE 1.2.2	Função Elementar 3.2.2	Fixar fonte de tração	Tração
FE 2.3.1.1	Função Elementar 3.3.1.1	Captar potência	Torque
FE 1.3.1	Função Elementar 3.3.1.2	Dar mobilidade	Rolamento
FE 2.3.1.3	Função Elementar 3.3.1.3	Compactar solo	Pressão
FE 1.3.2	Função Elementar 3.3.2	Cortar palhada	Cisalhamento
FE 2.3.3	Função Elementar 3.3.3	Depositar adubo	Gravidade

Continuação da Tabela B.3.

FE 2.3.4	Função Elementar 3.3.4	Depositar sementes	Gravidade
FE 1.4	Função Parcial 3.4	Captar força humana	-
FE 1.5	Função Parcial 3.5	Auxiliar manobras	Alavanca
FE 2.6	Função Parcial 3.6	Interromper dosagem	-
FE 2.7	Função Parcial 3.7	Dosar adubo	Restrição Física
FE 2.8	Função Parcial 3.8	Dosar sementes	Restrição Física
Total de Funções classificadas: 15			

B.1.4 - IDENTIFICAÇÃO DE ESTRUTURA FUNCIONAL DO IMPLEMENTO 4 (sulcador com disco de corte)

a) Definição dos limites do sistema.

O sistema é composto por: (1) fonte de tração; (2) implemento, (3) Operador e; (4) Solo. Os componentes do implemento são: (A) engate e regulagem da tração; (B) roda dianteira; (C) disco de corte, (D) manoplas de condução, e; (E) Haste.

b) As entradas e saídas do sistema são:

Entradas:

- ◆ Energia: neste implemento, se dá por duas fontes. A principal é através da tração animal, e a outra, provem do operador, que conduz o implemento.
- ◆ Material: o fluxo de material que envolve esta atividade, é composto pelo solo e pela presença de uma camada de cobertura vegetal.
- ◆ Sinal: os sinais são caracterizados, pelas observações feitas pelo operador durante a realização da escarificação do solo, e também durante a preparação do implemento para o uso.

Saídas:

- ◆ Energia: a energia aplicada ao sistema é dissipada na realização das operações que o compõem;
- ◆ Material: o solo deve encontrar-se com um sulco, e a cobertura vegetal sobre este.
- ◆ Sinal: a observação do solo feita pelo operador constitui um sinal que indica a qualidade da função.

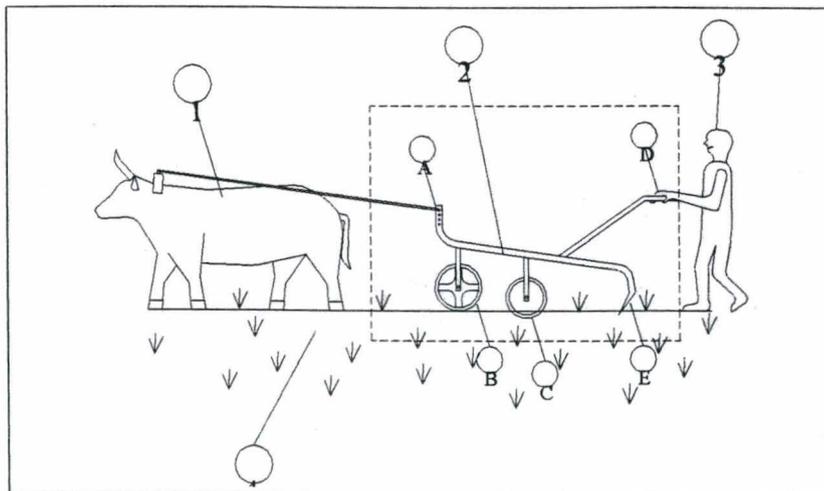


Figura B.8 limites do sistema do implemento 4.

c) Descrição da Função Global do implemento

O implemento 4, tem sua atividade principal caracterizada pela abertura de um sulco ao solo. Este sulco destina-se a receber mudas para plantio. A forma de tração que o implemento 4 utiliza, pode

variar, de um boi, até um micro trator. O sulco é aberto por meio de uma haste, que rompe o solo. Antes, porém, da passagem desta haste, a cobertura vegetal é cisalhada para evitar que esta seja arrastada pela própria haste. O implemento é guiado e controlado por um único operador.

Ao final da realização da função, tem-se um sulco aberto no solo, e a palhada sobre este.

Interpretação técnica da Função Global: Sulcar Solo

Como não é possível associar a Função Global do implemento 4, um único efeito químico, físico ou biológico esta atividade será desdobrada. Novamente o implemento 4 apresenta muitas operações similares ao implemento 1, a exemplo do ocorrido com os implementos 2 e 3.

A Figura B.9 mostra a representação gráfica da Função Global, com as respectivas entradas e saídas de energia, material e sinal.

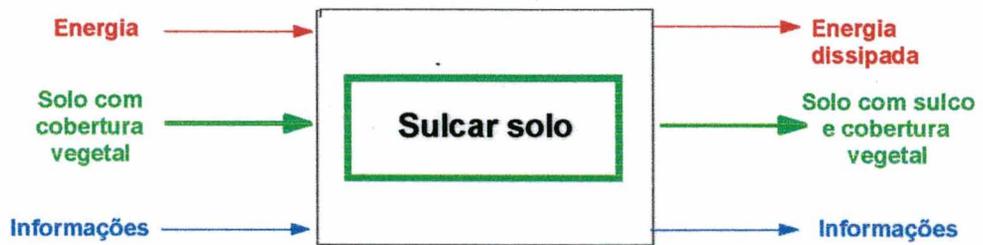


Figura B.9 Função Global do implemento 4.

Segue agora o desdobramento da Função Global do implemento 4

Função parcial 4.1

Descrição: ajustar a profundidade de atuação da haste sulcadora. Esta função é realizada através do ajuste da distância da roda motriz e do disco de corte, com relação ao chassi do implemento.

Interpretação técnica: Posicionar haste.

Função parcial 4.2:

Descrição: idêntica a Função Parcial 1.4 e composta pelas Funções:

Função Elementar 4.2.1:

Descrição: idêntica a Função Elementar 1.2.1

Interpretação técnica: Ajustar torque.

Função Elementar 4.2.2:

Descrição: idêntica a FE 1.2.2

Interpretação técnica: Fixar tração.

Função Parcial 4.3:

Descrição: após o ajuste da profundidade de atuação da haste sulcadora e da conexão do implemento a fonte de tração, o implemento percorre o terreno, apoiado em uma roda, e em um disco de corte, a palhada é cortada por este disco de forma contínua, antes da passagem da haste, impedindo assim, que a haste arraste a palhada. Com a haste sulcadora, é aberto um sulco na profundidade estipulada.

Interpretação técnica: esta também será desdobrada em Funções Elementares:

Função Elementar 4.3.1:

Descrição: idêntica a FE 1.3.1

Interpretação técnica: Dar mobilidade.

Função Elementar 4.3.2:

Descrição: idêntica a FE 1.3.2

Interpretação técnica: Cortar palhada.

Função Elementar 4.3.3:

Descrição: o deslocamento do implemento faz com que a haste sulcadora abra no solo um sulco de forma contínua e na profundidade ajustada anteriormente.

Interpretação técnica: Abrir sulco.

Função Parcial 4.4:

Descrição: idêntica a Função Parcial 1.4

Interpretação técnica: Captar força humana.

Função Parcial 4.5:

Descrição: idêntica a Função Parcial 1.5

Interpretação técnica: Auxiliar manobras

Após a identificação das funções elementares do implemento, pode ser estabelecida a representação gráfica da estrutura funcional. A Figura B.10 mostra esta representação. A Tabela B.4 apresenta as funções elementares identificadas,

Tabela B.4 funções elementares do implemento 4

FUNÇÕES ELEMENTARES IDENTIFICADAS NO IMPLEMENTO 4			
Função de origem	Número da função	Definição técnica	Efeito utilizado
4.1	F E 1.1	Posicionar Haste	Pressão
4.2.1	F E 1.2.1	Ajustar Torque	Momento
4.2.2	F E 1.2.2	Fixar Fonte de Tração	
4.3.1	F E 1.3.1	Dar Mobilidade	Rolamento
4.3.2	F E 1.3.2	Cortar Palhada	Cisalhamento
4.3.3	F E 1.3.3	Abrir sulco	Efeito cunha
4.4	F E 1.4	Captar Força Humana	Momento
4.5	F E 1.5	Auxiliar Manobras	Momento
Total de Funções Classificadas: 08			

d) Representação gráfica da estrutura funcional do implemento 4.

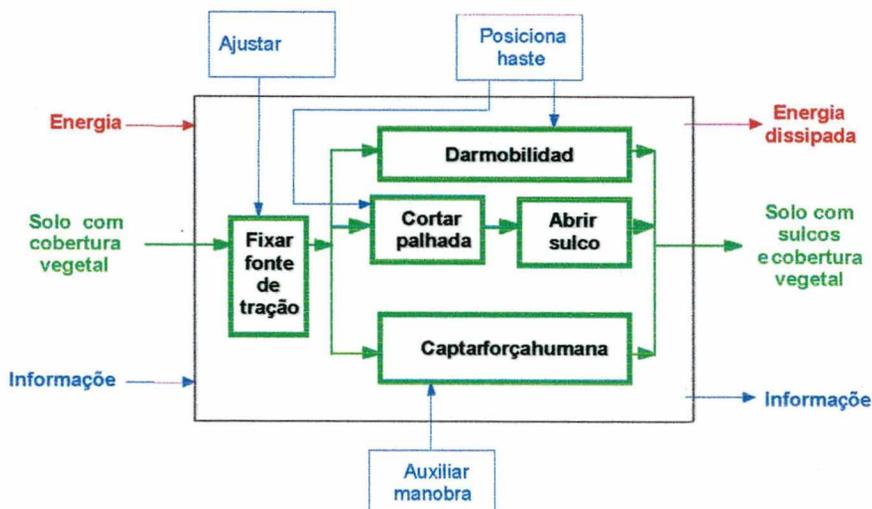
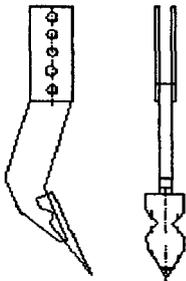
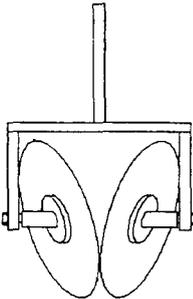


Figura B.10 estrutura funcional do implemento 4

Anexo C

Fichas Técnicas

FUNÇÃO ELEMENTAR 2.3.4		FICHA 13
Interpretação técnica: Depositar sementes		
Implementos em que está presente: 2		
<p>Descrição da função elementar: As sementes, são depositadas imediatamente após o adubo, no mesmo sulco, porém em uma profundidade diferente. Existe um cuidado nesta operação, para que as sementes não fiquem em contato com o adubo, pois isto pode danificá-las.</p>		
<p>Exemplos de princípios de solução: 1) sulcador metálico</p> 	<p>Características: O sulcador utilizado neste implemento, é feito em aço e de modo análogo aos outros sulcadores, recebe um tratamento especial para suportar o desgaste e os impactos.</p>	
<p>2) Duplo disco</p> 	<p>O segundo princípio, mostrado na figura dois, é composto por dois discos. Os discos dispostos lado a lado, promovem a abertura do solo e entre eles, a semente é liberada. Em ambos existe uma preocupação com o local que a semente é depositada, pois esta é colocada no mesmo sulco aberto para o adubo em um instante anterior. As variáveis que definem estas peculiaridades são a quantidade de adubo, a granulometria da semente e o tipo de solo.</p>	

Efeito portado pelo componente: Efeito cunha

Classificação: Especial - E

Observações:

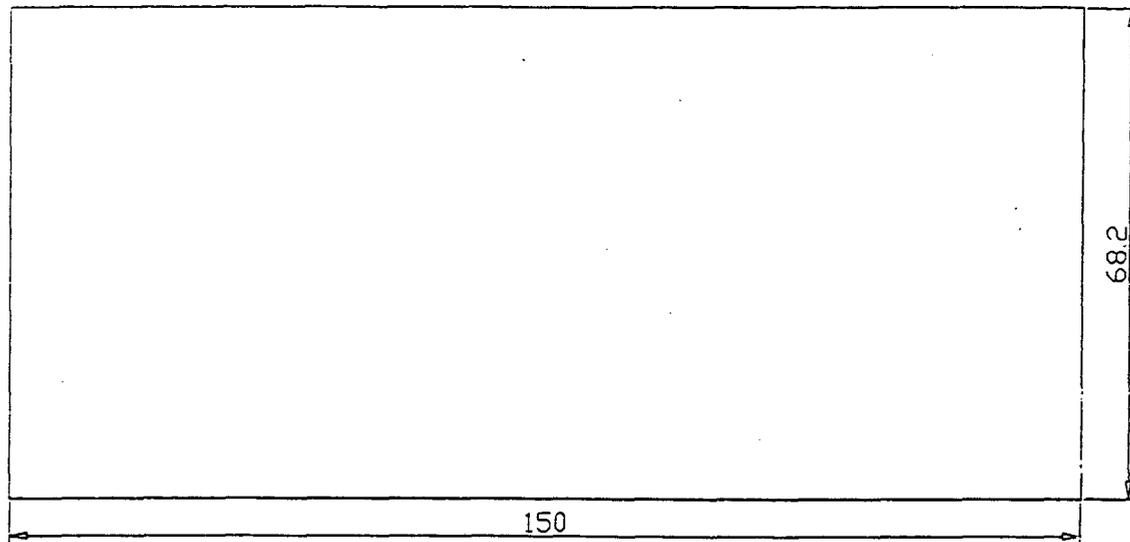
O princípio de solução deste componente deverá ser mantido

Entradas: (energia, material, sinal) _____	Saídas: (energia, material, sinal) _____
Demais observações:	Possibilidade de união? Sim () Não (X)
<i>Os dois princípios de solução mostrados nos exemplos, atendem a dois tipos de solos diferentes.</i>	Se sim, com quais?

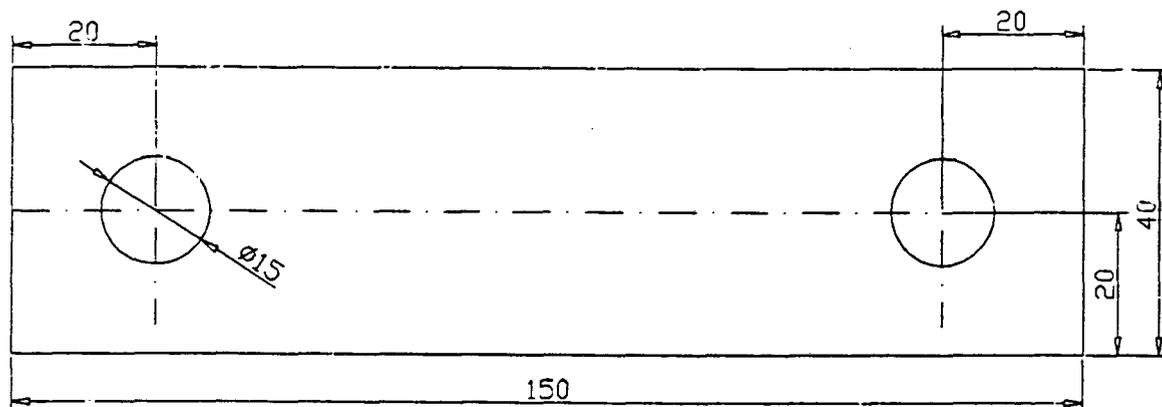
Anexo D

Desenhos dos Módulos Construtivos do Protótipo

02



03



03	Chapa de fixação da barra de tração	02	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10
02	Chapa de ligação ao chassis	01	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

NeDIP NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO

UFSC - ENGENHARIA MECÂNICA

Sistema Modular

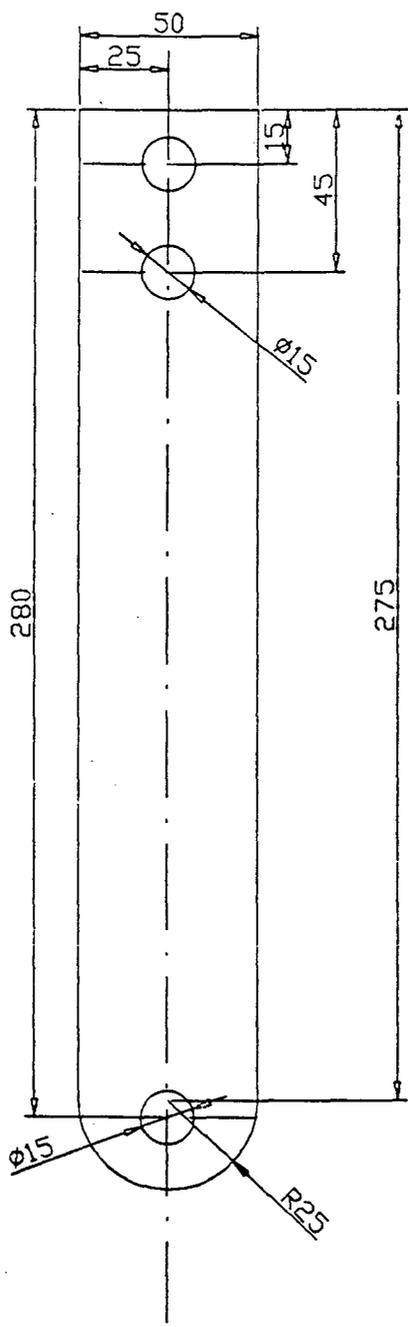
NOME Luiz F. DES N° MC 02.02

DATA 05/00 ESCALA 1:1

Módulo Construtivo 02

SISTEMA MODULAR

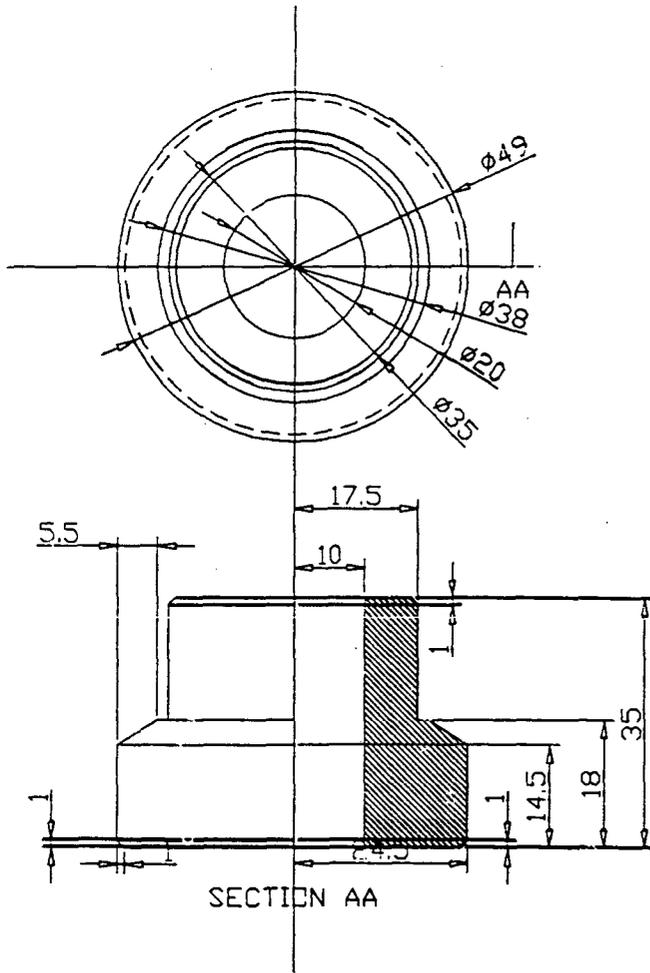
UNIDADE mm



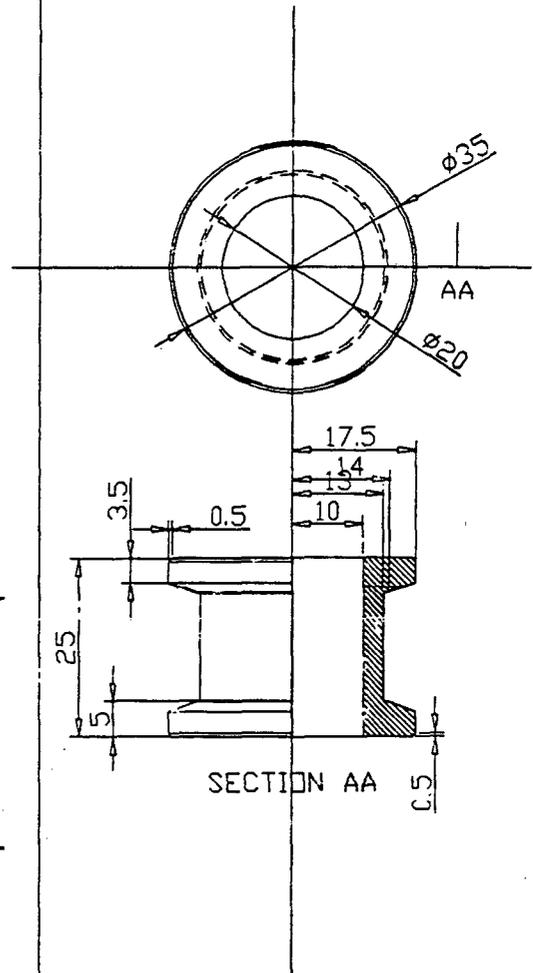
esp. 15mm

01	Barra de fixação da tração	01	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
NeDIP NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO			UFSC - ENGENHARIA MECÂNICA	
Sistema Modular Módulo Construtivo02			NOME Luiz F.	DES Nº MC 02.01
			DATA 05/00	ESCALA 1:2
SISTEMA MODULAR				UNIDADE mm

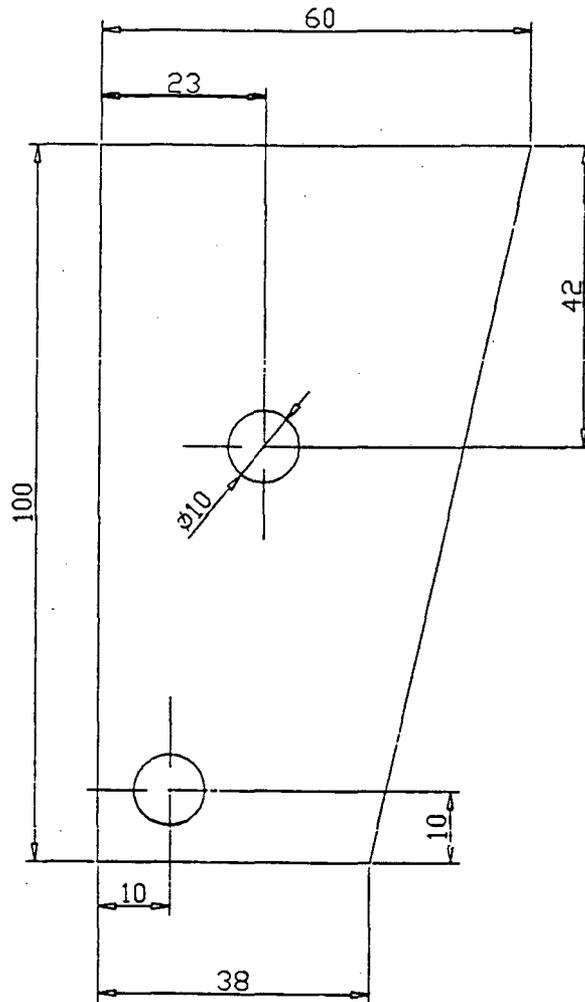
01



02

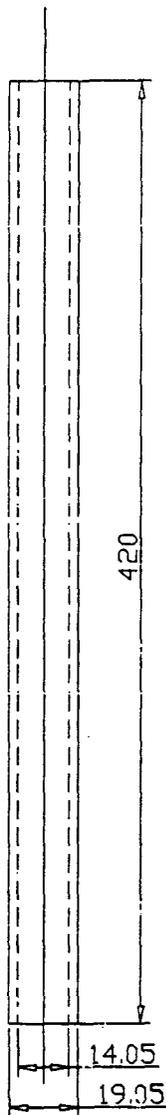


02	calço 2	02	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10
01	Calço	01	Aço ABNT 1020	Tolerância IT13
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
NeDIP NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO			UFSC - ENGENHARIA MECÂNICA	
Sistema Modular			NOME Luiz F.	DES Nº MC 03.01
Módulo construtivo 03			DATA 05/00	ESCALA 1:1
SISTEMA MODULAR				UNIDADE mm

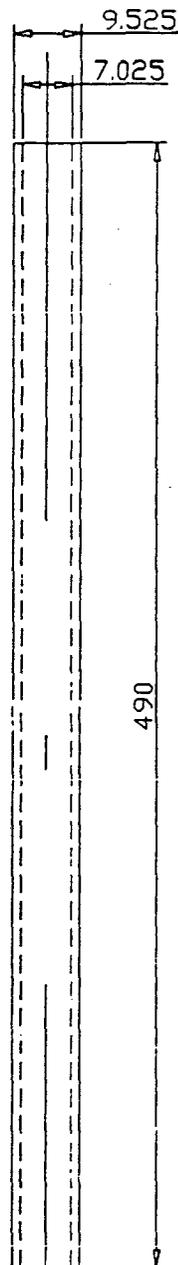


01	Chapa fixação dos cabos	02	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
NeDIP NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO			UFSC - ENGENHARIA MECÂNICA	
Sistema modular Módulo Construtivo 04			NOME	Luiz F. DES Nº MC 04.01
			DATA	05/00 ESCALA 1:1
			SISTEMA MODULAR UNIDADE mm	

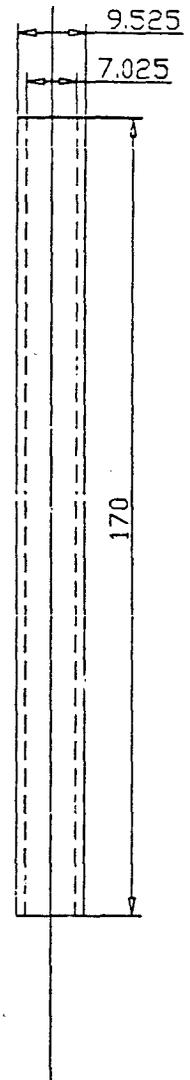
02



03



04



04	Reforço para os cabos inferior	01	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10
03	Reforço para os cabos diagonal	01	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10
02	Reforço para os cabos superior	01	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

NeDIP

NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO
INTEGRADO DE PRODUTO

UFSC - ENGENHARIA MECÂNICA

Sistema Modular

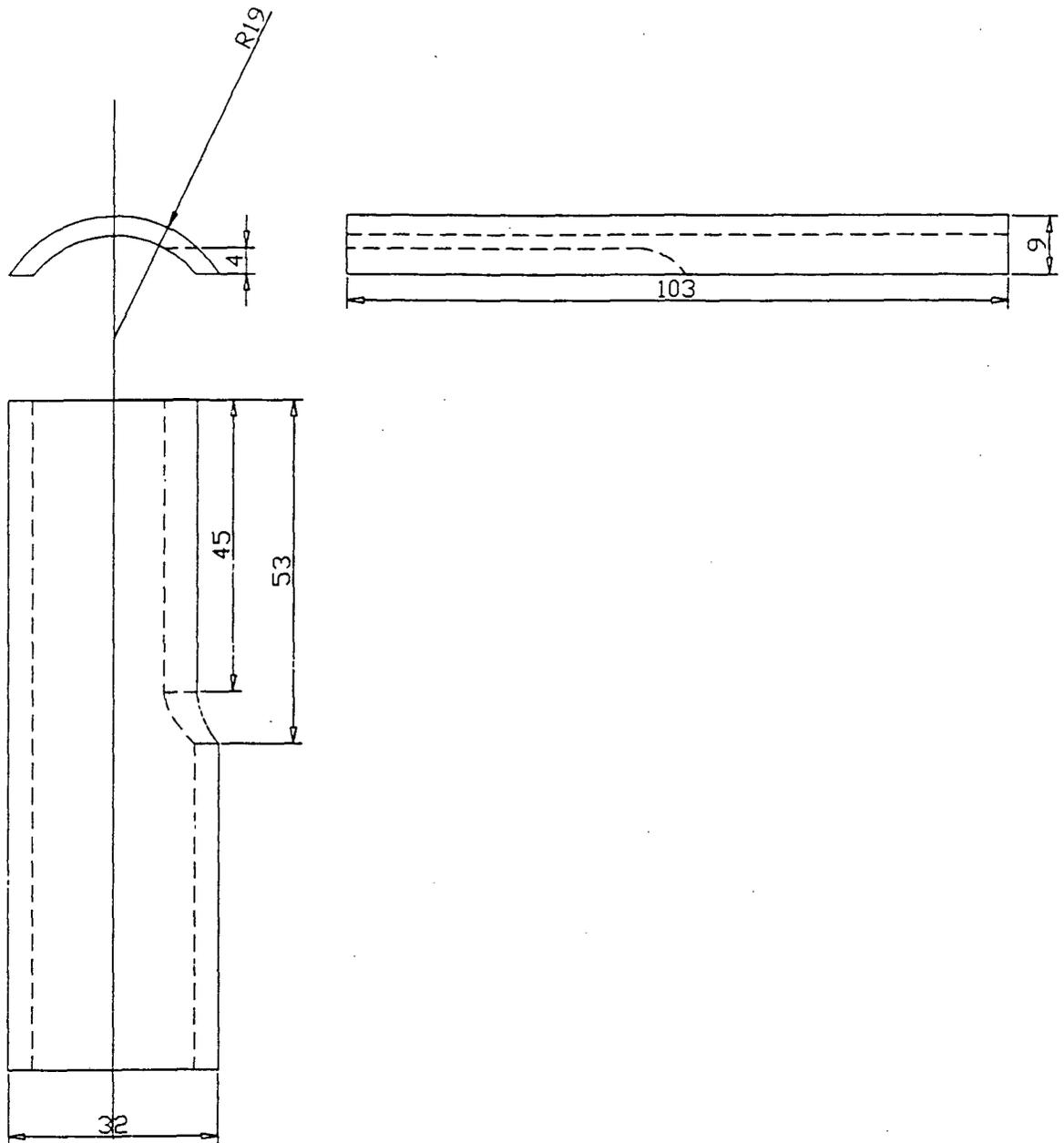
NOME Luiz F. DES Nº MC 04.02

DATA 05/00 ESCALA 1:1

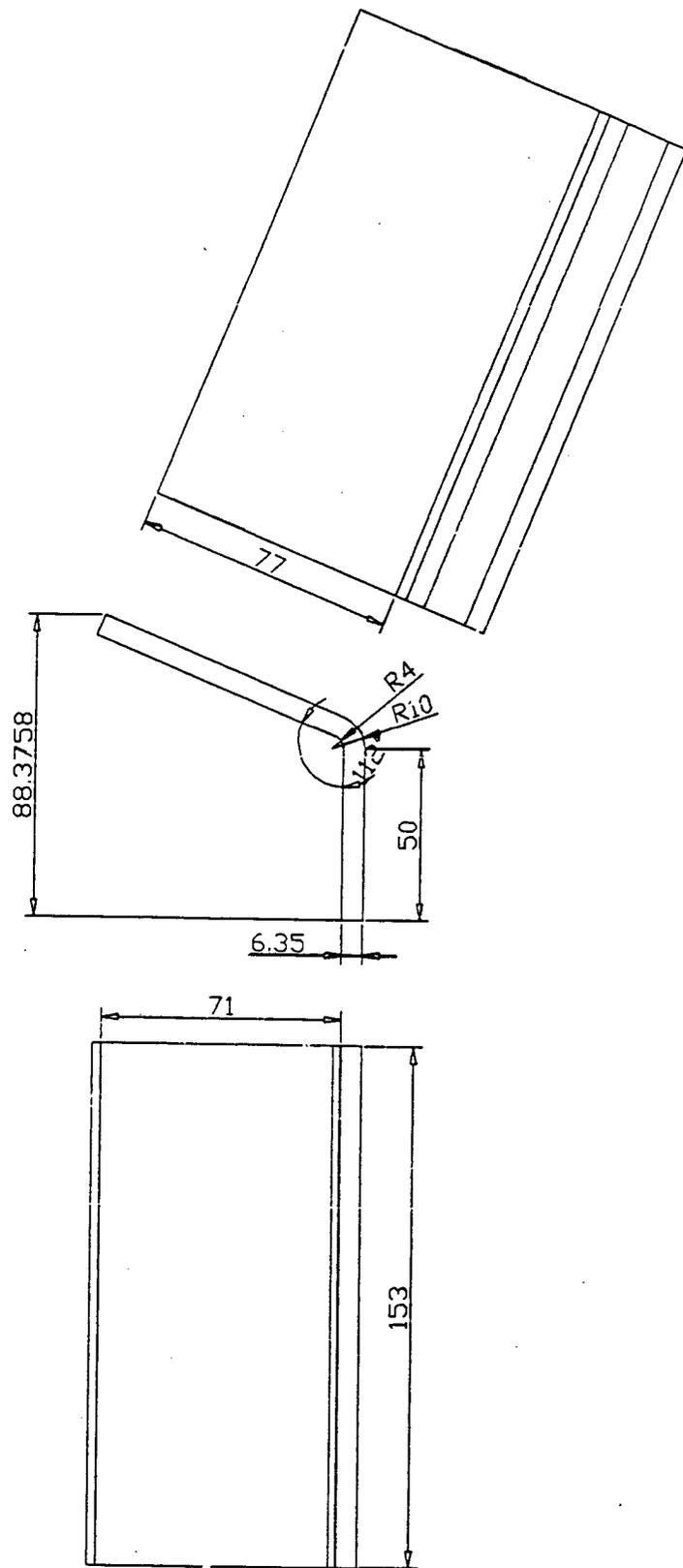
Módulo Construtivo C4

SISTEMA MODULAR

UNIDADE
mm

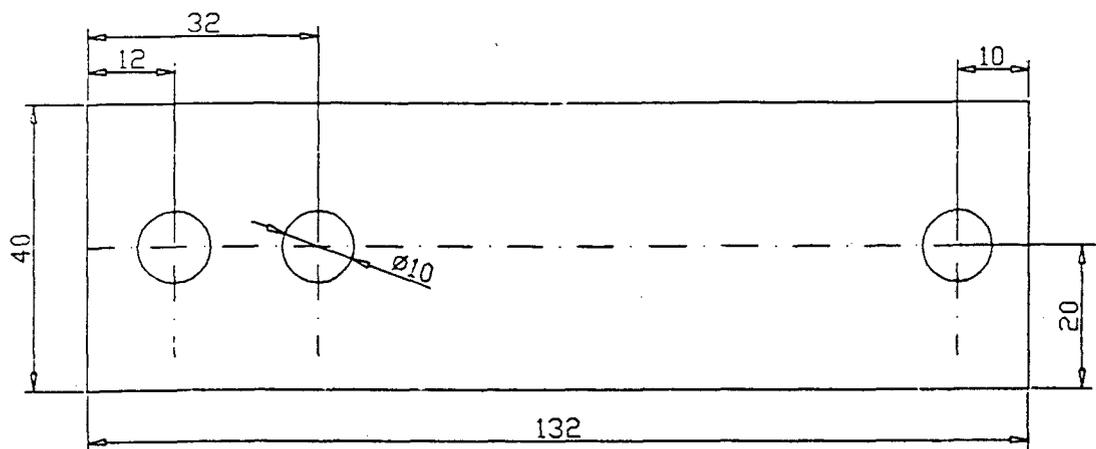


01	Guia de fixação do módulo	02	Aço ABNT 1020	Tolerâncias IT10		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
NeDIP NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO			UFSC - ENGENHARIA MECÂNICA			
Sistema Modular			NCME	Luiz F.	DES Nº	MC 05.01
			DATA	05/00	ESCALA	1:1
Módulo Construtivo 05			SISTEMA MODULAR		UNIDADE mm	



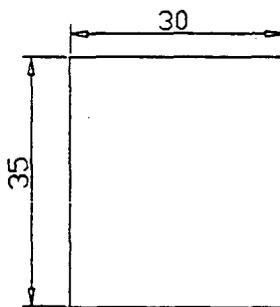
03	Chapa de fixação cinzel adubo	02	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
NeDIP NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO			UFSC - ENGENHARIA MECÂNICA			
Sistema Modular			NOME	Luiz F.	DES Nº	MC 08.02
			DATA	05/00	ESCALA	12
Módulo Construtivo 03			SISTEMA MODULAR		UNIDADE	mm

01



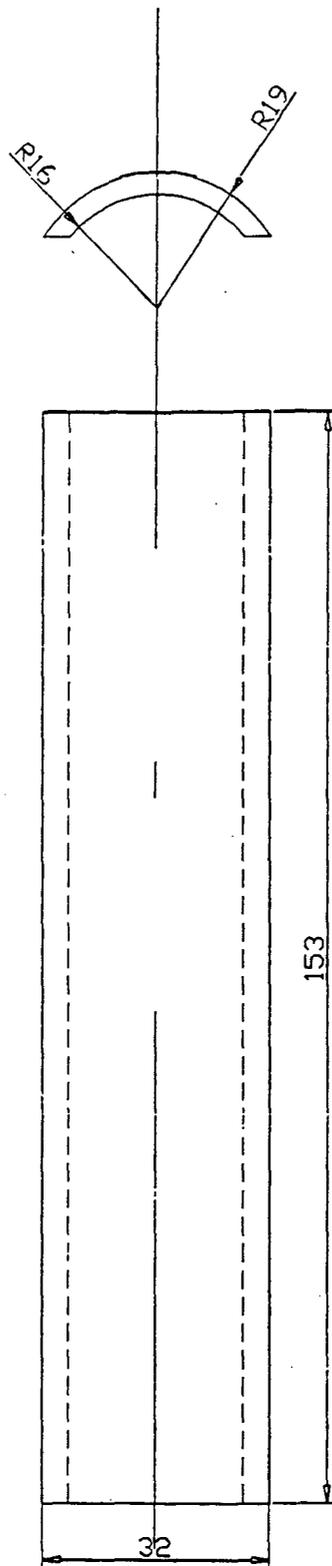
esp. 15mm

02

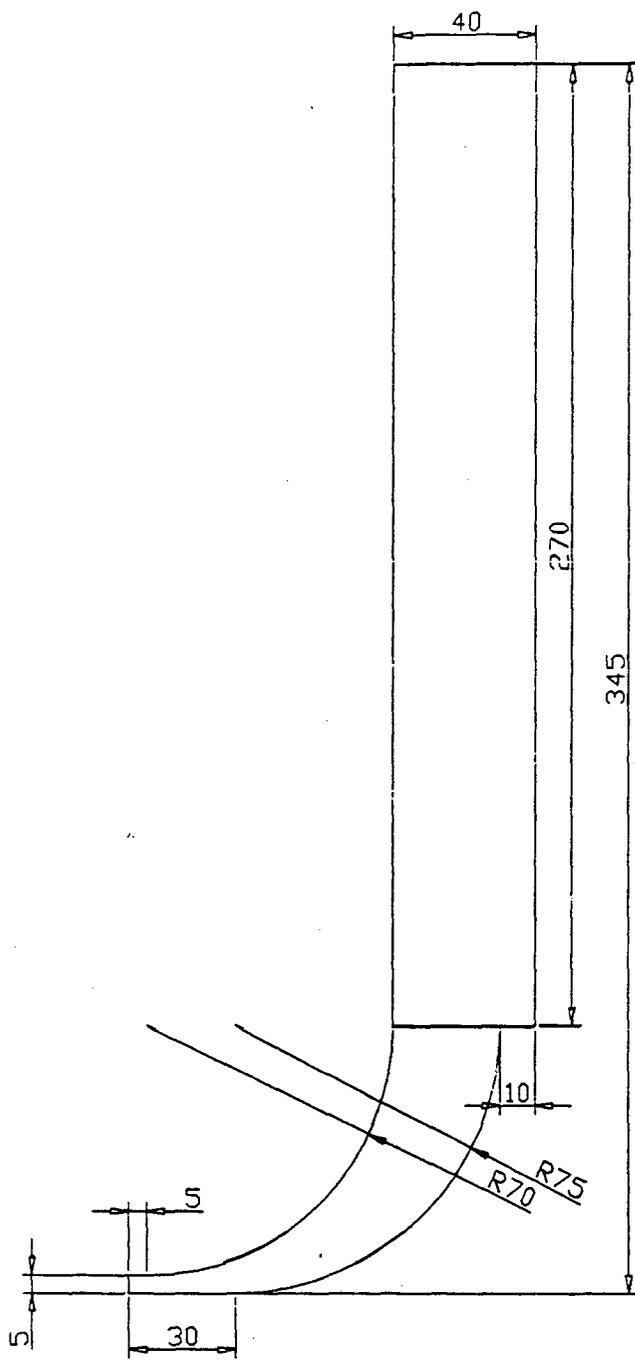


esp. 5mm

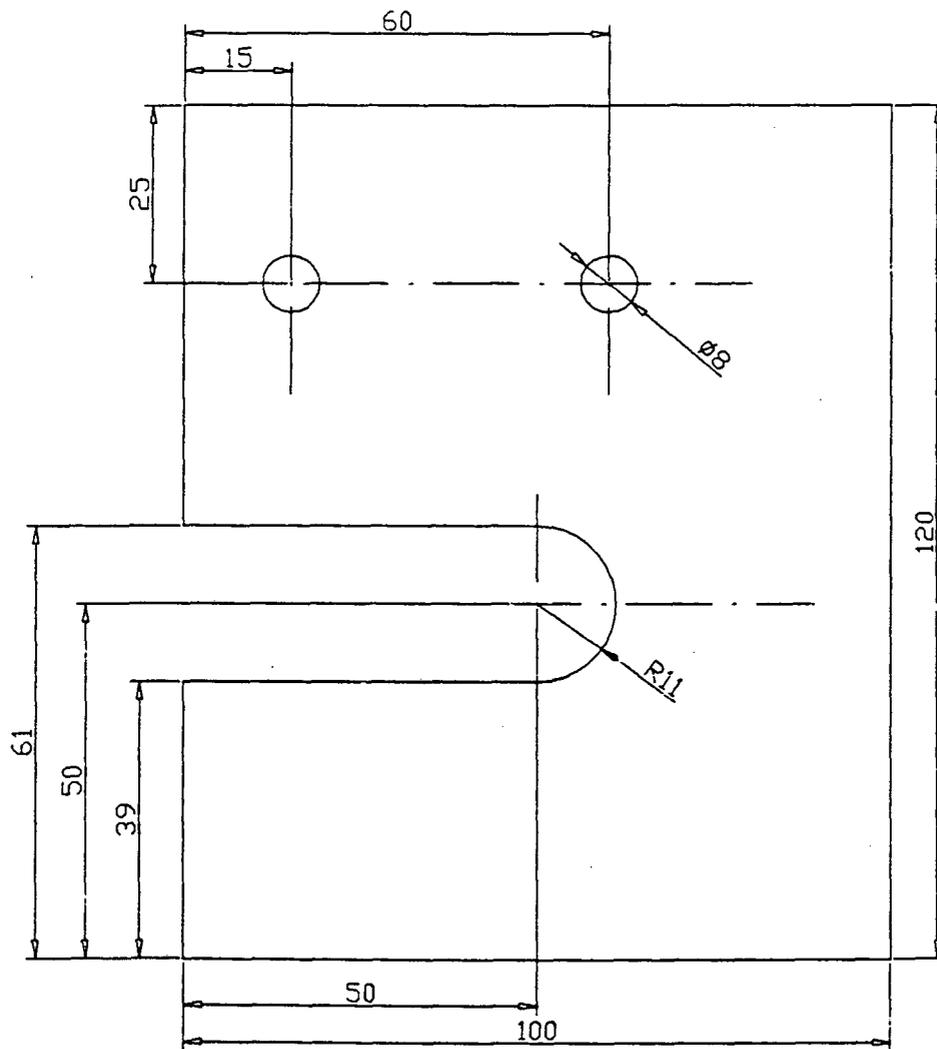
02	Chapa de reforço do cinzel de adubo	01	Aço ABNT1020	Tolerância IT10
01	Barra de fixação do cinzel de adubo	01	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
NeDIP NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO			UFSC - ENGENHARIA MECÂNICA	
Sistema Modular Módulo Construtivo 08			NOME	Luiz F. DES Nº MC 08.01
			DATA	05/00 ESCALA 1:1
			SISTEMA MODULAR	UNIDADE mm



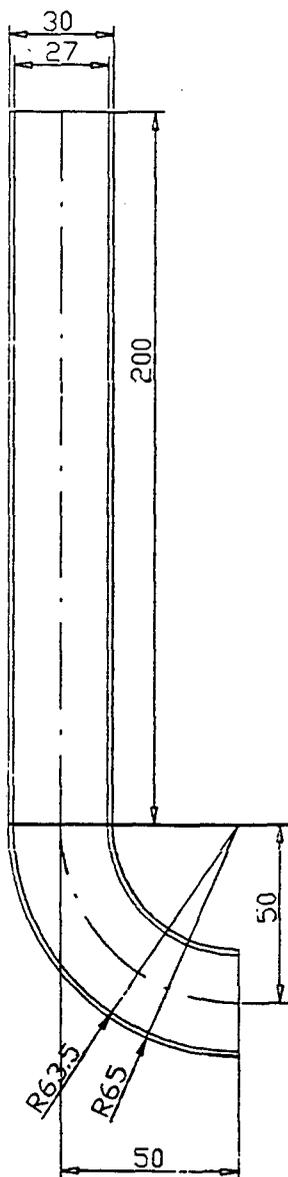
01	Guia de fixação do cinzel adubo	04	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
NeDIP NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO			UFSC - ENGENHARIA MECÂNICA	
Sistema Modular Módulo Construtivo 08			NOME	Luiz F.
			DES Nº	MC 08.03
			DATA	05/00
			SISTEMA MODULAR	UNIDADE mm



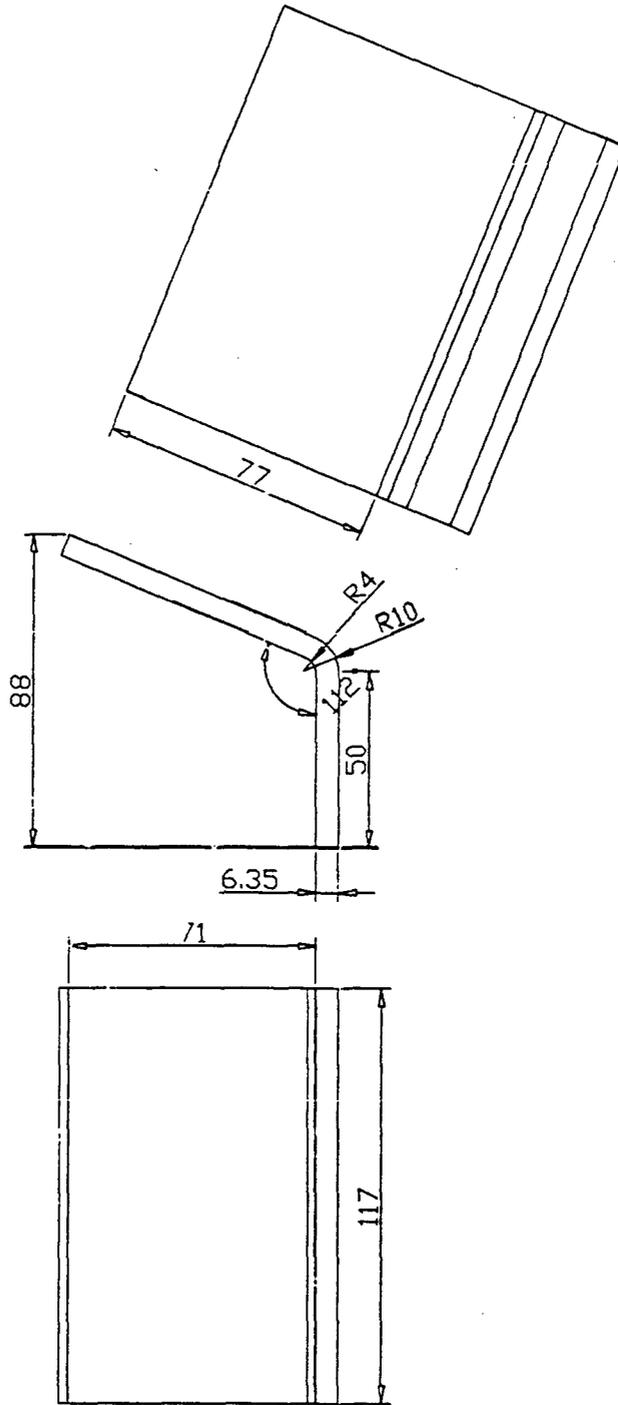
02	Suporte cinzel	01	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
NeDIP NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO			UFSC - ENGENHARIA MECÂNICA			
Sistema Modular Módulo Construtivo 08			NOME	Luiz F.	DES Nº	MC 08.03
			DATA	03/00	ESCALA	1:2
			SISTEMA MODULAR			UNIDADE



05	Suporte do dosador de adubo	02	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
NeDIP NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO			UFSC - ENGENHARIA MECÂNICA			
Sistema Modular			NOME	Luiz F.	DES Nº	MC 03.05
			DATA	05/00	ESCALA	1:1
Módulo Construtivo 03			SISTEMA MODULAR		UNIDADE	III

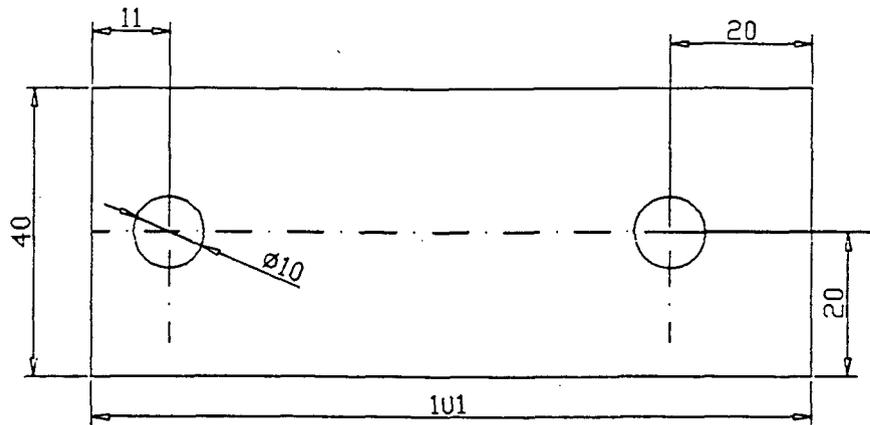


06	Tubo de condução do adubo	01	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
NeDIP NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO			UFSC - ENGENHARIA MECÂNICA			
Sistema Modulart			NOME	Luiz F.	DES Nº	MC 08.06
			DATA	05/00	ESCALA	1:2
Módulo construtivo 08			SISTEMA MODULAR		UNIDADE	mm



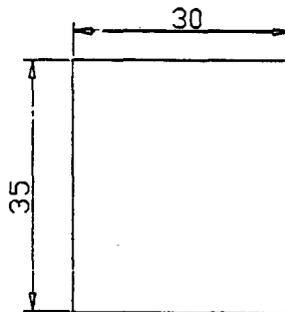
03	Chapa de fixação do cinzel semente	02	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
NeDIP NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO			UFSC - ENGENHARIA MECÂNICA			
Sistema Modular			NOME	Liniz F.	DES Nº	MC 09.02
			DATA	05/00	ESCALA	1:2
Módulo Construtivo 09			SISTEMA MODULAR		UNIDADE	mm

01



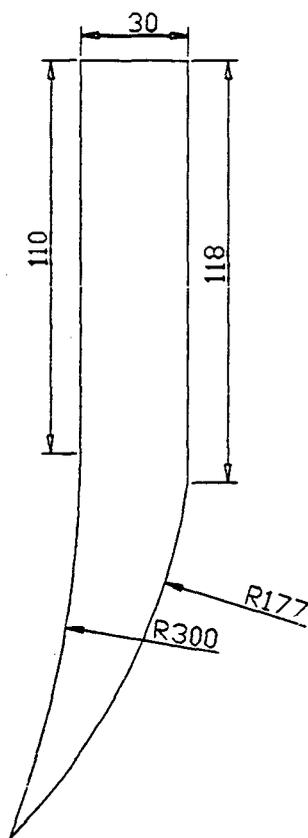
esp. 15mm

02

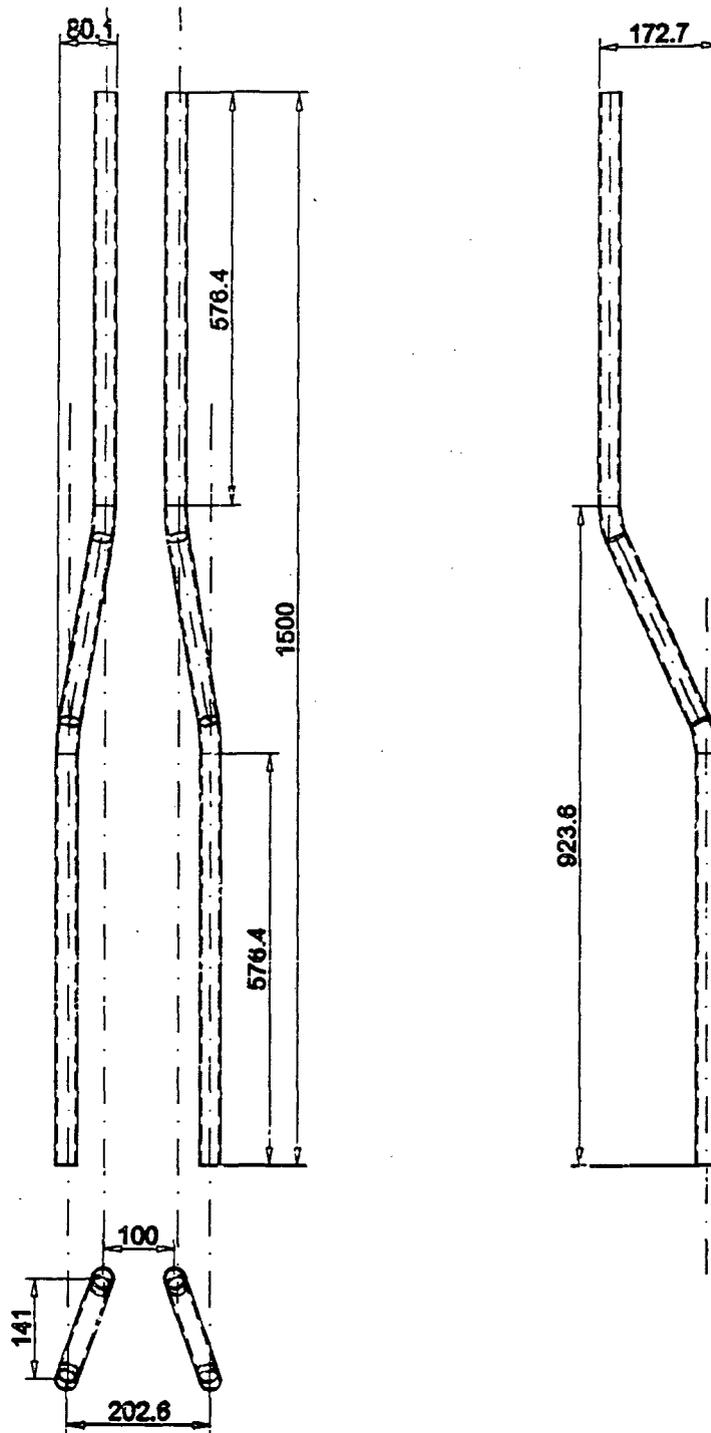


esp. 5mm

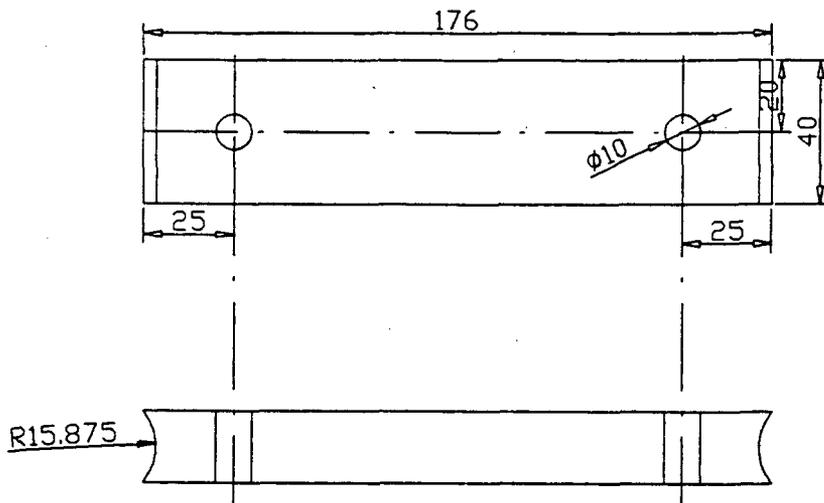
02	Chapa de reforço do cinzel semente	01	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10
01	Barra de fixação do cinzel semente	01	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
NeDIP NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO			UFSC - ENGENHARIA MECÂNICA	
Sistema Modular			NOME	Luiz F. DES N° MC 09.01
			DATA	05/00 ESCALA 1:1
Módulo Construtivo 09			SISTEMA MODULAR	UNIDADE mm



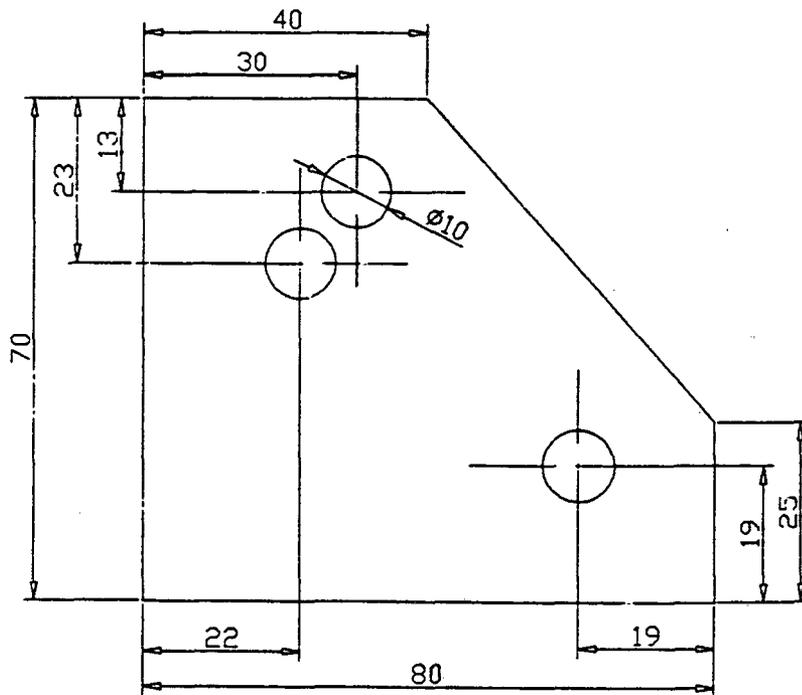
06	Suporte de fixação do cinzel semente	01	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
NeDIP NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO			UFSC - ENGENHARIA MECÂNICA			
Sistema Modular Módulo Construtivo 09			NOME	Luiz F.	DES Nº	MC 09,06
			DATA	05/00	ESCALA	1:2
			SISTEMA MODULAR			UNIDADE



03	Chassis	01	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
NeDIP NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO			UFSC - ENGENHARIA MECÂNICA			
Sistema Modular			NOME	Lutz F.	DES N°	MC 12.03
Módulo Construtivo 12			DATA	05/00	ESCALA	1:5
			SISTEMA MODULAR		UNIDADE mm	



esp. 3mm



esp. 5mm

02	Chapa de suporte dos cabos	02	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10
01	Chapa traseira	01	Aço ABNT 1020	Tolerância IT10/ 1:2
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
NeDIP NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO			UFSC - ENGENHARIA MECÂNICA	
Sistema Modular Módulo Construtivo 12			NOME	Luiz F.
			DES Nº	MC12.01
			DATA	05/00
			SISTEMA MODULAR	UNIDADE mm