

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO DE UM
MICROTRATOR ARTICULADO: TRAÇÃO E PREPARO DE SULCOS.

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

ANTONIO CARLOS VALDIERO
FLORIANÓPOLIS, JULHO DE 1994

DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO DE UM
MICROTRATOR ARTICULADO: TRAÇÃO E PREPARO DE SULCOS.

ANTONIO CARLOS VALDIERO

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE
MESTRE EM ENGENHARIA

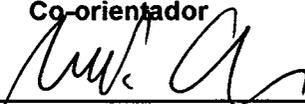
ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA, ÁREA DE
CONCENTRAÇÃO PROJETO MECÂNICO, APROVADA EM SUA
FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA.



Prof. Nelson Back, Ph.D.
Orientador



Prof. Longuinho da C.M. Leal, M.Sc.
Co-orientador

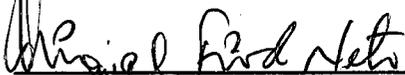


Prof. Antônio F. C. da Silva, Dr.Eng.
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



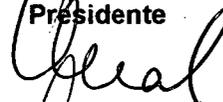
Eng. Agr. João A. Zanini Neto, M.Sc.



Prof. Miguel Fiod Neto, Dr.Eng.



Prof. Nelson Back, Ph.D.
Presidente



Prof. Longuinho da C.M. Leal, M.Sc.



Prof. Fernando A. Forcellini, Dr.Eng.

Aos meus pais e à minha esposa.

AGRADECIMENTOS

O mestrando é agradecido ao Prof. Nelson Back, orientador deste trabalho, pelos conhecimentos adquiridos através de suas aulas de Metodologia de Projeto e pela contínua orientação durante o projeto; e ao Prof. Longuinho C.M. Leal, co-orientador, pela participação ativa e ajuda na solução dos problemas de projeto.

É, também, muito agradecido a todos os bolsistas e estagiários que colaboraram na execução do trabalho, em especial aos amigos Wellington e Elbio pela ajuda constante e o companheirismo.

Aos companheiros Ricardo, Vinícius, Leonardo, aos veteranos do curso e colegas de outros laboratórios, pelo convívio e integração.

Aos técnicos Faraco, Roberto e Batista, ao Eng. Pretel e ao Prof. Fernando Forcellini, pelas idéias e apoio na construção do protótipo.

Ao BID, pelo financiamento da Sulcadora Aduadora através do projeto Microbacias; ao FINEP, pelos recursos financeiros no projeto do microtrator; ao CNPQ e à CAPES, pela bolsa de estudos; e à UFSC, onde se realizou o projeto.

ÍNDICE

RESUMO.....	viii
-------------	------

ABSTRACT.....	ix
---------------	----

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1 - Generalidades.....	01
1.2 - Plantio Direto no Brasil e a Pequena Propriedade.....	02
1.3 - Metodologia de Projeto de Produtos Industriais.....	04
1.4 - Problema Proposto.....	06

CAPÍTULO II - ESTADO DA ARTE DE SISTEMAS DE TRAÇÃO MOTORIZADA DE PEQUENO PORTE

2.1 - Introdução.....	08
2.2 - Microtratores de Rabiça.....	08
2.3 - Microtratores Articulados.....	14
2.4 - Microtratores Não-Articulados de Quatro Rodas.....	17
2.5 - Conclusão.....	20

CAPÍTULO III - UMA EXPERIÊNCIA BEM SUCEDIDA:

SULCADORA ADUBADORA PARA PLANTIO DIRETO DE MUDAS DE CEBOLA

3.1 - Introdução.....	22
3.2 - Análise das Necessidades e Definição dos Requisitos.....	23
3.3 - Geração de Soluções e Escolha da Melhor Concepção.....	24
3.4 - Construção e Teste do Modelo.....	28
3.5 - Projeto do Dosador de Adubo.....	29
3.6 - Detalhamento e Construção do Protótipo.....	33

3.7 - Teste do Protótipo.....	37
3.8 - Modificações e Recomendações.....	44
3.9 - Conclusão.....	46

CAPÍTULO IV - ANÁLISE DO PROBLEMA E DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DE PROJETO

4.1 - Introdução.....	47
4.2 - Análise das Necessidades.....	47
4.3 - Determinação dos Parâmetros Agronômicos.....	50
4.4 - Determinação dos Parâmetros Ergonômicos.....	51
4.5 - Determinação dos Parâmetros Mecânicos.....	54
4.6 - Determinação dos Parâmetros Econômicos.....	56
4.7 - Fundamentos da Casa da Qualidade Aplicados ao Projeto do Microtrator.....	59

CAPÍTULO V - PROJETO CONCEITUAL

5.1 - Introdução.....	64
5.2 - Técnica de Análise Funcional de Sistemas (FAST).....	64
5.3 - Busca por Princípios de Solução.....	69
5.4 - Síntese de Concepções.....	75
5.5 - Avaliação e Escolha da Melhor Concepção.....	81
5.6 - Descrição Geral da Concepção Escolhida.....	83

CAPÍTULO VI - PROJETO PRELIMINAR

6.1 - Introdução.....	85
6.2 - Potência Requerida pelas Enxadas Rotativas no Preparo de Sulcos.....	85
6.3 - Cadeia Cinemática para a Transmissão de Potência.....	93
6.4 - Raio de Giro para o Chassis Articulado.....	99
6.5 - Centro de Gravidade e Análise da Estabilidade.....	102

CAPÍTULO VII - PROJETO DETALHADO

7.1 - Introdução.....	108
7.2 - Módulo de Preparo de Sulcos.....	109
7.3 - Módulo de Transmissão de Potência.....	113
7.4 - Módulo Estrutural.....	120
7.5 - Módulo de Comando.....	121
7.6 - Estimativa de Custos.....	122

CAPÍTULO VIII - TESTE DO PROTÓTIPO E RECOMENDAÇÕES PARA REPROJETO

8.1 - Introdução.....	125
8.2 - Teste de Funcionamento.....	125
8.3 - Recomendações de Operação e Manutenção.....	129
8.3 - Sugestões para Futuros Reprojotos.....	130

CAPÍTULO IX - CONCLUSÃO..... 132**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....** 133**APÊNDICE 1 - DESENHOS DE CONJUNTO DA SULCADORA ADUBADORA****APÊNDICE 2 - DESENHOS DE CONJUNTO DO MICROTRATOR**

RESUMO

Neste trabalho, apresenta-se o desenvolvimento e a construção de um microtrator articulado de quatro rodas. Buscou-se, como uma alternativa à tração animal, uma solução mecanizada apropriada às pequenas propriedades, de fácil manobra, com velocidades de deslocamento apropriadas às diversas operações agrícolas, fácil operação e manutenção, baixo custo, resistente e versátil. As técnicas de FAST, Matriz Morfológica e Casa da Qualidade são aplicadas no projeto conceitual. A concepção escolhida possui chassis tubular, comprimento total de 2 metros e bitola de 72 cm, e sistema de potência composto de motor a gasolina com 8hp, caixa de marchas com 5 velocidades e transmissão por correias e correntes de rolos. Determinaram-se as posições adequadas para o banco, os pedais e as alavancas a partir de um estudo de ergonomia. Através de uma caixa de redução opcional, pode-se alcançar as baixas velocidades exigidas no transplante de mudas. O trabalho inclui o desenvolvimento de um implemento de preparo e adubação de sulcos para plantio de mudas, construído e testado em microtrator de rabiça, com bons resultados no preparo de sulcos para o plantio de mudas de cebola.

ABSTRACT

This work presents the development and construction of a four-wheel articulated small tractor, as an alternative for animal traction, a mechanised solution adequate to small farms, with easy manoeuvre, appropriate travel speeds to the several farm operations, easy handling and maintenance, low cost, robust and versatile. The FAST, Morphological Matrice and House of Quality techniques are applied in the conceptual design. The chosen conception has tubular chassis, full length of 2 metres and the wheel base is 0,72 metre, and power system composed by a gasoline engine with 8 hp, 5-speed gearbox and transmission by roller chains and V-belt. The adequate positions for the seat, pedals and control levers have been determined from an ergonomic research. Through an optional reduction gearbox, it is possible to reach slow speeds, that must be acquired for seedlings transplanter. This work also, includes an equipment able to fertilize and prepare the furrows, for receiving the seedlings, that was tested and evaluated with two wheels tractor. Good results were attained with furrows planted onion seedlings.

Capítulo I

INTRODUÇÃO

1.1 GENERALIDADES

A crescente evolução das ciências propiciou melhores condições de vida à humanidade e aumento no período médio de vida do homem.

Este fato se refletiu na América do Sul, com um grande crescimento demográfico, alta taxa de natalidade e o deslocamento da população rural para a zona urbana. Surgiu, então, uma enorme demanda de alimentos.

Procuraram-se soluções para aumentar a produção agrícola, tais como melhores técnicas de plantio, mecanização agrícola, conservação do solo e humanização do trabalho rural.

De acordo com Silveira [15], a mecanização agrícola, pela sua possibilidade de multiplicar o rendimento do trabalho do homem, apresenta-se como alternativa mais viável, a curto prazo, para contornar o problema da produção de alimentos, aliando-se, ainda, práticas modernas de conservação do solo. É importante, também, na humanização do trabalho rural, melhorando as condições de trabalho e postura do homem. Contribui, além disso, para fixação do homem no campo, pois a utilização de máquinas torna o trabalho mais produtivo e atraente aos filhos dos colonos.

No Brasil, encontra-se um grande número de pequenas propriedades que enfrentam o problema da falta de máquinas para plantio direto, adaptadas às suas condições. A tração animal, em certos casos, tem-se mostrado ineficiente, devido às suas limitações, necessidade de pastagens e cuidados veterinários.

Diante da competitividade existente, tanto no mercado mundial como no nacional, o aumento da produtividade e da qualidade é muitas vezes questão de sobrevivência do empresário agrícola ou industrial. Porter [7] e Drucker [36] relatam a experiência de várias empresas americanas que, na prática da inovação, venceram a competitividade.

Na palestra proferida pelo Prof. Nelson Back, sobre "Engenharia de Produto: Importância

Estratégica para a Competitividade", realizada durante o I Seminário Sul Brasileiro de Engenharia Simultânea e Automação Industrial (Novembro/1993 - Florianópolis), mostrou-se que as primeiras fases do desenvolvimento do produto são de fundamental importância para o sucesso do projeto. Avaliando os detalhes de projeto, fabricação, montagem, inspeção, transporte, venda, assistência, descarte e outros, desde o início do desenvolvimento, problemas podem ser detectados e resolvidos de maneira mais fácil, rápida e barata. A seção 1.3 apresenta sucintamente a Metodologia de Projeto de Produtos Industriais.

O objetivo principal e a motivação que levaram ao desenvolvimento desta dissertação de mestrado encontram-se na seção 1.4.

O capítulo III apresenta o desenvolvimento de um implemento para preparo de sulcos adubados, servindo de experiência e aquisição de conhecimentos que ajudaram no projeto de uma solução motomecanizada para o plantio direto na pequena propriedade, descrita nos capítulos posteriores.

1.2 - PLANTIO DIRETO NO BRASIL E A PEQUENA PROPRIEDADE

Segundo Phillips *et alli* [49], uma definição formal para o plantio direto ou cultivo mínimo é "cultivo reduzido unicamente àquelas operações oportunas e necessárias para produzir uma cultura, tratando de evitar o prejuízo do solo".

Assim, o plantio direto refere-se ao sistema de cultivo em que há uma movimentação mínima do solo, necessária à colocação da muda ou semente no sulco ou cova, numa superfície coberta de palha e resíduos da cultura anterior, sendo as ervas daninhas combatidas por meio de herbicidas. Com isto, a terra fica protegida contra a erosão, na época das chuvas, conseguem-se bons níveis de umidade do solo, em tempos de seca, além de propiciar o desenvolvimento de microorganismos e minhocas, responsáveis pela produção de humus.

O plantio direto foi introduzido no Brasil no início da década de setenta. De acordo com

Denardin *et alli* [50], inicialmente as informações técnicas sobre a adequação do plantio direto às condições brasileiras apresentaram uma defasagem de tempo de dez anos, em relação à demanda criada pelos produtores rurais pioneiros. Durante este período, foram freqüentes os problemas com as semeadoras importadas, herbicidas ineficientes no controle de ervas daninhas e falta de informações técnicas em geral, que prejudicaram o crescimento da área de plantio direto.

Somente na década de oitenta, com os resultados das pesquisas e geração de informações técnicas [47,48,52,56], o plantio direto tomou-se viável técnica e economicamente.

São considerados requisitos essenciais à implantação, manutenção e sucesso do plantio direto: sistematização da lavoura (conjunto ordenado de ações); manejo da fertilidade do solo; planejamento de um sistema de rotação de culturas; manejo de restos culturais e de culturas de cobertura do solo (aveia preta, ervilhaca, centeio, tremoço, papuã, etc.); estrutura de máquinas e implementos; assistência técnica e atualização do usuário. Estudos recentes [26,50,51], confirmam o plantio direto como um sistema produtivo e provam a sua viabilidade econômica, técnica e energética. Este trabalho visa contribuir para a estrutura de máquinas de plantio direto na pequena propriedade, pois, segundo Muzilli *et alli* [58], esta é a menos atendida pelas tecnologias modernas.

Sendo assim, é preciso conhecer as características da pequena propriedade. Na palestra do Dr. Patrick Wall sobre "A perspectiva do plantio direto na pequena propriedade na América Latina", realizada no I Encontro Latino-Americano sobre o Plantio Direto na Pequena Propriedade [26], definiram-se como características do pequeno produtor: a agricultura de subsistência, a aversão ao risco, a necessidade de máquinas simples e versáteis e a área plantada limitada. As bases da riqueza são a terra, a mão-de-obra, o capital e a informação. Um aspecto observado é que a escassez de capital e informação é a principal característica do pequeno agricultor. Implementar o plantio direto e vencer as restrições ao aumento da renda via produção agrícola na pequena propriedade depende de interesses políticos, econômicos e financiamentos. Um esforço neste sentido é o PRORURAL (Projeto Integrado de Apoio ao Pequeno Produtor Rural) [57], com financiamento firmado entre o BID e o estado do Paraná.

1.3 - METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS

No desenvolvimento deste trabalho, utilizar-se-á a Metodologia de Projeto de Produtos Industriais proposta por Back [5], composta das seguintes fases:

- a) Análise das necessidades;
- b) Definição dos requisitos e identificação do problema;
- c) Geração de soluções para o problema;
- d) Avaliação e escolha da concepção inicial;
- e) Construção do modelo;
- f) Teste do modelo;
- g) Modificações no modelo;
- h) Projeto detalhado;
- i) Construção do protótipo;
- j) Teste do protótipo;
- l) Modificações e recomendações;
- m) Documentação do projeto.

Em cada uma das fases acima, aplicam-se técnicas e ferramentas que melhoram o desempenho do processo de projeto.

Na análise das necessidades e identificação do problema, segue-se a orientação dada por Ostrovsky [4].

Pahl e Beitz [1] apresentam uma sistemática de projeto que estabelece estruturas de funções, princípios de solução e síntese de concepções pela combinação dos princípios de solução. Vários critérios de avaliação e seleção das concepções obtidas são mostrados por estes autores.

Técnicas de Engenharia e Análise do Valor descritas por Csillag [6], juntamente com as técnicas de criatividade e a Análise Morfológica, estimulam o surgimento de idéias novas.

A grande vantagem da Análise do Valor é trabalhar com um enorme ferramental de técnicas que a completam e melhoram, algumas atuando dentro da Análise do Valor e outras em paralelo, como, por exemplo, a Qualidade.

Algumas ferramentas atuam na fase inicial porque ajudam a clarear e definir o problema, como a técnica do Problema Nebuloso, FAST, Índice do Potencial de Redução de Custos, DEI, Indicadores Específicos, Critérios Predeterminados, Generalização da Lei de Pareto, Técnica de Kepner e Tregoe (GUT).

Outras ferramentas ajudam na determinação dos elementos de custo, na comparação com os concorrentes e na identificação de pontos de redução de custos, como, por exemplo, as tolerâncias apertadas. São técnicas tais como: Condição do Máximo Material, Análise de Custos, Diagrama de Produto, Cotação Funcional, Avaliação de Função por Comparação, Avaliação de Função por Critério de Mercado, Avaliação Numérica de Relações Funcionais, Relações Custo/Função, Avaliação Teórica da Função, Nomografia, Perfis de Desempenho e Custo, Gráfico COMPARE, Análise Morfológica.

Técnicas de criatividade estimulam o surgimento de idéias novas e podem ser individuais (Catálogo, Objeto escolhido, Listagens, Associação livre, Estímulos Não Lógicos, Lista de Atributos, Lista de Verificação, Pensamento Lateral, Hierarquia) ou grupais, onde é muito importante o trabalho em grupo na geração de idéias, tais como: Encaixe Forçado, Análise de Estímulos, Brainstorming, Brainwriting, Sinética, Sinética Visual, Delphi.

Técnicas de avaliação ajudam a otimizar a solução, tais como: Lista de Verificação, Vantagem-Desvantagem, Custear Todas as Idéias, Estimativa Direta de Magnitude, FIRE, Ponderacional, Árvore de Decisão, Otimização, Análise de Custo-Benefício no Ciclo de Vida.

Uma descrição destas técnicas e muitas outras existentes encontra-se nas referências [1, 5, 6, 10, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39]. É importante ressaltar que a escolha das técnicas a serem aplicadas, e que produzirão melhores resultados, dependerá do tipo de projeto e atividade que se pretende desenvolver. Fica, então, a critério do projetista escolher o melhor caminho.

Utilizou-se um diagrama freqüentemente usado em Análise do Valor, chamado FAST (Técnica de Análise Funcional de Sistemas), muito eficiente na fase inicial do projeto.

Baseando-se em Naveiro [11], lida [9] e McCormick [8], foi elaborado um trabalho em ergonomia, onde se estudou uma postura adequada ao operador e a região de conforto para os comandos da máquina.

No transcorrer do projeto, pretendia-se fazer uma entrevista com colonos, no campo, que seria

transcrita como os atributos do consumidor, para montagem da "Casa da Qualidade", utilizando a técnica descrita por Clausing et alli [12] e os comentários de Ramaswamy e Ulrich [13]. Como isto não foi possível, pela impossibilidade financeira e de recursos humanos nesta área, apresentar-se-á apenas um estudo dos fundamentos da Casa da Qualidade, na seção 4.7, dada a sua importância no projeto.

Com a finalidade de organizar e planejar o desenvolvimento do produto, utiliza-se a técnica do PERT/CPM e o gráfico de Gantt, fundamentais no gerenciamento do projeto.

1.4 - PROBLEMA PROPOSTO

Devido às necessidades existentes no país, o Laboratório de Projeto - UFSC tem se especializado no desenvolvimento e construção de protótipos de máquinas agrícolas, voltadas ao pequeno agricultor e à conservação do meio-ambiente. Para isto, conta com um grupo de professores, doutorandos, mestrandos, técnicos e bolsistas, além da experiência, de mais de uma década, na construção de protótipos, tais como: trilhadeira, adubadeira, semeadeiras, transplantadeira, colhedoras e outros.

Surge, então, mais um desafio: o desenvolvimento e a construção de um microtrator articulado de quatro rodas. Aspira-se por uma máquina modular, apropriada às pequenas propriedades, que seja uma solução mecanizada alternativa à tração animal e adequada às operações de abertura e adubação de sulcos, semeadura e/ou transplante de mudas.

Diante do volume de trabalho necessário para o desenvolvimento do microtrator e a limitação de tempo, esta dissertação abrange apenas a parte dianteira, composta do sistema de tração, comando e preparo de sulcos (ver figura 1.1). A dissertação de Ricardo C. de Rezende, que seguiu em paralelo, trata do desenvolvimento do sistema de direção e do porta implemento.

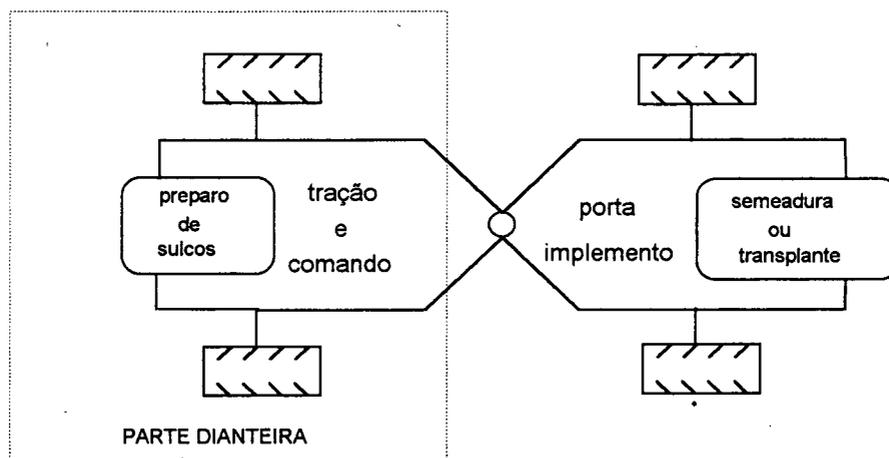


Figura 1.1 - Problema proposto e os limites de atuação do presente trabalho (parte dianteira).

Assim, com o trabalho conjunto desta e outras dissertações de mestrado, pretende-se chegar a uma concepção para a máquina inteira, incluindo o desenvolvimento e a adaptação de implementos para preparo de sulcos, semeadura, transplante de mudas e outros dispositivos, especialmente projetados para ela (como, por ex., roçadeira, capinadeira, de correção do solo, pulverizadora, etc.).

Um estudo breve sobre os microtratores existentes é feito no capítulo II.

O estudo sobre o preparo de sulcos concentra-se no capítulo III, que apresenta a experiência adquirida com o projeto de uma Sulcadora Adubadora.

No capítulo IV, faz-se uma análise das necessidades e a definição dos requisitos de projeto para este problema.

O capítulo V mostra o desenvolvimento do projeto conceitual da parte dianteira.

Capítulo II

ESTADO DA ARTE DE SISTEMAS DE TRACÇÃO MOTORIZADA DE PEQUENO PORTE

2.1 - INTRODUÇÃO

Segundo Pretel [25], existe, hoje, no Brasil, uma lacuna no mercado de máquinas agrícolas, que são os tratores de pequena e média potência dotados de super-reduções. O lançamento de tratores menores, com velocidades bastante reduzidas, tomaria viável a mecanização de tarefas lentas, como, por exemplo, o transplante de mudas de cebola.

Neste capítulo, apresentam-se alguns tipos de microtratores e suas principais características. O levantamento e estudo de todos os pequenos tratores presentes na agricultura, indústria e muitos outros setores, levaria ao dispêndio de um tempo inviável à realização desta dissertação. Diante desta restrição, procurou-se aproveitar os resultados de levantamentos já realizados em anos anteriores. Assim, como fonte de informação, utilizou-se o levantamento feito em livros, relatórios e folhetos técnicos [27,40,41,42,43,45,46,53,61].

2.2 - MICROTRATORES DE RABIÇA

Existe uma grande variedade de microtratores de rabiça, também chamados de tratores de eixo único (*Single-Axle Tractors*), tratores de duas rodas (*Two-Wheel Tractors*) ou, como algumas vezes denominados pela literatura inglesa, de *Walking Tractors* ou *Pedestrian Tractors*.

A principal característica dos tratores de rabiça é ser versátil. Este requisito satisfaz as necessidades por diversificação encontradas na pequena propriedade. A fácil manutenção e a durabilidade são as maiores considerações de projeto.

Os modelos menores, geralmente, têm um único eixo motor, podendo-se montar implementos rebocados ou cultivadores rotativos encaixados no lugar das rodas. Os modelos maiores têm um par de

rodas motrizes e um dispositivo de tomada de potência independente, para acoplamento de cultivador rotativo ou outro implemento similar.

Os motores a gasolina são mais freqüentes nos tamanhos menores e os a diesel nos maiores. Os sistemas de transmissão encontrados vão desde as correias tipo V, com mudança de velocidade por polias escalonadas e embreagem por polia tensionadora, até as transmissões por engrenagens, com multivelocidades e embreagens de fricção.

O controle de direção é feito através de embreagens independentes nas rodas, engatando e desengatando o movimento em cada uma.

Arando ou cultivando, o operador pode caminhar atrás ou ir sentado sobre um assento montado na parte traseira da máquina. Quando é utilizado para transporte de carga ou passageiros, o microtrator é acoplado a um reboque de duas rodas e o motorista possui um assento na frente do reboque. A carga máxima em transporte varia de 600 a 1200 kg, de acordo com o fabricante.

Em alguns modelos, uma pesada polia montada na extremidade do eixo virabrequim, na lateral do trator, funciona como um disco de inércia. Tem-se, assim, uma fonte de potência adequada para uma enorme variedade de equipamentos agrícolas e de processamento da colheita, através de um sistema de transmissão por correias. Como exemplo, esta tomada de potência pode ser usada para mover uma bomba d'água, um gerador de eletricidade, um moinho de farinha ou uma trilhadeira de arroz.

Tratores de rabiça têm alcançado muito sucesso na agricultura intensa, sobre solos relativamente leves e com uso de cultivador rotativo. Alguns exemplos de sucesso são as culturas de arroz irrigado na Ásia e a manutenção de jardins na Europa.

A utilização destas máquinas tem tido menos sucesso na agricultura extensiva e sobre solos duros, tais como em regiões de savanas da África, onde largas áreas precisam ser trabalhadas.

Como todos os equipamentos de baixa potência, microtratores de rabiça requerem uma rede de fornecedores de peças sobressalentes, treinamento do operador e manutenção regular, principalmente em condições de trabalho sob calor e poeira.

Os modelos de diferentes fabricantes são bem semelhantes, variando apenas os tipos de elementos e as posições relativas. A seguir, faz-se uma breve descrição de alguns microtratores de

rabiça de fabricantes mundiais.

a) TRATOR INTEC (E.U.A.)

Teve origem no projeto DNT (*Developing Nations Tractor*) da Ford [27], quando, em 1964, a Ford decidiu projetar um trator que permitisse uma mecanização simples para pequenos agricultores de países em desenvolvimento, a um preço acessível. O trator Intec inclui uma saída para tomada de potência, arado de disco de um metro de largura, uma unidade de adubação e semeadura, além de outros itens, tais como uma bomba de irrigação, um pulverizador e uma colhedeira de batata.

b) FERRARI (Itália)

A Ferrari levou ao mercado três modelos de tratores de rabiça, com motores diesel refrigerados a ar, na faixa de 7 a 21 hp. A transmissão por engrenagens substitui as correias e correntes.

O modelo 14 hp tem 4 marchas a frente e duas a ré, e a tomada de potência com duas velocidades. Implementos: cultivador rotativo, roçadeira, reboque, pulverizador, arado e até uma mesa de serra adaptável. A figura 2.1 mostra um dos modelos FERRARI.

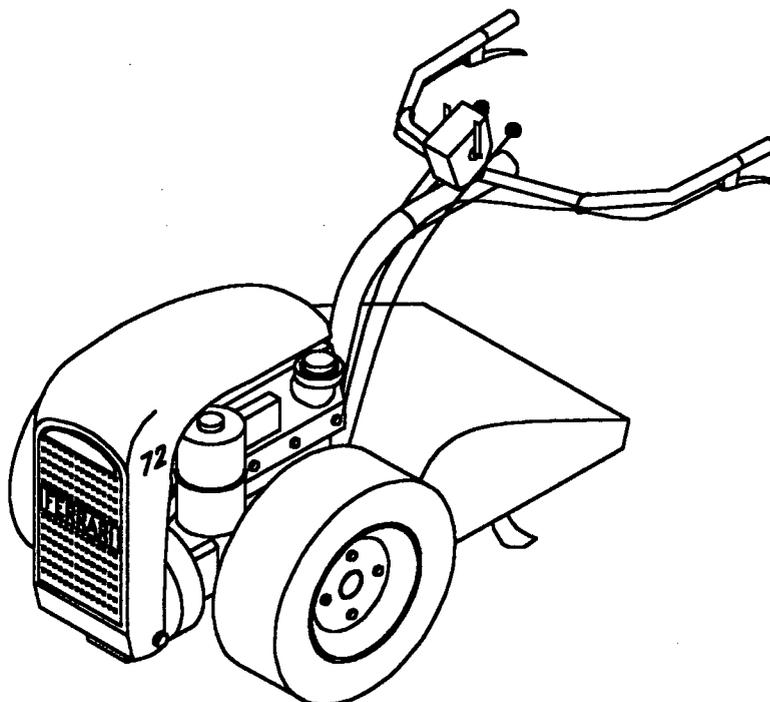


Figura 2.1- Esboço do microtrator de rabiça FERRARI, concepção onde a transmissão é toda por engrenagens [27].

c) PASQUALI (Itália)

São tratores de rabiça italianos [27] na faixa de 7 a 18 hp. Todos são equipados com motores a diesel, refrigerados a ar.

Os modelos de baixa potência (7 a 14 hp) têm 4 velocidades a frente e 2 a ré. As unidades mais potentes têm 12 velocidades de operação, 9 a frente e 3 a ré, variando na faixa de 0,6 a 16 km/h. Todos os modelos têm dois eixos de saída de potência.

O cultivador rotativo desconecta automaticamente quando a marcha a ré é engatada. Pasquali oferece mais de 70 implementos para tratores de rabiça, descritos em 200 páginas de catálogo.

d) AGRIA (Alemanha)

O trator de rabiça, modelo 2400 da Agria, é disponível com motor a gasolina, dois tempos e 8 hp ou com 4 tempos e 9 hp. O câmbio possui 6 marchas, 3 a frente e 3 a ré. Possui eixo de tomada de potência independente. Os implementos mais utilizados são arado, bomba pulverizadora de dois pistões e enxadas rotativas, conforme se vê na figura 2.2.

O modelo 2700, de 13 hp, motor a diesel com partida elétrica, tem caixa com 9 velocidades, 6 a frente e 3 a ré, operando entre 1,12 e 19,2 km/h. A tomada de potência, neste modelo, opera em 2 velocidades independentes da caixa e é desengatada automaticamente quando em marcha a ré.

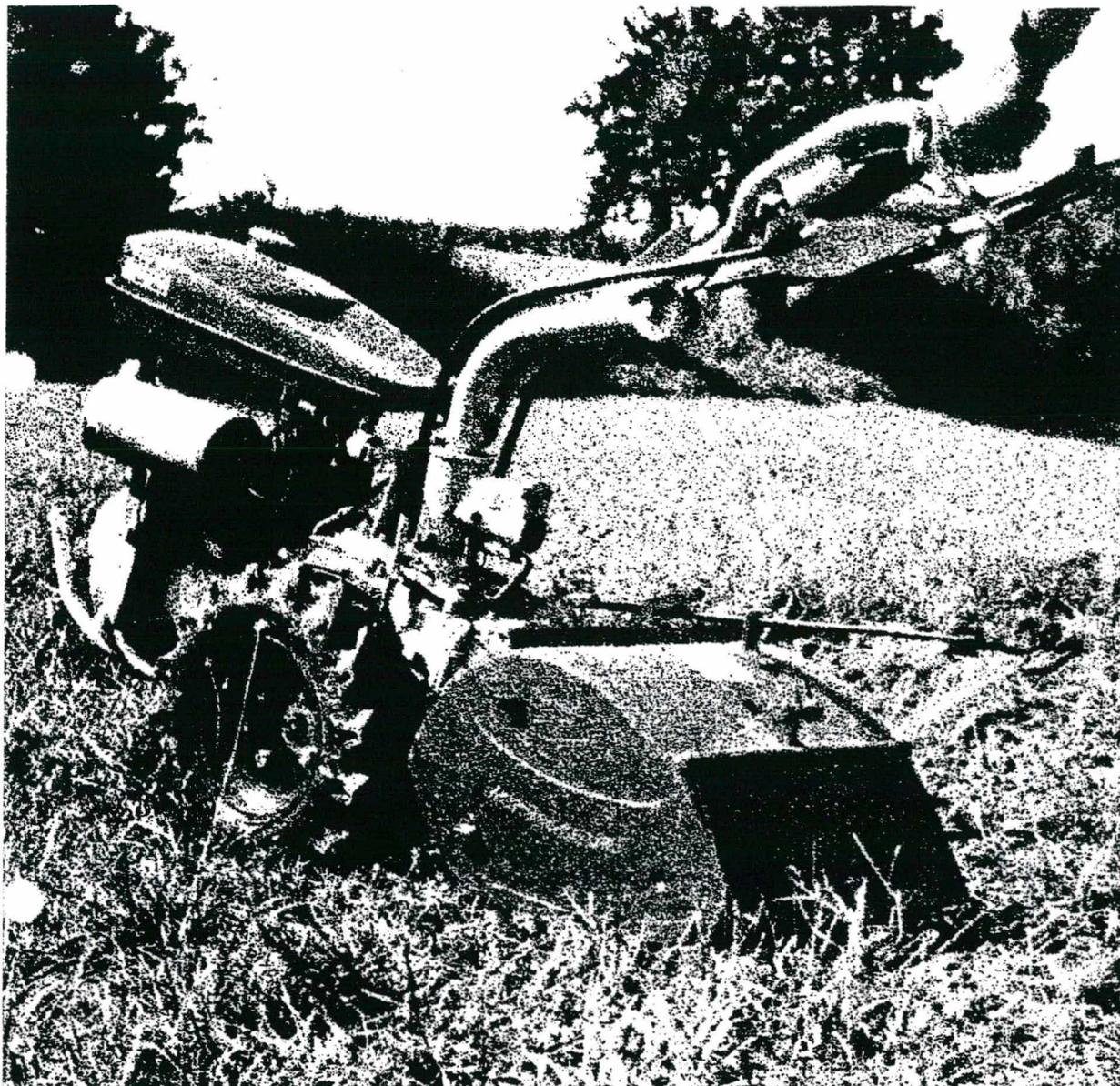


Figura 2.2 - Trator de rabiça AGRIA modelo 2400 [45].

e) MOTY MULE UNIVERSAL (Áustria)

O Mule [27] é uma máquina de lavrar e cortar feno, construída para operação segura sobre ladeiras. É disponível com motor a gasolina de 2 ou 4 tempos e motor a diesel 4 tempos. O sistema de transmissão de potência, através de correias tipo V, absorve os choques quando obstáculos interferem com as ferramentas de corte, durante o trabalho.

Eixos de tomada de potência, na frente e atrás, movem uma grande variedade de implementos, os quais podem ser instalados facilmente. A tomada de potência traseira também pode ser utilizada

para propelar as rodas de tração de um reboque. A unidade montada pesa 150 kg e sem o implemento de corte, 100 kg. A velocidade em 1a. marcha é 4 km/h, em 2a. marcha 10 km/h e de ré 3 km/h. São disponíveis mais de 25 implementos, entre eles uma ceifadeira de cereais, grade, ancinho de puxar feno, semeadeira de duas linhas e arado.

f) KUBOTA (Japão)

Atualmente, a Kubota Brasil Ltda. oferece no mercado nacional o Tobatta modelo M140N de 14 C.V. e os modelos M160NR, M160A e M160HB/HS de 16 C.V.; a principal diferença entre os modelos de 16 C.V. está na faixa de velocidades em que trabalham. A figura 2.3 mostra o modelo M140N.

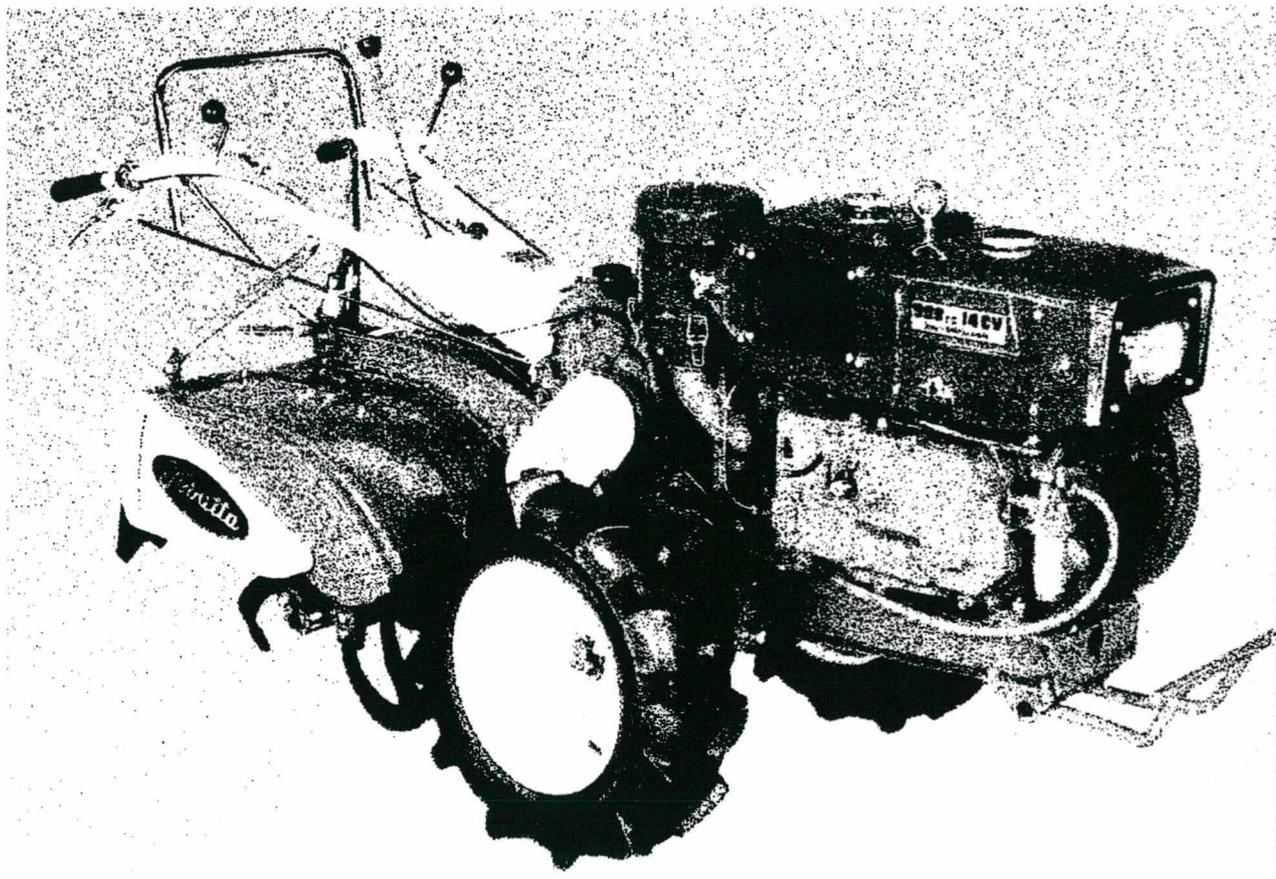


Figura 2.3 - Microtrator Tobatta modelo M140N [46].

Ambos os modelos do Tobatta, possuem o peso na faixa dos 400kg, motor a diesel 4 tempos, com consumo específico de 195g/CV/h (M140N) e 175g/CV/h (modelos de 16 C.V.), 8 velocidades

avante e 2 a ré. A menor rotação da enxada rotativa é 213 rpm. A faixa de velocidades vai de 1,31 km/h até 15 km/h.

O Tobatta possui uma série de implementos, como, por exemplo: roçadeira, vários tipos de arado, bomba de irrigação, enxadas rotativas, adubadeira, cultivador, pulverizador e carreta, além de acessórios, tais como as rodas gaiola.

2.3 - MICROTRATORES ARTICULADOS

O uso de um sistema articulado de tração foi um fator crucial no desenvolvimento de veículos terrenos, particularmente as máquinas autopropelidas de carregar terra e minério, devido ao incremento de manobrabilidade e de outras qualidades operacionais e de projeto.

Em virtude do grau de liberdade adicional nos sistemas articulados, o espaço necessário e o tempo gasto em manobras são menores. O processo de virar ou mudar de direção é bem diferente daquele que ocorre nos veículos convencionais não-articulados. Virar o veículo provoca uma aproximação dos centros de giro das rodas, que se movem ao longo de trajetórias curvilíneas; considerando que ele está parado, as rodas em um mesmo lado do veículo movem-se em direções opostas, de modo que as rodas externas se afastam e as internas se aproximam. Dudzinski [44] mostra um estudo deste processo de virar em veículos articulados.

A direção pode ser acionada por sistema hidráulico ou mecânico, fator de importante influência no custo.

Mostra-se, a seguir, a breve descrição de alguns modelos articulados de baixa potência.

a) MARATHON 2550 (Loughborough University of Technology - Inglaterra)

O MARATHON 2550 , um microtrator articulado, foi o resultado do trabalho de alunos do curso de pós-graduação do Engineering Design Centre, num convênio entre a Universidade e a indústria Liner Concrete Machinery Co. Limited. Pugh e Smith [43] mostram algumas etapas do projeto e a figura 2.4 apresenta o protótipo final do microtrator. O trator possui motor a diesel, acionamento mecânico da direção e capacidade de carga máxima de 2550 kg.

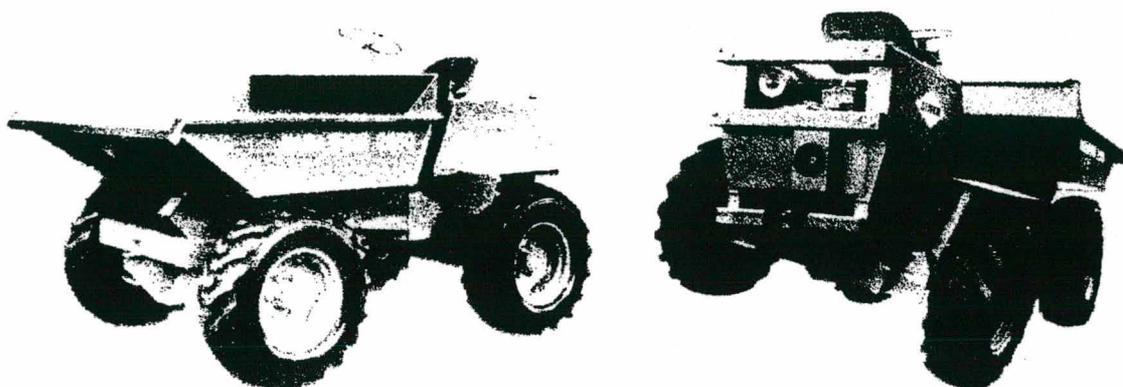


Figura 2.4 - Microtrator Marathon 2550 [43].

b) HOLDER (Alemanha)

A Gebr. Holder GmbH & CO. [41] fabrica um microtrator articulado, o modelo A18, motor a diesel 16 hp, 6 marchas a frente e 3 a ré, direção acionada por cilindros hidráulicos. Pesa vazio 765 kg e tem engate de três pontos hidráulicos na traseira. A figura 2.5 apresenta uma foto do microtrator Holder A18.

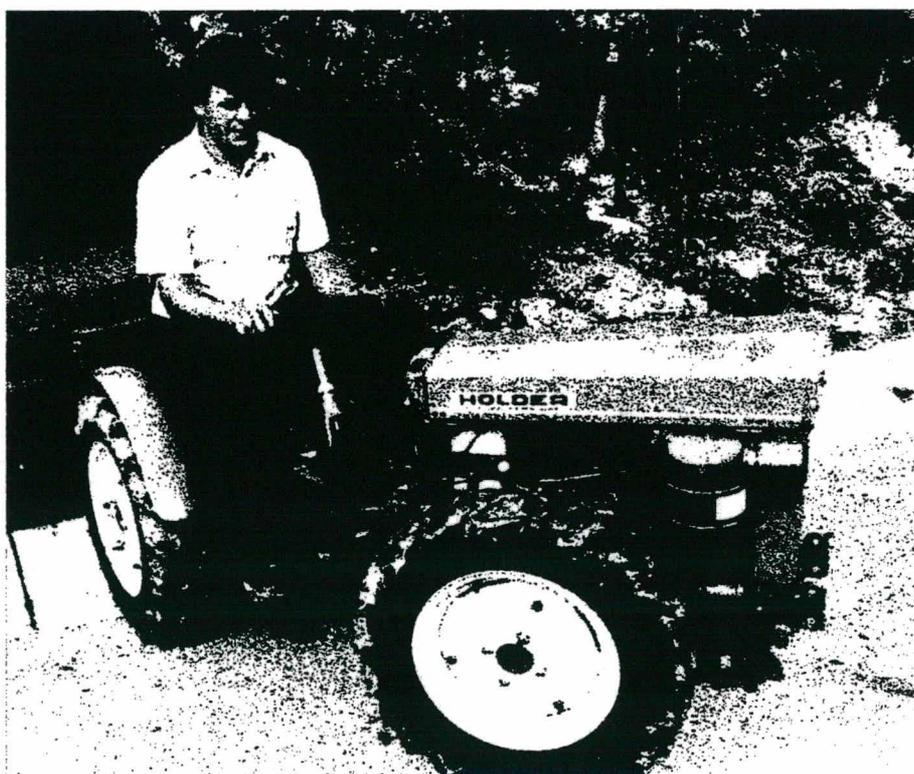


Figura 2.5 - Microtrator articulado Holder A18 [40].

c) BOLENS ARTICULATOR (USA)

A Bolens fabrica um trator de jardim, articulado, que permite trabalhar ao redor de árvores e onde o espaço para manobras é limitado. As principais características são o motor de 8 hp, partida elétrica, velocidade a frente de 2,56 até 8,8km/h e a ré de 4,16 km/h, acionamento hidráulico da direção e peso de 200 kg, cuja máquina vê-se na figura 2.6.

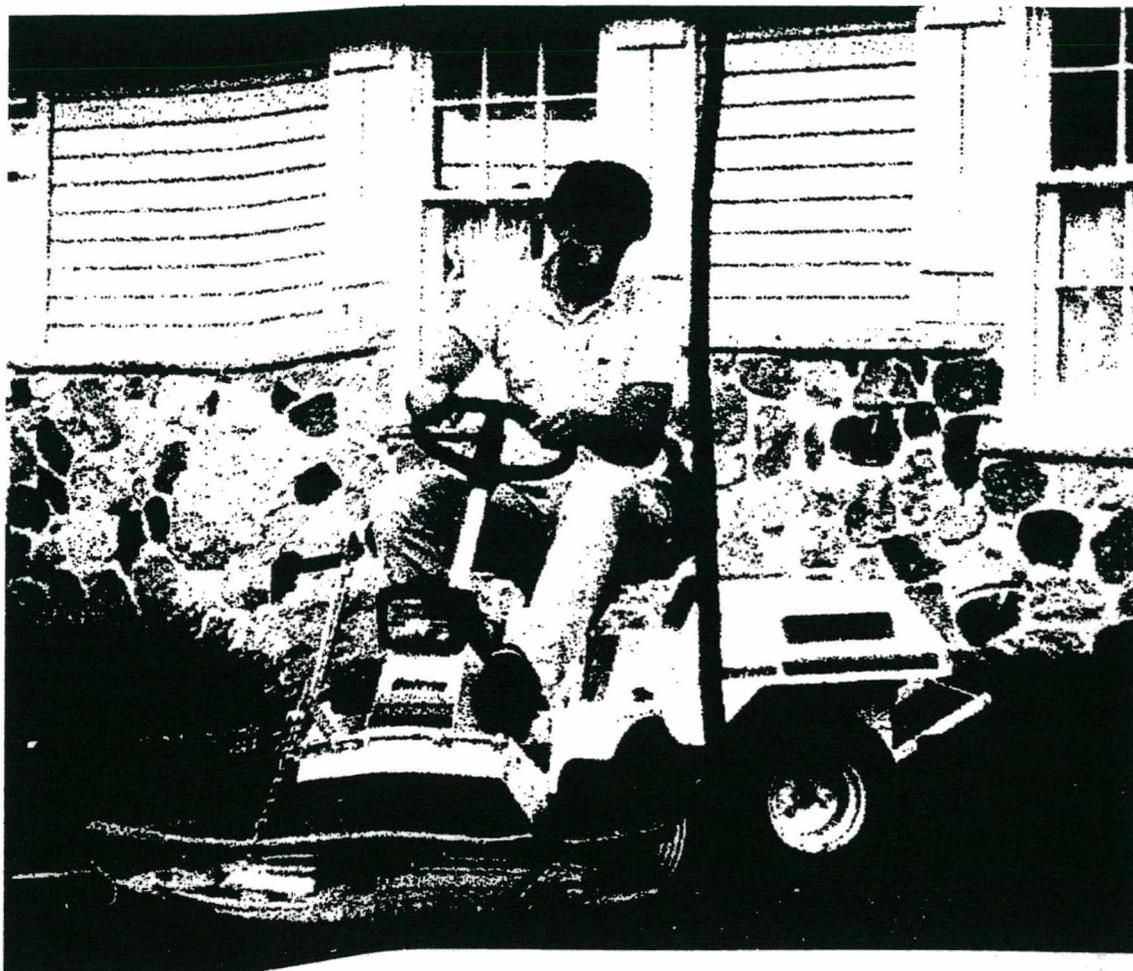


Figura 2.6 - Microtrator Bolens Articulator [42].

2.4 - MICROTROTORES NÃO-ARTICULADOS DE QUATRO RODAS

Uma reportagem publicada na revista Tratores e Máquinas Agrícolas [66], mostra dados recentes sobre o mercado nacional de tratores de quatro rodas. Há empresas que se dedicam a fabricação de máquinas menores e leves, feitas para jardins, hortas e pomares. Outras dedicam-se a produção de tratores pesados, com potência superior a 100 cv e tração nas quatro rodas. Mas, justamente a faixa intermediária de tratores, mais voltada às necessidades do pequeno e médio agricultor, está abandonada. A figura 2.7, mostra o quadro de divisão do mercado de tratores, cuja média de potência dos tratores vendidos no país, passou de 73 cv, em 1980, para 85 cv, em 1990.

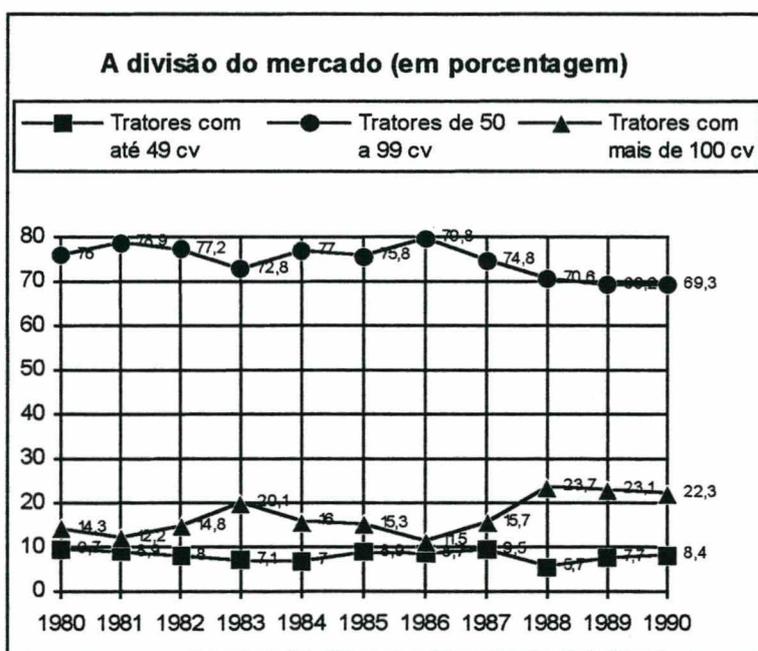


Figura 2.7 - A divisão do mercado de tratores, segundo Anfavea (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores).

Diante desta falta de pequenos tratores de quatro rodas, já mencionada na introdução deste capítulo, foram selecionados alguns modelos que mais se aproximam da necessidade existente.

a) Bolens (EUA)

A Bolens Corporation fabrica tratores pequenos, como visto na figura 2.8, de 14 e 16 hp, com motor montado sobre coxins, a fim de eliminar vibrações. Algumas características do sistema de potência são: o sistema de filtragem do combustível, que mantém o motor limpo e estende sua vida; tanque extra de gasolina com 13 litros diminui as interrupções de trabalho; exaustor na parte frontal, para eliminar o calor; e a opção de o comprador selecionar a caixa de câmbio para potência e velocidades mais adequadas ao seu trabalho.



Figura 2.8 - Microtrator Bolens Eliminator 1600 [42].

O modelo de 16 hp possui dispositivos hidrostáticos para o comando da direção, dos freios, da aceleração e dos implementos. Os pedais para o freio e aceleração deixam as mãos livres para a direção e o controle dos implementos. O assento do operador é montado sobre uma mola.

Entre os opcionais, têm-se rodas agrícolas, cabines em aço ou lona para conforto do operador

nos dias de tempo desfavorável, rodas pesadas para maior tração, "santo antônio" e uma série de implementos, tais como: aparador de grama, enxadas rotativas, niveladora, pá carregadeira, reboque de carreta, arado de aiveca, grade, pulverizador, retroescavadeira, alternador, adubador e outros.

b) Trapp (Brasil)

Um microtrator de cortar grama é produzido pela Metalúrgica Trapp Ltda., com motor 4 tempos e 8 hp a gasolina, caixa de câmbio com 5 marchas a frente e uma a ré, e bateria para partida elétrica (figura 2.9). O motor, a caixa de câmbio, o diferencial e as rodas são importados de uma empresa americana.

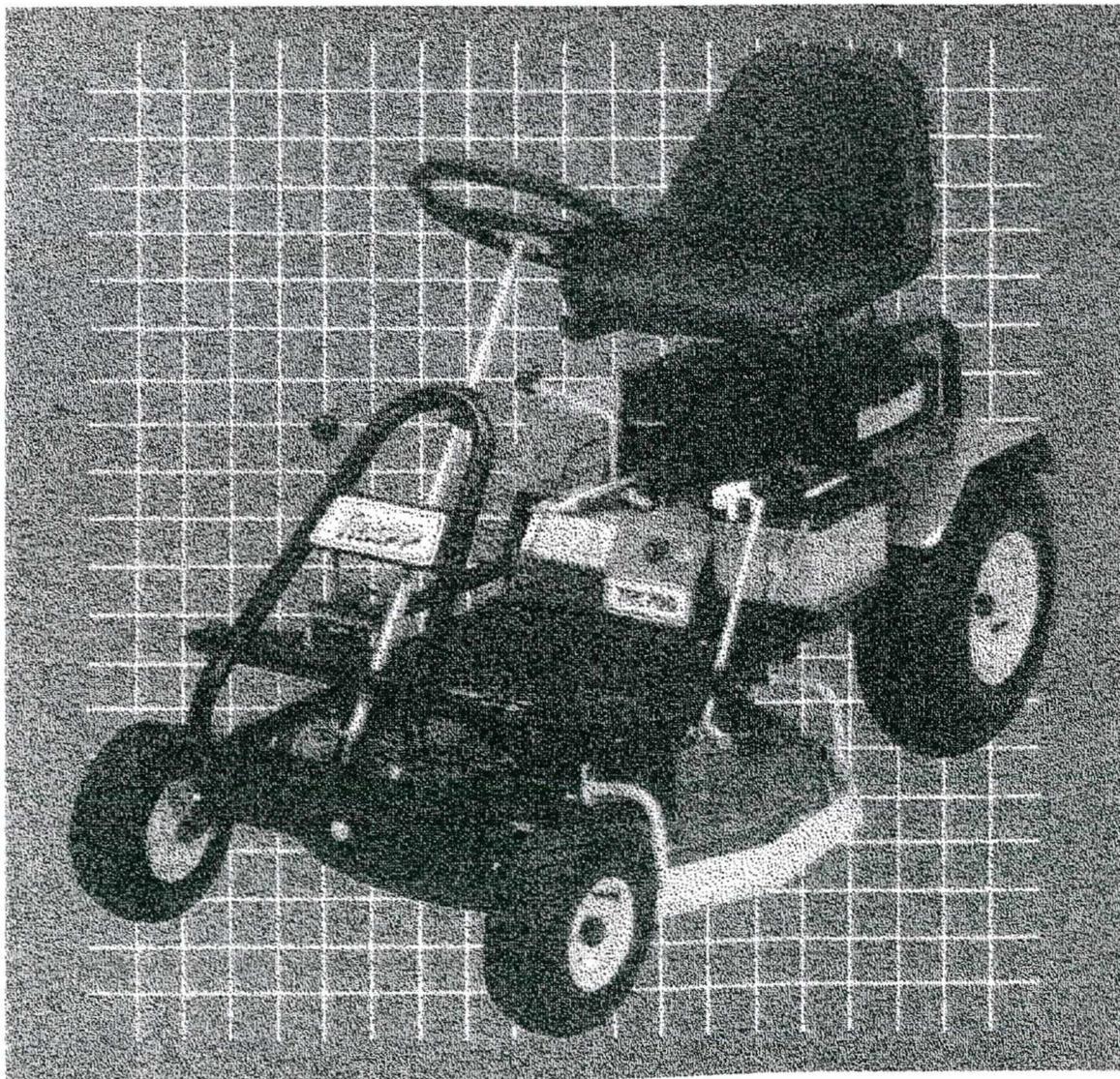


Figura 2.9 - Microtrator Trapp de cortar grama [67].

c) Husqvarna (EUA)

Os tratores leves Husqvarna são vendidos no Brasil pela Electrolux Ltda. Foram desenvolvidos para cortar grama e auxiliar em trabalhos agrícolas de pequenos volumes em chácaras.

O Husqvarna modelo LT 125 (figura 2.10) possui motor de 14,5 CV, câmbio de 6 velocidades em linha, tanque de 5,5 l para combustível, sistema de partida elétrica com bateria de 25 A/h e ainda como acessórios opcionais: coletor de grama, semeadeira/adubadeira e carreta.



Figura 2.10 - Microtrator Husqvarna LT125 [65].

2.5 - CONCLUSÃO

A revisão bibliográfica mostrou-se muito útil, pois serviu como fonte de idéias e advertência para se prevenir contra uma série de falhas, presentes nos microtratores analisados.

Quanto aos microtratores de rabiça, tem-se uma dificuldade no desenvolvimento e acoplamento de implementos para colheita, problemas ergonômicos de postura do operador e falta de proteção do sistema de transmissão de potência, principalmente correias e polias.

Os microtratores articulados apresentam menor estabilidade e não são aconselhados para altas

declividades. Nos microtratores não-articulados, alguns são leves e fracos, como no caso dos tratores de jardim, enquanto outros são apenas modelos reduzidos dos tratores de alta potência, conforme se vê na figura 2.11 e têm alto custo de aquisição.

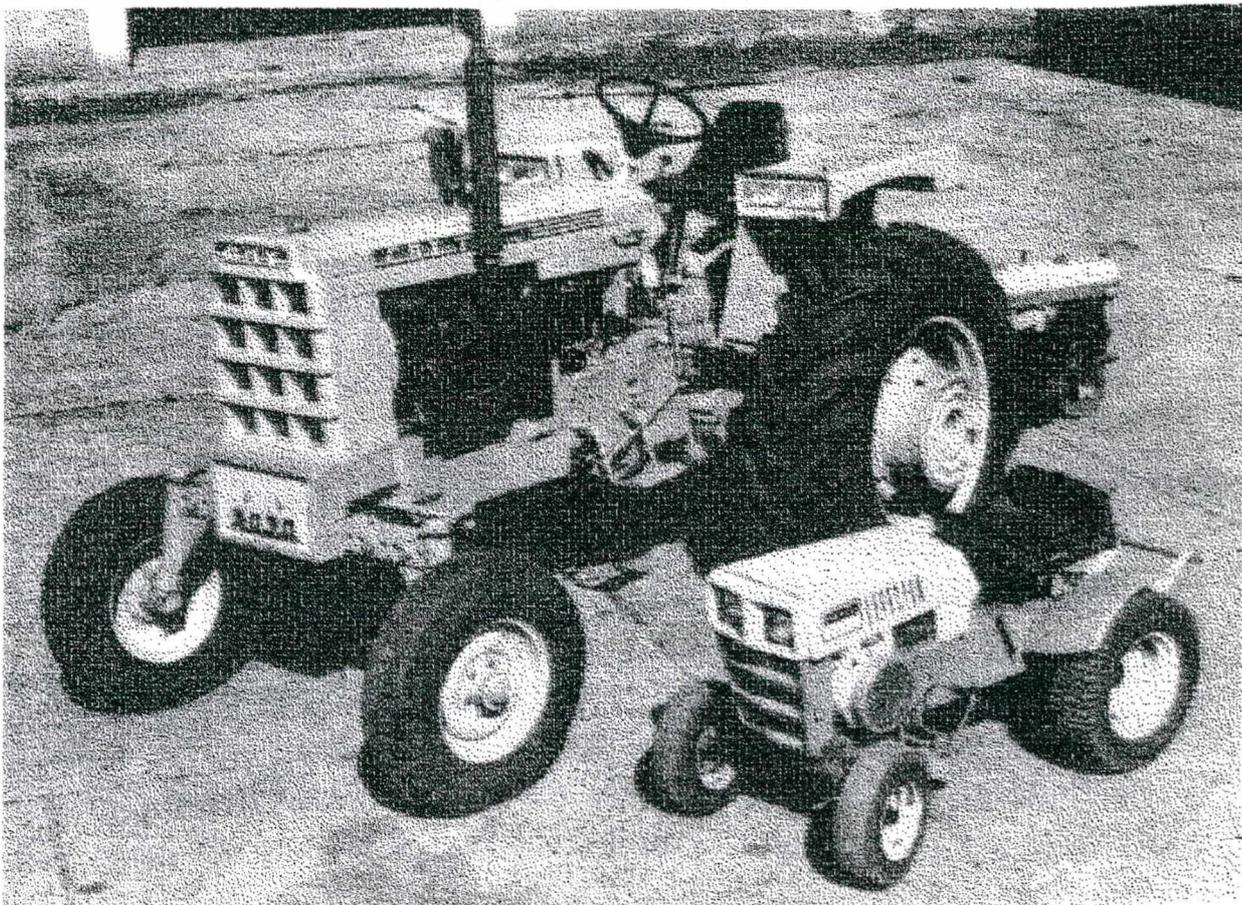


Figura 2.11 - Comparação entre o trator de alta potência e o de baixa potência, sendo este apenas um modelo reduzido daquele (Mialhe [53]).

Os microtratores existentes analisados não atendem ao objetivo proposto, de ser uma solução mecanizada alternativa à tração animal no plantio direto, permitindo que operações de abertura e adubação de sulcos, semeadura de grãos e transplante de mudas sejam realizadas com relativa facilidade.

O microtrator objeto deste trabalho busca ser essa solução. Seus requisitos de projeto são apresentados no capítulo IV.

Capítulo III

UMA EXPERIÊNCIA BEM SUCEDIDA: SULCADORA ADUBADORA PARA PLANTIO DIRETO DE MUDAS DE CEBOLA

3.1- INTRODUÇÃO

*E*ntre as décadas de 70 e 80, houve um grande crescimento do número de microtratores TOBATTA em Santa Catarina. Na época, os incentivos e as facilidades de financiamento oferecidos pelo Banco do Brasil propiciaram que pequenos agricultores adquirissem seus microtratores com carência de três anos, mesmo sem projeto técnico na proposta de financiamento.

Assim, o microtrator começou a participar da agricultura catarinense, substituindo aos poucos a tração animal nas atividades de transporte e cultivo do solo. Inicialmente, não havia preocupação com a proteção do solo e toda a faixa de terra era trabalhada, o conjunto de enxadas rotativas era intensamente utilizado, deixando uma camada de terra solta e desprotegida da erosão.

Estudos posteriores [17,18] alertaram para o problema da degradação do solo, causada pelo plantio convencional, e apontaram como uma das soluções o plantio direto ou cultivo mínimo do solo.

Surgiram, então, algumas modificações nos implementos com o propósito de adaptar os microtratores ao plantio direto.

O projeto do sistema de enxadas rotativas com dosadores de adubo, adaptado ao microtrator TOBATTA, para o preparo de duas linhas adubadas, visa aperfeiçoar e suprir a necessidade de máquinas para o plantio direto em pequenas propriedades.

No decorrer deste capítulo, faz-se uma descrição de cada uma das fases de desenvolvimento do projeto, desde a definição dos requisitos de projeto até os resultados e modificações após o 1º teste.

3.2- ANÁLISE DAS NECESSIDADES E DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS.

De acordo com Amado et alli [17], o cultivo mínimo ou plantio direto de cebola experimentou uma limitação na expansão da área de adoção pela inexistência de máquinas adaptadas à pequena propriedade e terrenos declivosos.

Aproveitando que a região ceboleira catarinense possui uma relação de 1,2 microtratores por família, uma máquina acoplada a estes mostra-se conveniente.

Visa-se à otimização e melhoramento das tentativas de adaptação da enxada rotativa, acoplada ao microtrator, para fazer o preparo conservacionista do solo por custos acessíveis. Utilizar-se-ão peças normalizadas e compradas; a fabricação deverá ser simples e viável a pequenas oficinas.

A máquina será empregada no plantio direto da cebola, sendo o solo protegido por uma cobertura vegetal. O plantio é feito em linhas preparadas por uma enxada rotativa e adubadas, numa certa dosagem de adubo que varia em função da análise do solo.

Necessita-se de dosadores que permitam a fácil regulagem da quantidade de adubo, sendo a distância entre linhas de 40cm e os sulcos, com aproximadamente 8 a 10cm de largura, por 10cm de profundidade.

A terra deve ser mantida dentro do sulco e este apto ao transplante.

Visa-se a uma máquina compacta e facilmente acoplada a microtrator.

Deseja-se eliminar o sistema de alavanca e catraca, utilizado na máquina descrita por Amado et alli [18], para suspender a adubação, elaborando outra alternativa que aproveite o sistema de embreagem da rotativa, existente no microtrator.

Um ponto a ser considerado é a palha proveniente da cobertura vegetal, evitando que esta se enrosque e acumule nas partes mais baixas da máquina.

Requer-se para o agricultor uma boa visibilidade e segurança na operação do microtrator, e assim, evitar-se-á que correntes e peças fiquem desprotegidas.

3.3- GERAÇÃO DE SOLUÇÕES E ESCOLHA DA MELHOR CONCEPÇÃO.

Inicialmente, fez-se um levantamento das concepções já existentes de adaptação da enxada rotativa acoplada ao microtrator. A figura 3.1 mostra uma concepção que tem sido muito utilizada pelos agricultores de Ituporanga, SC.

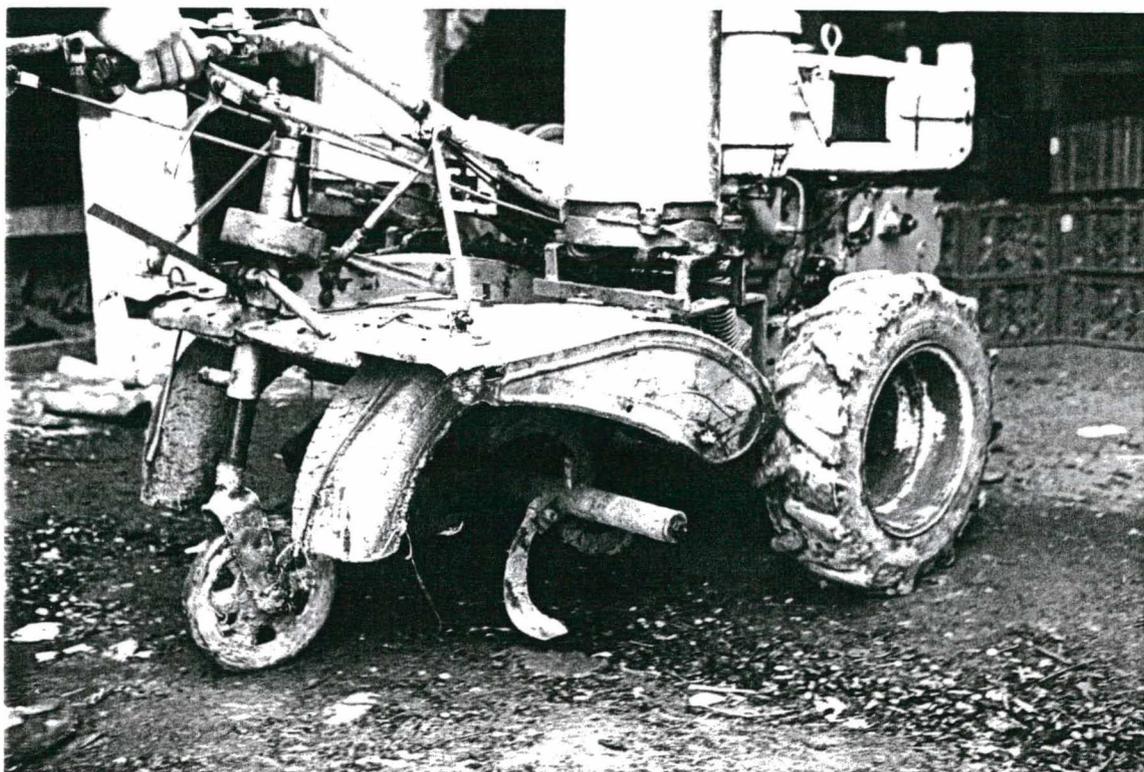


Figura 3.1- Concepção desenvolvida por agricultores, foto tirada na visita à Estação Experimental de Ituporanga/EPAGRI.

A concepção acima consiste na retirada das facas da enxada rotativa, deixando apenas dois jogos com distância entre si igual à distância entre linhas. Os anteparos atrás das enxadas têm a finalidade de manter o solo desagregado sobre o sulco. Sobre a lataria, são montados dois dosadores de engrenagem, com depósitos de adubo apoiados em suportes.

A potência para os dosadores é transmitida a partir do eixo de acionamento das rodas do microtrator e foi previsto um sistema de alavanca e catraca para suspender a adubação durante

manobras. O adubo cai na frente das enxadas e é por elas agregado ao solo.

Foram geradas novas concepções para este sistema de preparo e adubação de sulcos, nas quais procurou-se substituir a transmissão a partir do eixo de acionamento da roda por um sistema de transmissão a partir do eixo da rotativa. A principal vantagem desta substituição é a eliminação da alavanca e catraca para interromper a adubação; a embreagem da rotativa suspende tanto o giro das enxadas como a adubação, resultando na redução de peças e custos, além de facilitar a operação.

Utilizaram-se dois dosadores de adubo, tipo rotor canelado com regulagem contínua, reprojatados a partir de uma concepção mais simples de Dellagiustina [24]. O projeto destes dosadores é apresentado na seção 3.5.

Nas concepções nº 1 e 2 (figuras 3.2 e 3.3), apresentam-se alternativas para o projeto de uma estrutura contendo os dosadores de adubo, pára-lamas e transmissão. Estas concepções apresentam falta de espaço interno, para passagem da transmissão. Com a construção de modelos, verificou-se que não havia espaço para uma roda dentada que fornecesse a redução desejada.

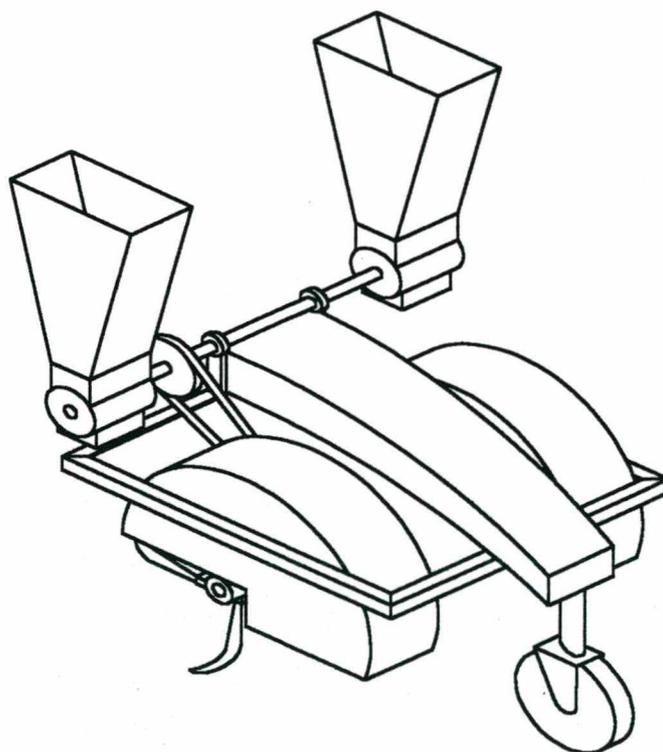


Figura 3.2- Esboço da concepção nº 1.

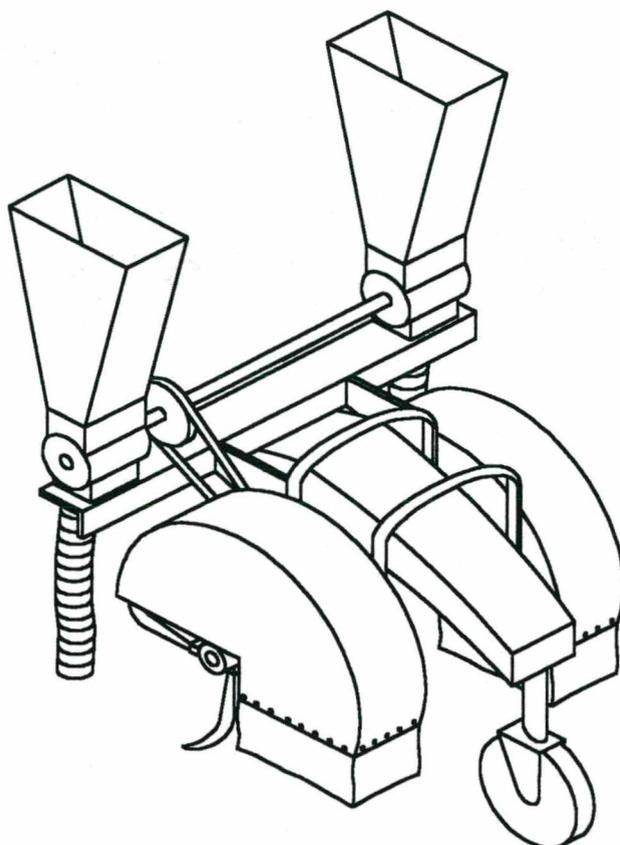


Figura 3.3- Esboço da concepção nº 2.

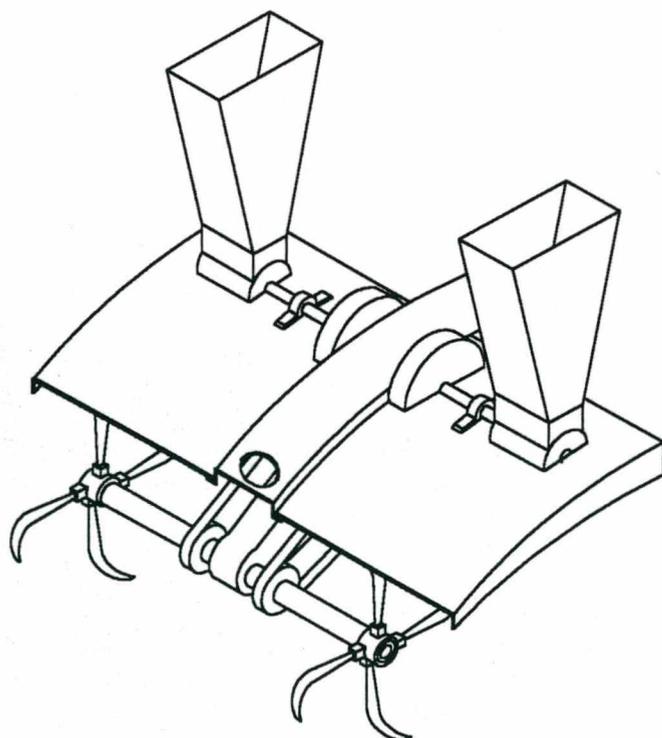


Figura 3.4- Esboço da concepção nº 3.

A concepção nº 3 (figura 3.4) é uma alternativa para o problema de espaço para as rodas dentadas, mas possui a desvantagem de ser mais cara por possuir mais componentes, devido às transmissões independentes para cada dosador de adubo.

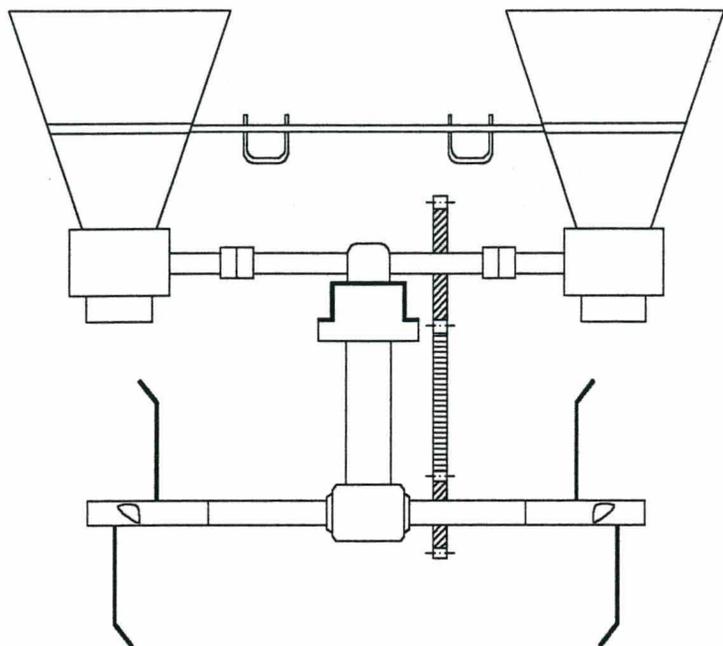


Figura 3.5- Esboço da concepção nº 4.

A solução escolhida foi a concepção nº5 (figura 3.6), onde se optou por colocar uma transmissão única, da rotativa para os dosadores, na parte externa. Os dois dosadores são ligados por um eixo acoplado, que transmite a rotação de um para o outro; estes dosadores são do tipo rotor canelado. Todos componentes, com exceção dos porta-enxadas, são montados sobre uma estrutura, facilmente acoplada ao microtrator por meio de quatro parafusos.

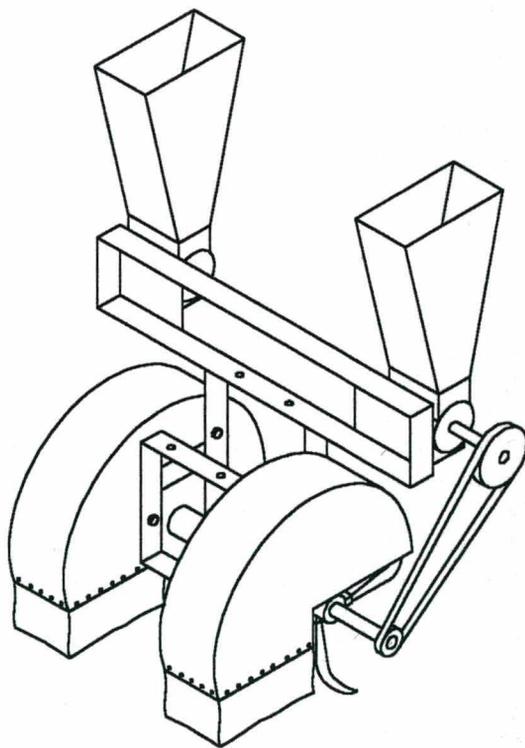


Figura 3.6- Esboço da concepção nº 5.

Procurando manter uma única transmissão interna a partir do eixo de acionamento da rotativa, surgiu a concepção nº4 (figura 3.5), com a máquina dividida em partes, algumas montadas sobre a rabiça. A construção do modelo mostrou vários problemas desta concepção, quanto à complexidade e dificuldade de montagem.

3.4- CONSTRUÇÃO E TESTE DO MODELO

Uma vez escolhida a concepção nº 5, construiu-se um modelo em escala 1:1 utilizando-se madeira, isopor e papelão. O objetivo do modelo foi ajudar a concretizar a solução e resolver os problemas de viabilidade física. A figura 3.7 mostra o teste do modelo da máquina ocorrido em dezembro de 1992, num microtrator Tobatta de 14 HP. A partir deste teste, obtiveram-se vários dados sobre limitações e dimensões de posicionamento do eixo dos dosadores de adubo.

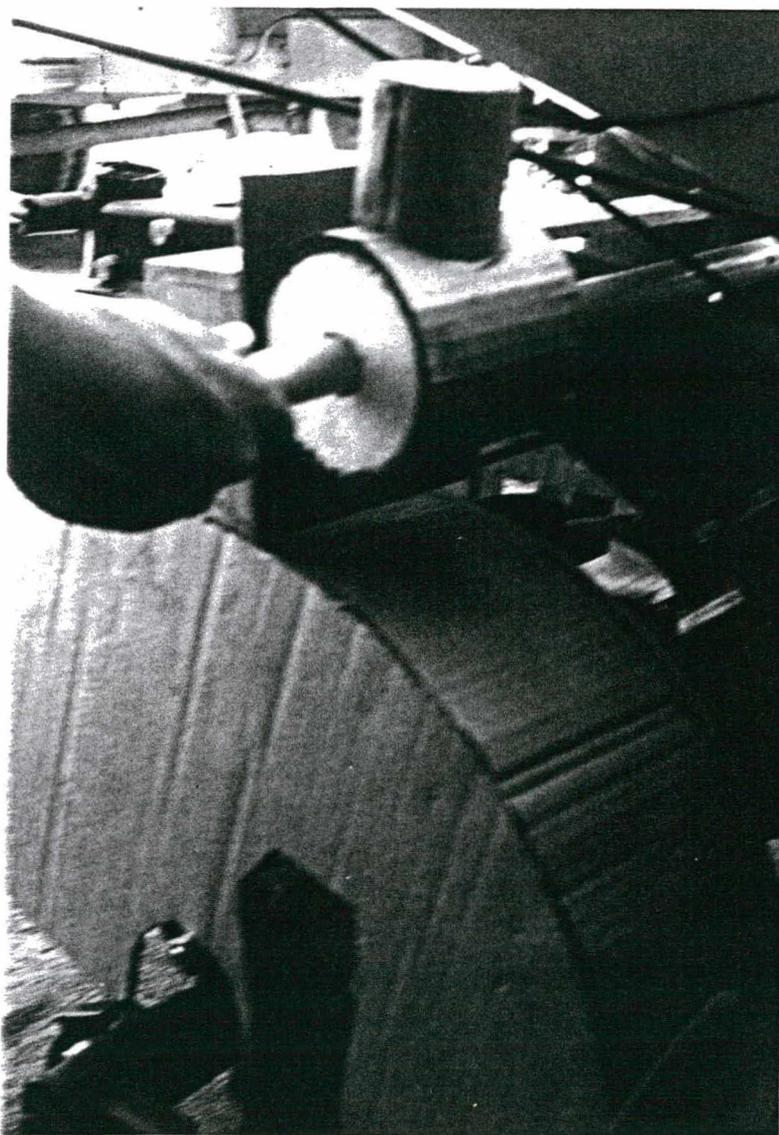


Figura 3.7- Vista do modelo, detalhe do posicionamento do eixo dos dosadores de adubo e a restrição espacial imposta pela passagem de cabos de comando do microtrator.

3.5- PROJETO DO DOSADOR DE ADUBO

A partir de uma concepção inicial, desenvolvida por Dellagiustina [24], fez-se um reprojeto que resultou numa concepção bem mais resistente e diferente nos seguintes aspectos: inclusão de mancais de rolamentos, abertura da entrada de adubo por placa tipo gaveta e regulagem através de parafuso e porca.

A figura 3.8 mostra um corte longitudinal e outro transversal da configuração final obtida para o novo dosador de adubo.

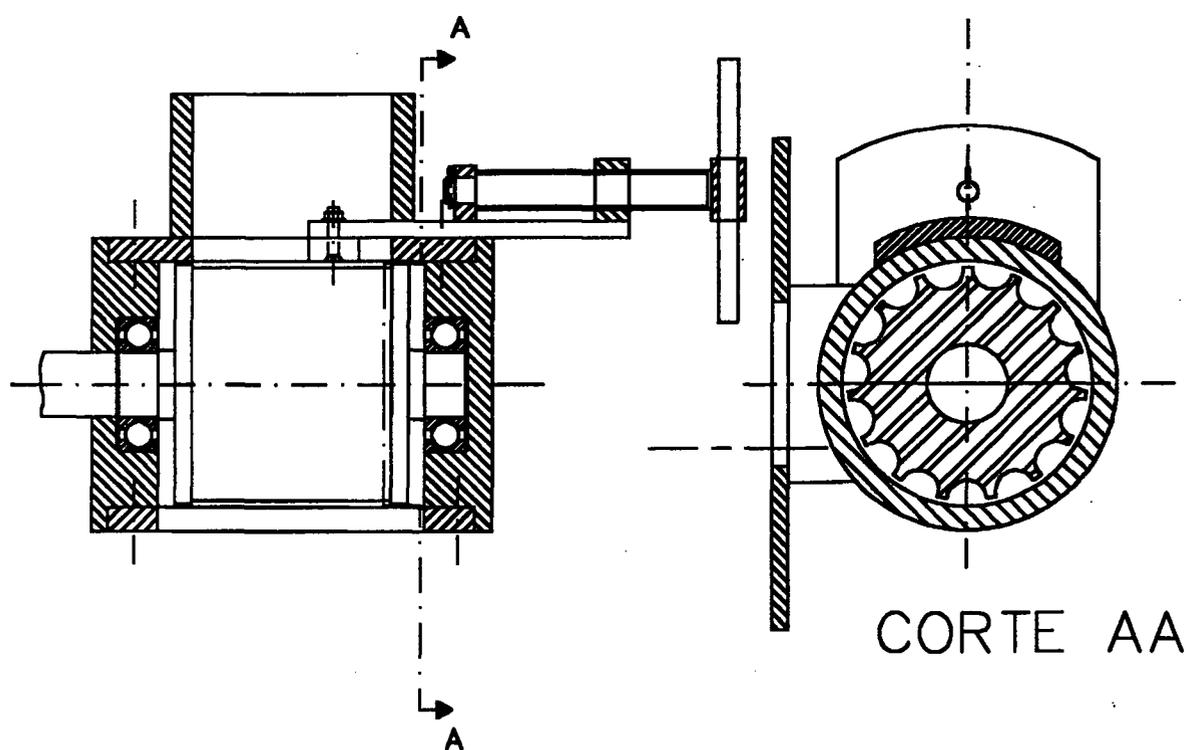


Figura 3.8- Corte longitudinal e transversal do dosador de adubo.

Alguns testes foram feitos, na bancada do laboratório, com o objetivo de analisar e medir a vazão de adubo em função da abertura de entrada do adubo. A partir destes dados, procurou-se uma rotação de trabalho, adequada ao eixo do dosador, que fornecesse a quantidade certa de adubo, de acordo com os requisitos agrônômicos do plantio da cebola.

No plantio da cebola, necessita-se de 400 kg do adubo 5-20-10 por hectare [19], no plantio entre

linhas espaçadas de 40 cm.

Considerando-se uma área de 100m por 100m com linhas de plantio distanciadas de 0,4m, tem-se um comprimento total de linhas de 25 km; dividindo a quantidade de adubo recomendada por este comprimento, calcula-se 16 g/m de adubação para o plantio de cebola.

Para uma velocidade de trabalho de 1 m/s, requer-se uma vazão de 16 g/s do dosador.

Um esquema do experimento, montado para os testes, é apresentado na figura 3.9.

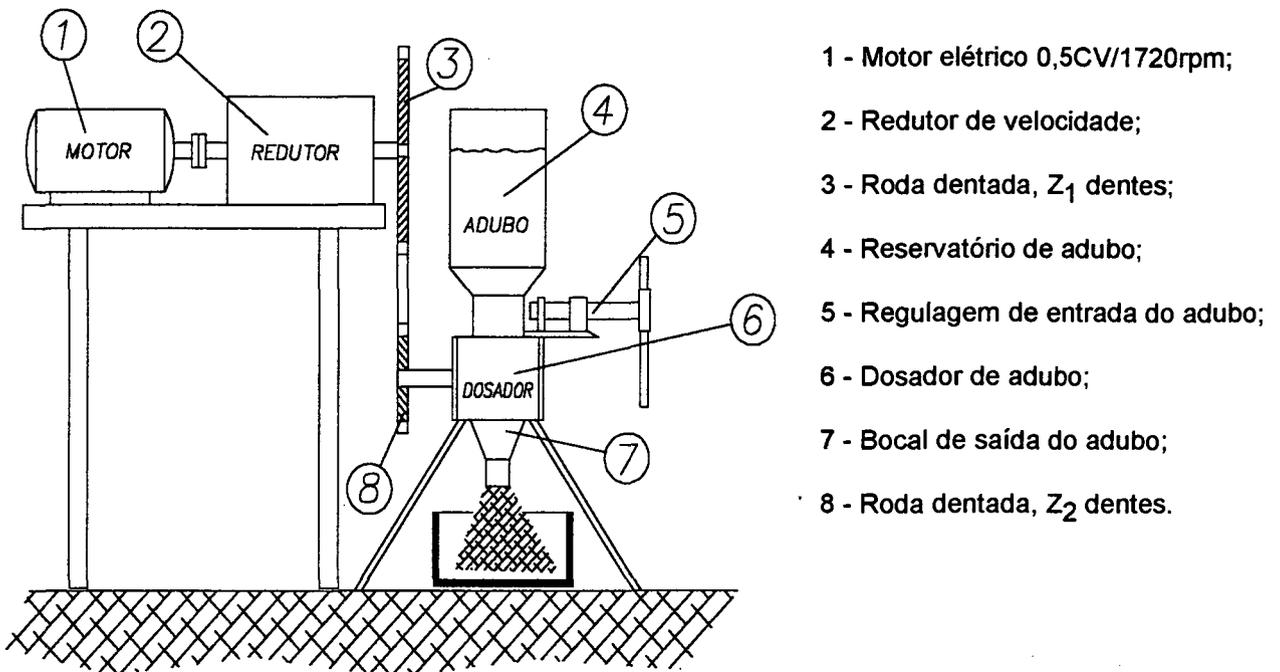


Figura 3.9- Esquema da bancada de testes.

O motor elétrico é conectado a um variador de velocidade contínuo, regulando a rotação de saída deste em 5,7 rpm. A potência é transmitida para o dosador de adubo através das rodas dentadas e corrente. A relação de transmissão é o quociente entre as rotações dos eixos acionante e acionado ou, também, entre o nº de dentes (Z_2) da roda dentada movida e o nº de dentes (Z_1) da motora. A rotação no eixo do dosador resulta em:

$$\omega_2 = \frac{Z_1}{Z_2} \times 5,7 \quad [\text{rpm}]$$

Depois de algumas tentativas, obteve-se a relação $Z_1/Z_2 = 46/14$ que fornece uma rotação ao eixo do dosador de adubo de 18,7 rpm, correspondente à vazão desejada de 16 g/s. A tabela 3.1

fornece um resumo dos resultados obtidos no 1º teste.

REGULAGEM DA ENTR. DE ADUBO (X)	INTERVALO DE TEMPO	QUANTIDADE DE ADUBO	VAZÃO
Toda aberta (60mm)	49s	800g	16,3g/s
5/6 aberta (50mm)	49s	800g	16,3g/s
3/4 aberta (45mm)	49s	800g	16,3g/s
2/3 aberta (40mm)	50s	800g	16,0g/s
7/12 aberta (35mm)	50s	800g	16,0g/s
1/2 aberta (30mm)	51s	800g	15,7g/s

Tabela 3.1 - Resumo dos resultados obtidos no 1º teste.

No 1º teste, ficou evidente a necessidade de modificação do dispositivo de regulação da vazão, pois se verificou que a vazão praticamente não varia ao se fechar até a metade a entrada de adubo. Foi observada a formação de um redemoinho no bocal do dosador, como mostra a figura 3.10.

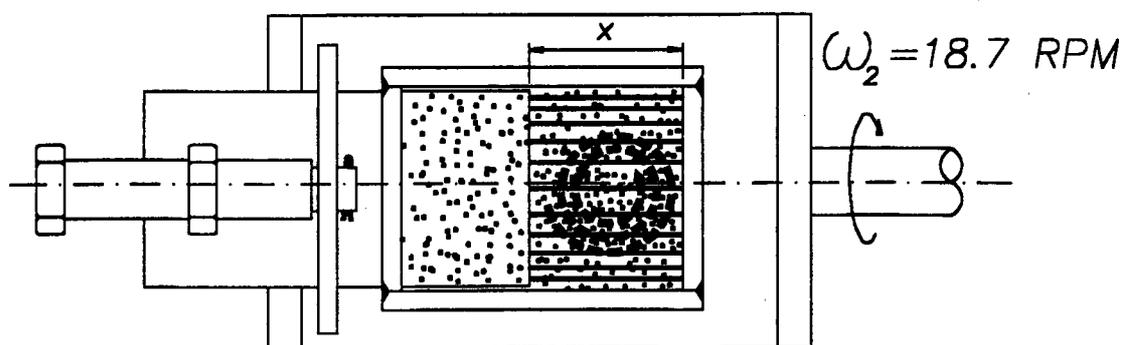
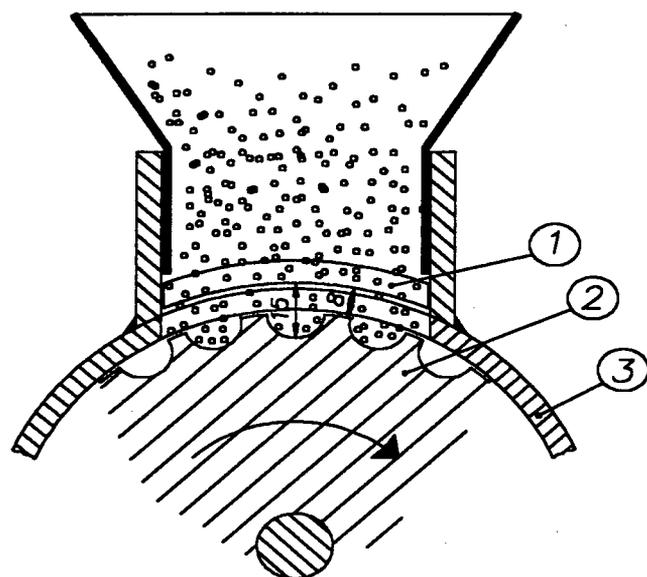


Figura 3.10 - Vista superior do bocal de entrada do adubo, com indicação do redemoinho no fluxo.

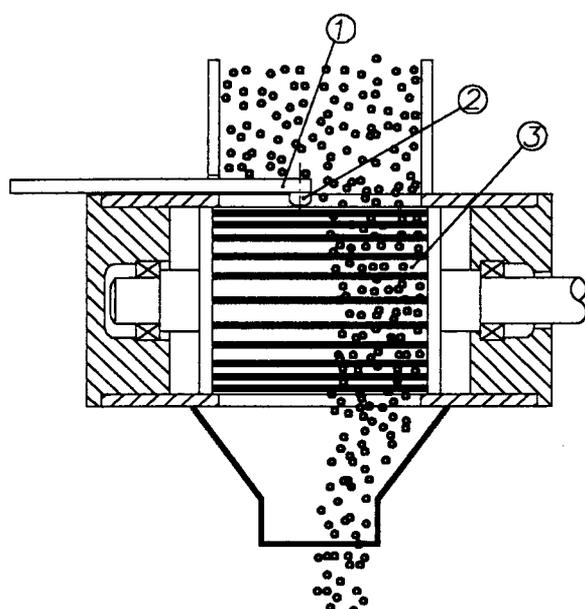
Outra observação foi a existência de um vão livre entre o rotor canelado e a placa de regulação (figura 3.11), que favorece o fluxo de adubo no sentido de encher completamente as canaletas, inutilizando a função do regulador da abertura.



- 1 - Placa de regulagem;
- 2 - Rotor canelado;
- 3 - Carcaça do dosador.

Figura 3.11 - Detalhe do vão entre a regulagem e o rotor do dosador.

Uma maneira de evitar ou diminuir este problema foi proposta através da placa de vedação, fixada na placa de regulagem de entrada (figura 3.12), de modo a possibilitar que a regulagem cumpra sua função de controlar a vazão.



- 1 - Placa de regulagem;
- 2 - Placa de vedação;
- 3 - Rotor canelado.

Figura 3.12 - Vedação na placa de regulagem e o fluxo de adubo previsto.

A segunda bateria de testes mostrou que essa vedação é suficiente, fornecendo os resultados representados pelo gráfico da figura 3.13. A abertura máxima da entrada de adubo é 60 mm. À medida em que se fecha, a vazão diminui linearmente até a abertura de 15 mm. Para aberturas menores do que 15 mm, o fluxo comporta-se mal, com interrupções aleatórias, não sendo representado na figura.

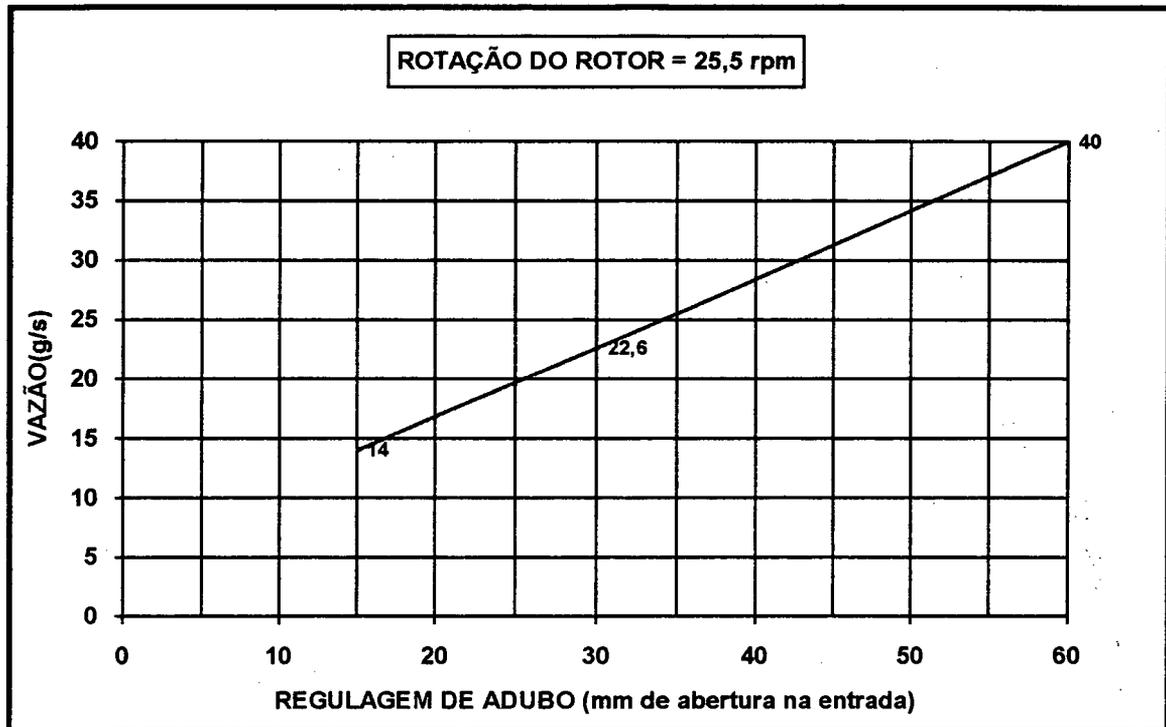


Figura 3.13 - Curva vazão X regulagem para o dosador de adubo.

Sugere-se, para futuros estudos, a possibilidade de reduzir o número de canaletas do rotor, com o propósito de trabalhar em rotações maiores e, conseqüentemente, diminuir o problema da redução de velocidade na transmissão para o dosador.

3.6 - DETALHAMENTO E CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Após as modificações do modelo e sua aprovação pelo grupo de projeto, começou o detalhamento dos eixos, transmissões e componentes.

A figura 3.14 mostra um esquema da máquina em corte, que deve ser consultado à medida que se descreve a máquina.

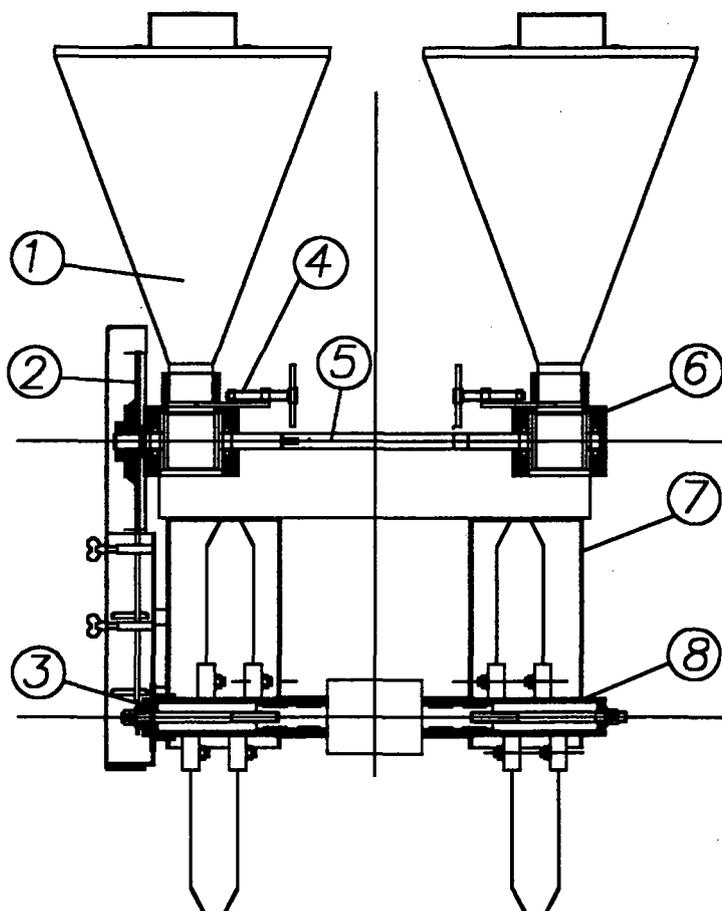


Figura 3.14- Corte transversal da máquina, mostrando a transmissão e os principais componentes.

A tomada de potência dos dosadores de adubo (6) vem da rotativa. O sistema de transmissão é composto pela roda dentada (3), acoplada no porta enxada (8), que transmite movimento, através de uma corrente, para a roda dentada (2), montada no eixo de um dos dosadores. A potência é transmitida para o outro dosador através do eixo (5).

O adubo é armazenado nos reservatórios (1) encaixados sobre os dosadores de adubo. A vazão de adubo é controlada através de um parafuso de regulagem (4), que abre ou fecha a entrada de adubo.

Cada porta enxada (8), que possui quatro encaixes para as facas da rotativa, defasados de 90°

um do outro, prepara um sulco de aproximadamente 10cm de largura.

Os pára-lamas (7) mantêm a terra dentro do sulco. As rodas dentadas são padronizadas e encontradas no mercado sob as seguintes especificações:

- roda dentada (3): 13 dentes, número de referência ASA=35, "SIMPLEX", passo= 9,525mm, fabricante: GREMAPA LTDA;

- roda dentada (2): 76 dentes, número de referência ASA=35, "SIMPLEX", passo= 9,525mm, fabricante: GREMAPA LTDA;

- corrente: número de referência ASA = 35, passo 9,525mm, fabricante: GREMAPA LTDA.

Os reservatórios de adubo foram projetados para 18 kg de adubo. A regulagem dos dosadores de adubo permite variar a adubação entre 15 a 40 g/m, com o microtrator a uma velocidade de 1 m/s. A figura 3.15 mostra o conjunto de adubação.

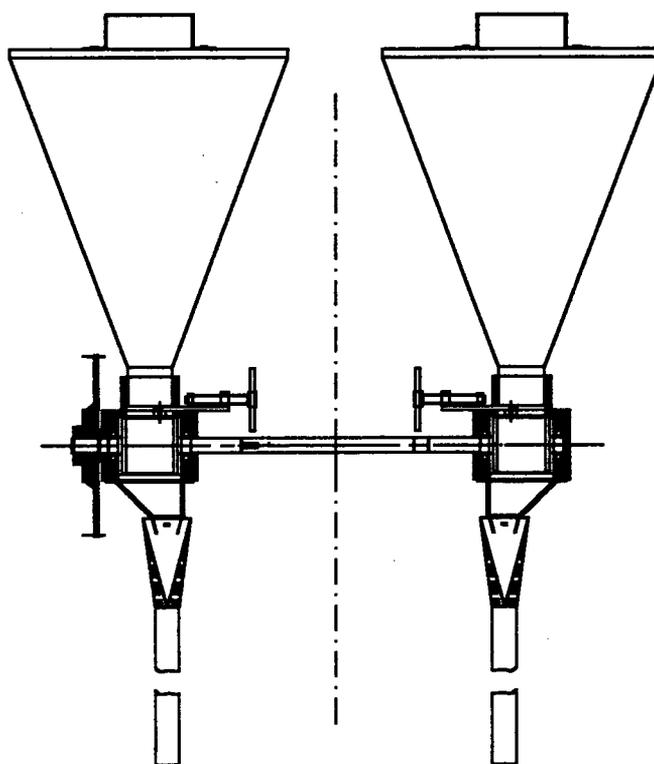


Figura 3.15 - Conjunto de Adubação.

O protótipo foi construído no Laboratório de Projeto, contou com serviços de fresamento prestados pelo Laboratório de Usinagem e a assistência do Laboratório de Soldagem, nas soldas mais

críticas; esses laboratórios fazem parte do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC.

Os pára-lamas foram construídos em chapas de aço de espessuras 1,5mm (parte externa) e 2,2mm (parte interna) (figura 3.16).

Os porta-enxadas foram comprados e modificados, diminuindo-se o tamanho e a posição dos encaixes das facas, tal como é mostrado na figura 3.16.

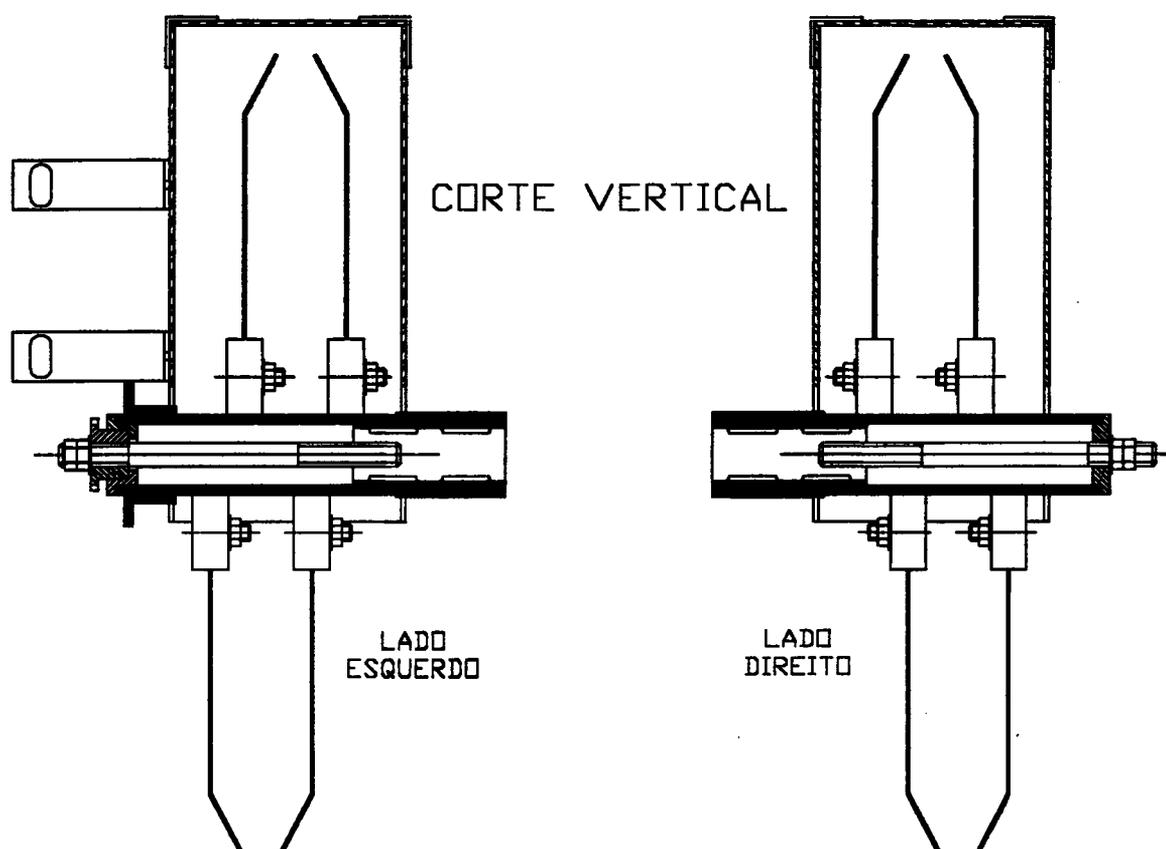


Figura 3.16 - Conjunto de lavra e incorporação de adubo e conjunto de contenção de terra (pára-lamas).

Para os reservatórios, utilizaram-se chapas galvanizadas de espessura 1,5mm, cortadas e rebitadas.

A estrutura em que foram montados os componentes foi construída a partir de barras chatas de 6,35mm X 50,8 mm, cortadas e soldadas em gabaritos de madeira.

A figura 3.17 mostra a máquina desmontada em suas principais partes sobre a bancada da oficina.



Figura 3.17- Partes desmontadas da máquina de preparo e adubação de sulcos sobre a bancada da oficina onde foi construída.

3.7- TESTE DO PROTÓTIPO

O teste ocorreu no dia 28 de abril de 1993, no município de Agrolândia - SC.

Procurou-se um solo que fosse representativo das condições em que ocorre o plantio direto naquela região. Encontrou-se um terreno onde havia ocorrido uma colheita de milho, existia uma cobertura de palha e uma vegetação de braquiária, que pode ser observada na figura 3.18.

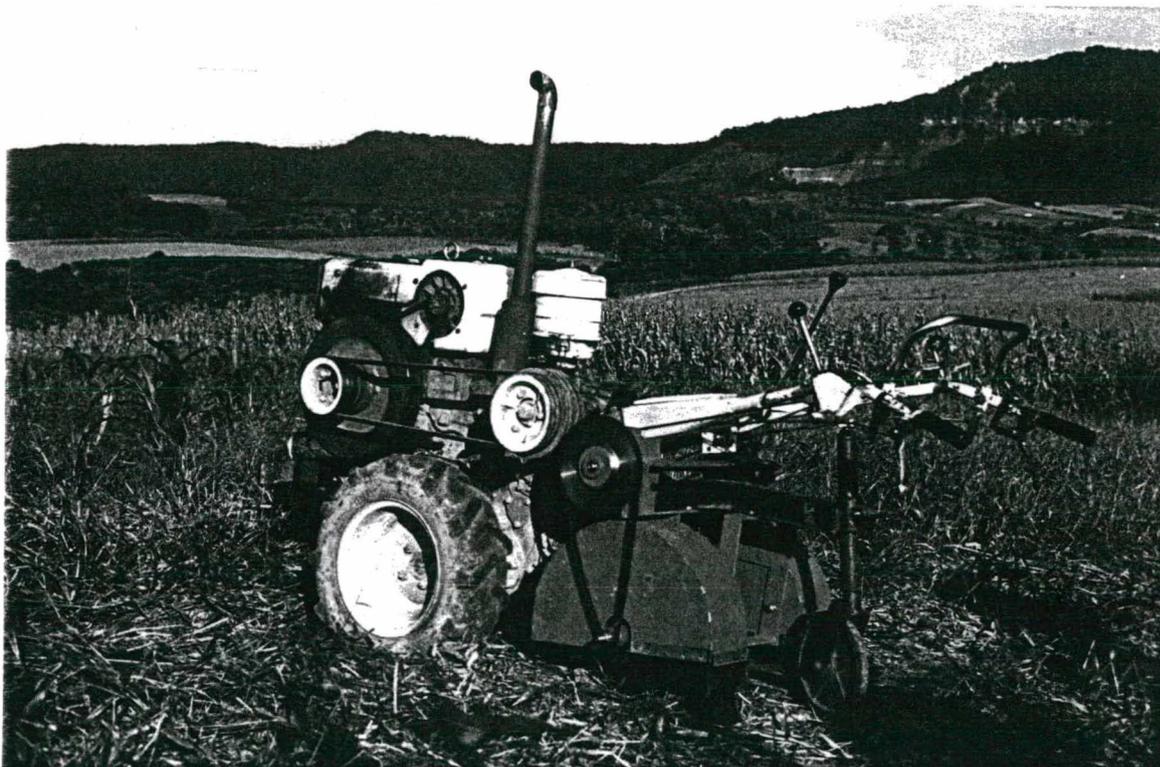


Figura 3.18 - Detalhe da máquina montada no microtrator e da cobertura vegetal sobre o solo.

O teste teve por objetivo observar os seguintes aspectos: tempo de montagem da máquina no microtrator, condições de funcionamento, características e qualidade do sulco preparado, corte da palha, adubação, análise e escolha da melhor forma de direcionar o adubo até o solo, facilidades de ajustagem e regulagem, características do fluxo de adubo no reservatório, produtividade, visibilidade do operador, vedação e altura das saias de borracha dos pára-lamas, aspectos de segurança e ergonomia na operação.

A montagem da máquina propriamente foi rápida. O maior tempo gasto foi nas tarefas de retirada do reboque, colocação da caixa da rotativa, montagem do porta-enxada e esticamento da corrente, gastando-se, aproximadamente, 1 hora.

Durante o funcionamento, a máquina se ajustou bem ao microtrator, não se observando ruídos excessivos.

A figura 3.19 mostra os sulcos preparados pela máquina; tais sulcos foram aprovados pelos engenheiros agrônomos e colonos presentes no teste, estando prontos para o plantio.



Figura 3.19 - Sulcos preparados e adubados pela máquina e prontos para o plantio.

A terra trabalhada permaneceu dentro do sulco (figura 3.19) e a incorporação do adubo foi completa. Pode-se observar, também, que ocorreu o perfeito corte da palha na região do sulco.

As figuras 3.20 e 3.21 mostram as dimensões do sulco preparado, com largura de aproximadamente 8 cm e profundidade de 10 cm.

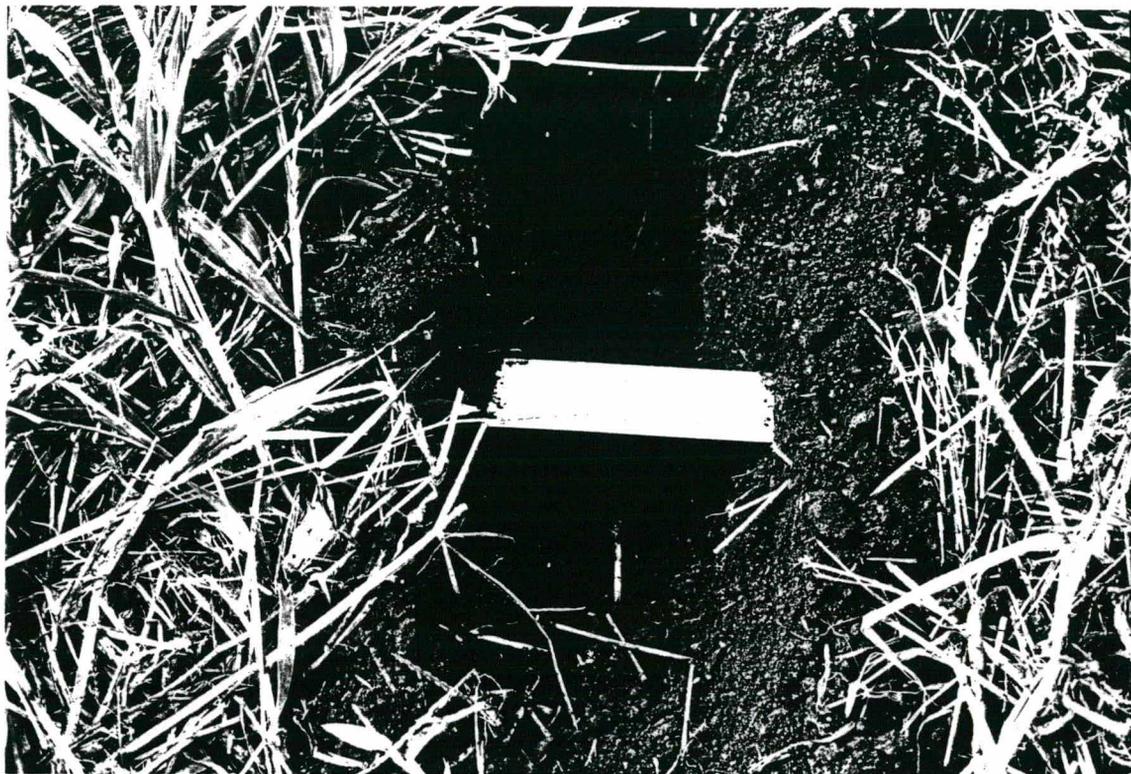


Figura 3.20- Medida da largura do sulco.



Figura 3.21.- Medida da profundidade do sulco.

A regulagem de entrada de adubo nos dosadores ficou na posição de meio aberta, equivalente a uma adubação de 22,6 g/m ou 500 kg/hectare, com o microtrator na velocidade aproximada de 1 m/s.

Quanto à queda de adubo, foram analisadas duas soluções. Na primeira, o adubo é lançado dentro de um buraco no pára-lama (figura 3.22).

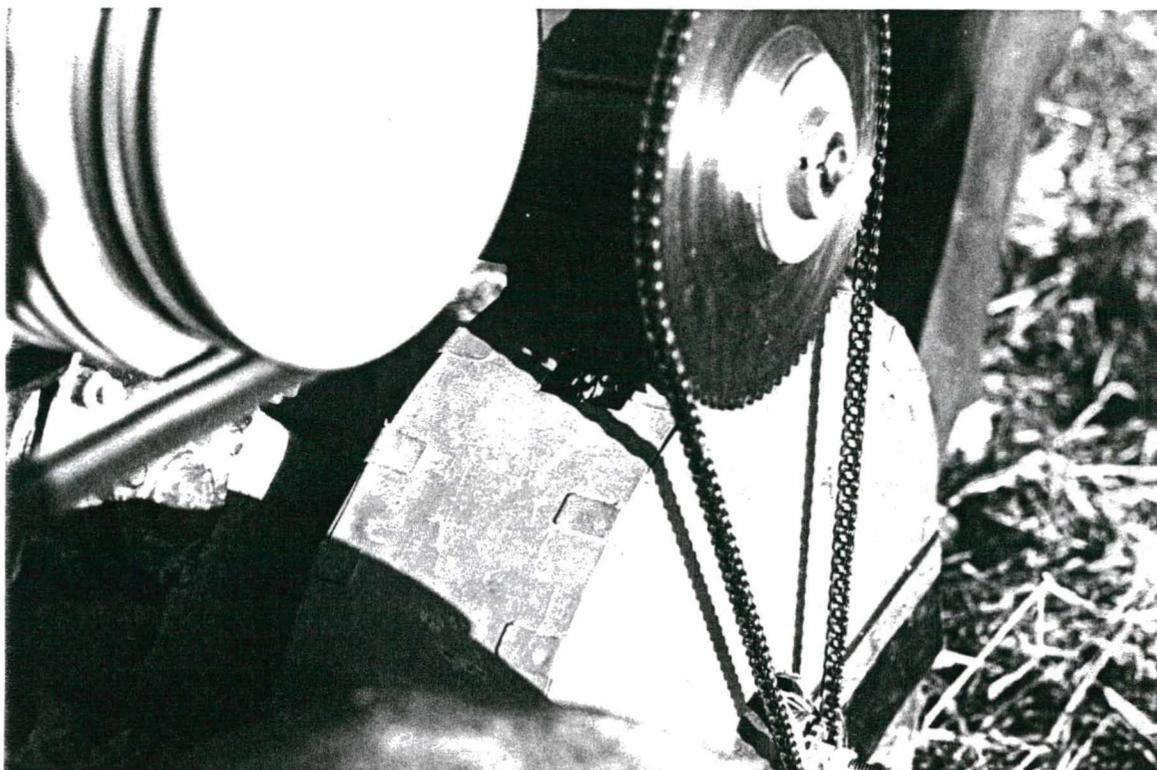


Figura 3.22 - Detalhe da queda de adubo através do buraco no pára-lama.

A segunda solução faz com que o adubo seja direcionado até o sulco por uma mangueira, caindo na frente da enxada que o agrega ao solo (figura 3.23). Esta segunda solução foi a escolhida, pois na primeira existe a possibilidade de o vento espalhar o adubo, antes que este chegue até o sulco.

O fluxo de adubo no reservatório foi contínuo, sem acúmulo nos cantos.

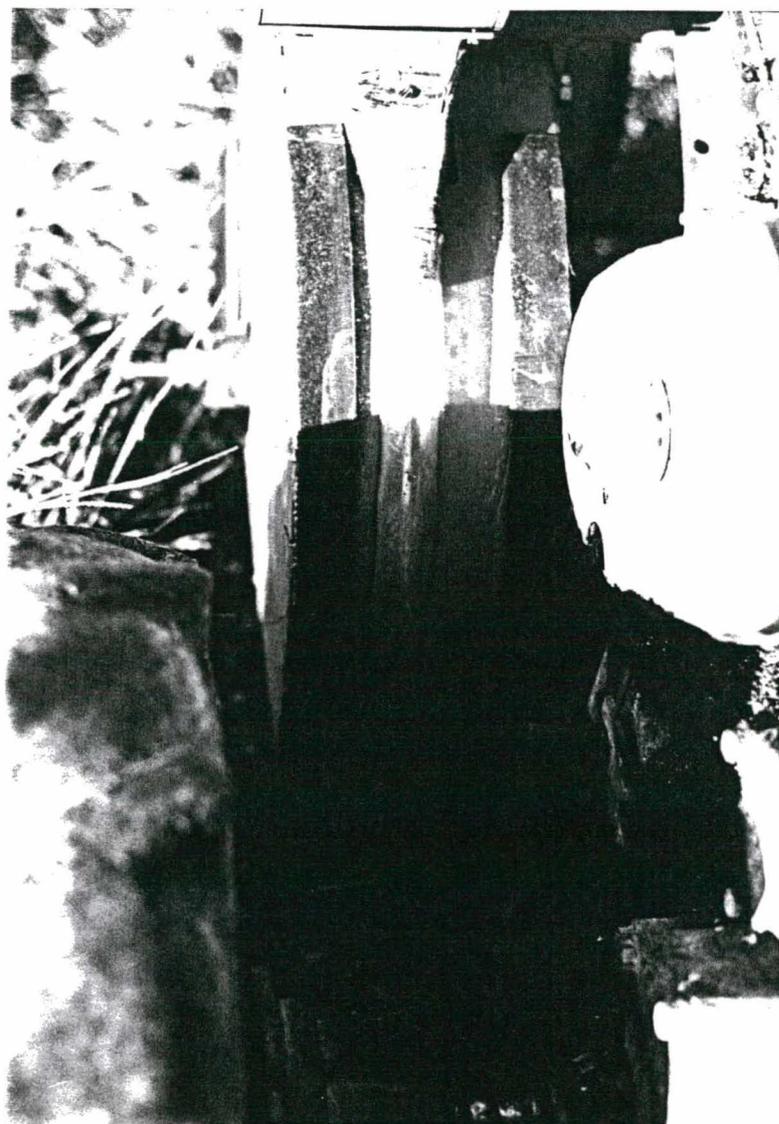


Figura 3.23 - Detalhe do direcionamento do adubo através de uma mangueira.

A visibilidade do operador é boa e a operação foi facilitada, pois, ao desengatar a rotativa, suspende-se automaticamente a adubação.

A figura 3.24 mostra uma vista da máquina, com os reservatórios de adubo montados.



Figura 3.24 - Vista da máquina com os reservatórios de adubo montados.

A produtividade foi estimada medindo-se a velocidade do microtrator (1 m/s), considerando que em um hectare existem 25000 metros de linhas para serem preparadas, e dando um acréscimo no tempo de 50%, gasto em manobras e abastecimento do reservatório de adubo; assim, pode-se calcular que:

$$\text{tempo p/ prep. de 1 hectare} = \frac{25000m/2}{1m/s \times 3600s/h} \times 1,5 = 5,2h.$$

Depois de a máquina montada, portanto, estima-se que em aproximadamente 5,2 horas de trabalho se consiga um hectare de terreno preparado, adubado e pronto para o plantio.

Os pára-lamas apresentaram um bom desempenho, mantendo a terra dentro do sulco e protegendo o operador.

3.8 - MODIFICAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Durante o 1º teste, observou-se a necessidade de uma saída para a palha proveniente da vegetação, que se acumulava na rotativa (figura 3.25).

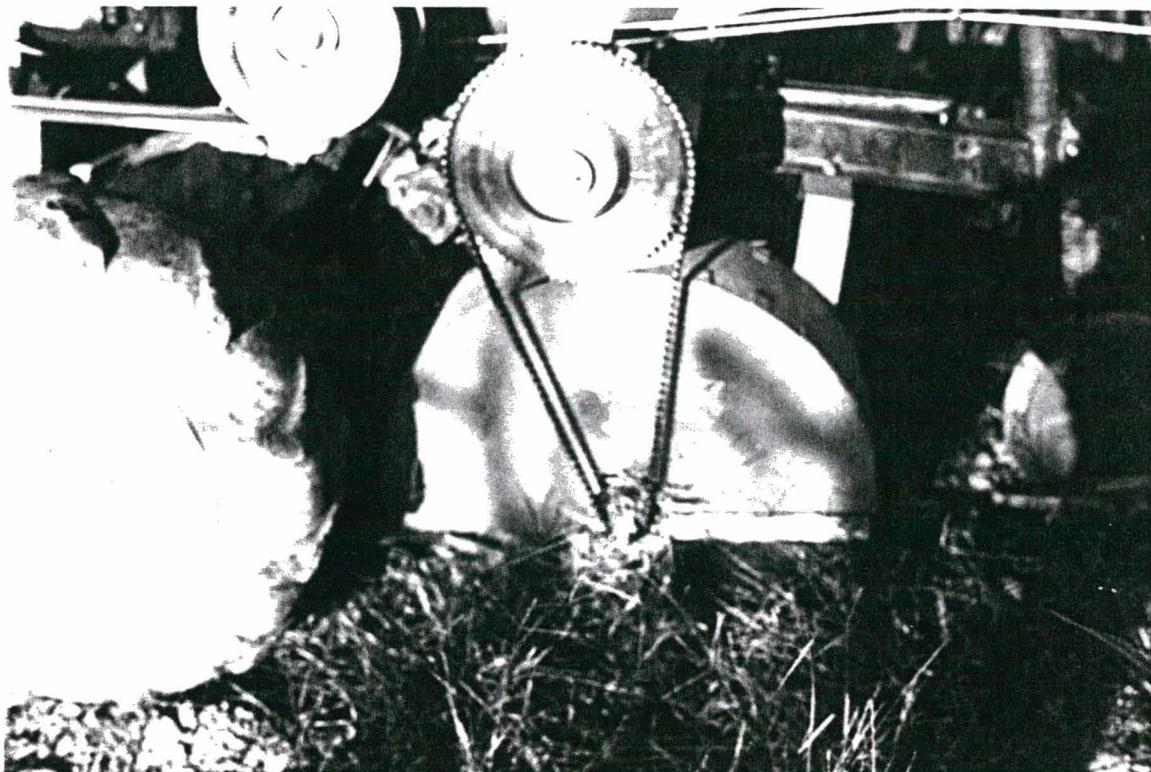


Figura 3.25 - Detalhe da palha e vegetação enroscada no eixo da rotativa.

Para resolver este problema, duas modificações foram feitas. Uma foi o corte na parte lateral externa do pára-lama, para dar saída à palha, e a outra foi uma proteção para a corrente, observadas nas figuras 3.26 e 3.27.

Uma recomendação importante é nunca trabalhar com a máquina sem que estejam montados os cabos que prendem a peça de suporte (onde a máquina é presa por parafusos) à rabiça. Isto evita que a peça fique em balanço e haja trincamento da caixa da rotativa.

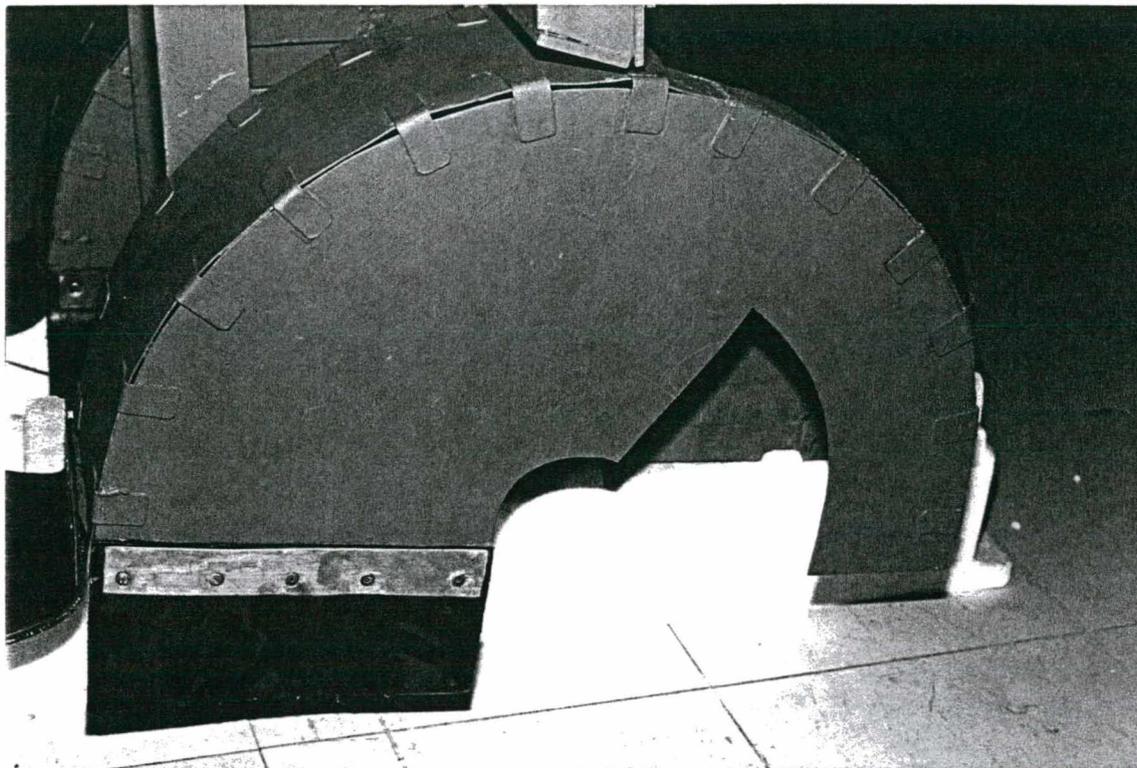


Figura 3.26 - Modificações implementadas no protótipo para facilitar a saída de palha.



Figura 3.27 - Detalhe da proteção para a corrente.

Os desenhos técnicos de conjunto da Sulcadora Aduadora encontram-se no Apêndice 1.

3.9 - Conclusão

A sulcadora adubadora atendeu às necessidades requeridas no preparo de sulcos, para o plantio direto da cebola. Espera-se que esta contribuição, apesar de ser pequena diante da enorme necessidade de máquinas para a pequena propriedade, possa um dia estar disponível no mercado do pequeno produtor.

Foi uma experiência adquirida, por toda a equipe envolvida no projeto, quanto às operações de abertura e adubação de sulcos. Esta experiência é utilizada no projeto do microtrator de pequeno porte, descrito nos capítulos seguintes.

A máquina foi apresentada no I Encontro Latino-Americano sobre Plantio Direto na Pequena Propriedade [26], que reuniu cerca de 400 pessoas, entre pesquisadores e agricultores do Brasil, Paraguai, Chile, México, Costa Rica, Honduras e EUA. Houve grande interesse em utilizar tal implemento não apenas para cebola, mas também para plantio de repolho e, com algumas modificações, na horticultura em geral.

Capítulo IV

ANÁLISE DO PROBLEMA E DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DE PROJETO

4.1- INTRODUÇÃO

Neste capítulo, faz-se uma análise do problema proposto na seção 1.4, com o objetivo de definir os requisitos de projeto e as restrições impostas.

A análise das necessidades é feita com base nas experiências descritas em artigos, livros e congressos científicos, por engenheiros agrônomos e engenheiros mecânicos. A própria experiência do grupo de projeto de máquinas agrícolas contribuiu bastante.

É feita uma descrição geral das necessidades e, depois, os requisitos são definidos em termos dos parâmetros agrônômicos, ergonômicos, mecânicos e econômicos.

Por fim, aplica-se os fundamentos da Casa da Qualidade, com as limitações que serão destacadas posteriormente, no projeto do microtrator.

4.2 - ANÁLISE DAS NECESSIDADES

O microtrator será empregado principalmente nas práticas conservacionistas do meio-ambiente, como o plantio direto e o cultivo mínimo, e deverá possuir as seguintes características:

- ser apropriado às pequenas propriedades, como uma alternativa à tração animal;
- permitir fácil manobra em áreas restritas e no final das linhas de plantio;
- ser capaz de portar dispositivos de preparo de sulcos adubados, semeadura, transplante de mudas e outros, sendo, portanto, um projeto modular;
- ter velocidades de deslocamento apropriadas à abertura de sulcos, semeadura e transplante mecanizado de mudas;
- atender às culturas de cebola, fumo, alho, soja, milho, feijão e à horticultura em geral;

- ser de construção simples, com uso de componentes padronizados e encontrados no mercado, de fácil manutenção e cuja fabricação seja viável às pequenas empresas;
- ter custo de aquisição acessível ao pequeno produtor, baixo custo operacional, ser produtivo e de melhor desempenho em quantidade e qualidade, quando comparado à tração animal;
- apresentar robustez, durabilidade e boa aparência, requisitos para a boa aceitação e ampla divulgação da máquina;
- contribuir para a fixação dos filhos dos colonos no campo, através da humanização do trabalho rural.

No projeto, deve-se prever as condições de trabalho da máquina no campo, exposta ao tempo, em terrenos com cobertura vegetal e ocorrência de pedras, procurando minimizar o problema de enroscamento de palha, proveniente da cobertura vegetal, nas partes mais baixas da máquina.

Necessita-se de facilidade de operação, com comandos normalizados, boa visibilidade da região trabalhada no solo e fácil regulagem da máquina; a postura de trabalho do operador tanto quanto os dispositivos de informação e controle devem estar dentro dos limites de conforto; é requerida uma boa interface ergonômica. O projeto deve garantir a segurança do agricultor durante a operação do microtrator. Assim, evitar-se-á que correntes, correias e peças girantes fiquem desprotegidas; além disso, requer-se uma estabilidade suficiente para evitar o tombamento, quando operando em terrenos inclinados.

A figura 4.1 mostra o quadro de identificação do problema, montado a partir destas necessidades. Neste quadro, tem-se uma análise do ciclo de vida do produto. Ele ajuda na visualização do ambiente e na fixação dos pontos que o projetista deve ter em mente ao conceber uma solução.

IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA			
ENTRADAS		SAÍDAS	
	DESEJADAS	MEIO AMBIENTE	DESEJADAS
			INDESEJADAS
PRODUÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> — Materiais padronizados e comerciais; — CAD no projeto; — Tratamento contra corrosão; 	<ul style="list-style-type: none"> — Oficina pequena; — Máquinas convencionais — Mão-de-obra de média especialização; 	<ul style="list-style-type: none"> — Uso de peças padronizadas e compradas; — Fabricação simples; — Intercambiabilidade; — Baixo custo;
DISTRIBUIÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> — Projeto de acondicionamento para transporte 	<ul style="list-style-type: none"> — Transporte por pequenos caminhões; 	<ul style="list-style-type: none"> — Peso excessivo;
USO e OPERAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> — Projeto ergonômico; — Projeto estrutural adequado; — Testes e simulação; — Acompanhamento das necessidades; — Sistemas de regulagem simples; — Reprojeto; — Duas velocidades de marcha à frente: 270 m/h p/ transplante, 3,6 Km/h correspondente a uma junta de animal; — Sistema auxiliar de preparo e adubação dos sulcos; 	<ul style="list-style-type: none"> — Solo firme e com cobertura vegetal; — Plantio em linhas; — Operado por um trabalhador rural; — Plantio direto de fumo, cebola, alho, soja, milho e feijão; — Ocorrência de pedras no terreno; — Exposto a sol e chuva; 	<ul style="list-style-type: none"> — Tração suficiente; — Velocidade adequada; — Boa visibilidade da região trabalhada; — Uniformidade das linhas; — Boa interface ergonômica; — Baixo custo operacional; — Fácil operação; — Fácil Manutenção; — Satisfação do proprietário; — Larga divulgação no meio rural; — Boa aparência; — Diferenciação Competitiva;
DES-CARTE	<ul style="list-style-type: none"> — Possibilidade de recuperação o acondicionamento; 	<ul style="list-style-type: none"> — Descarte qdo corrosão, desgaste e folgas altas; 	<ul style="list-style-type: none"> — Reciclável; — Fácil separação materiais; — Vazamento de óleo, graxa e combustível;

Figura 4.1 – Quadro de identificação do problema.

4.3 - DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS AGRONÔMICOS

Inicialmente, o microtrator deve atender às culturas de cebola, fumo, alho, soja, milho e feijão; sendo que, para as duas primeiras citadas, o plantio é feito através do transplante de mudas e ,nas restantes, feito por semeadura.

O solo é firme, existe uma cobertura de palha (aproximadamente 3000kg/ha) e o plantio é feito em linhas. Nas culturas de cebola e fumo, onde o plantio é feito através do transplante de mudas, devem ser preparados sulcos com a terra bem desagregada, sem torrões [18, 19].

Já para as culturas de milho, feijão e soja, as quais são plantadas na forma de sementes, dá-se preferência à abertura de pequenas covas, pois existe o cuidado de revolver o mínimo possível a terra, diminuindo assim a ocorrência de ervas daninhas na linha.

Na tabela 4.1, são definidas as distâncias entre linhas e a profundidade de plantio, para diversas culturas [19, 20, 21, 22, 24, 25].

CULTURA	DISTÂNCIA ENTRE LINHAS (cm)	PROFUNDIDADE DE PLANTIO (cm)
alho, cebola	40	2 a 5
feijão, soja	50	3 a 6
milho	100	3 a 6
fumo	90	2 a 4

Tabela 4.1 - Distância entre linhas e faixa de profundidade do plantio, para diversas culturas.

Recomenda-se que o adubo mineral, quando não for bem misturado ao solo, seja depositado 5 cm mais profundo que a posição da semente. A quantidade de adubo varia em função da análise do solo e, no presente trabalho, permitindo-se uma regulagem de até 400 kg/ha.

No plantio de sementes ou mudas, as funções agrícolas são cortar palha, abrir sulco ou cova, incorporar adubo, depositar muda ou semente e fazer a compactação lateral necessária.

As áreas cultivadas possuem um aclave variando de 0 a 30%, o que é uma declividade considerável [24].

4.4 - DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS ERGONÔMICOS

A determinação dos parâmetros ergonômicos tem por objetivo aumentar a eficiência funcional no projeto do microtrator e levar em conta os valores humanos, principalmente saúde e satisfação. Para isto, seguem-se as recomendações de McCormick [8], Iida [9], Naveiro [11] e Diffrient *et alli* [54].

Parâmetros como ângulo de boa visibilidade, posição de postura adequada, regiões de conforto para os pés e comandos manuais são definidos a partir de um modelo humano articulado, com representação simplificada dos principais membros e juntas (figura 4.2).

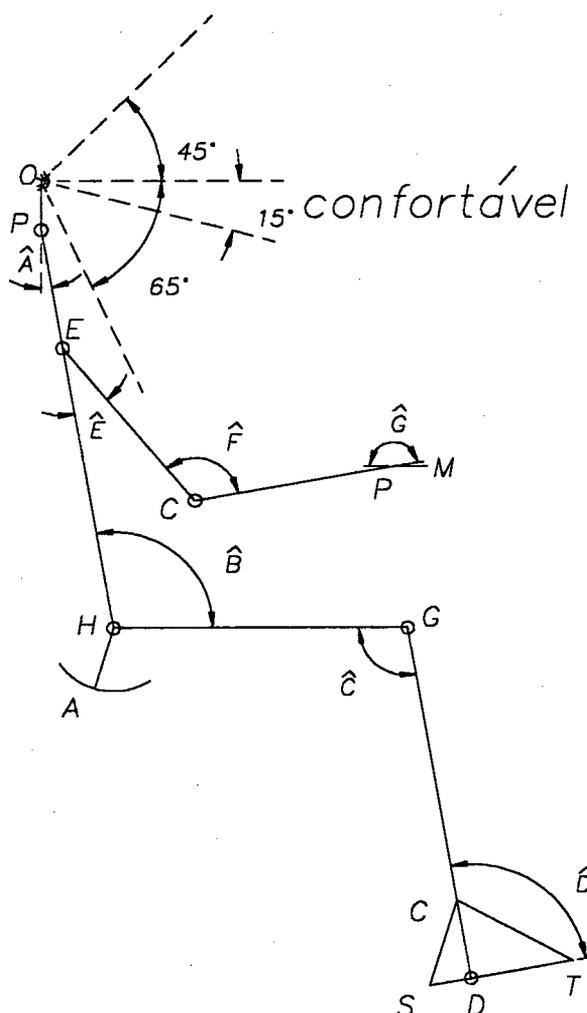


Figura 4.2 - Representação simplificada do modelo humano articulado.

Estudos mostram que a variação do tamanho da população é uma distribuição normal.

Referindo-se a cada tamanho nesta curva normal de distribuição, o percentil 5% significa que apenas 5% da população tem tamanho inferior. Do mesmo modo, o percentil 95% corresponde a um tamanho na distribuição no qual existem apenas 5% de indivíduos maiores. Na prática, procura-se satisfazer a faixa de tamanhos que vai do percentil 5% ao 95%, correspondente a 90% da população.

Naveiro [11] recomenda as tabelas 4.2 e 4.3, com as principais dimensões dos membros (nos percentis 5% e 95%) e ângulos de conforto nas juntas, para o modelo humano articulado mostrado na figura 4.2.

SEGMENTOS	DIMENSÕES (mm)	
	NO PERC. 5%	NO PERC. 95%
\overline{OP}	65	77
\overline{PH}	540	640
\overline{EH}	380	450
\overline{HG}	380	450
\overline{GC}	370	440
\overline{CD}	105	125
\overline{DS}	55	65
\overline{DT}	130	160
\overline{EC}	265	315
\overline{CM}	240	360
\overline{HA}	85	100

Tabela 4.2 - Valores das dimensões dos membros para o modelo humano articulado (Naveiro [11]).

ÂNGULOS DE CONFORTO
$10^\circ < \hat{A} < 20^\circ$
$90^\circ < \hat{B} < 110^\circ$
$95^\circ < \hat{C} < 120^\circ$
$90^\circ < \hat{D} < 110^\circ$
$15^\circ < \hat{E} < 45^\circ$
$30^\circ < \hat{F} < 160^\circ$
$180^\circ < \hat{G} < 190^\circ$

Tabela 4.3 - Ângulos de conforto das juntas para o modelo humano articulado (Naveiro [11]).

A figura 4.3 mostra as regiões de conforto e postura para o percentil 5%. E a figura 4.4 para o percentil 95%.

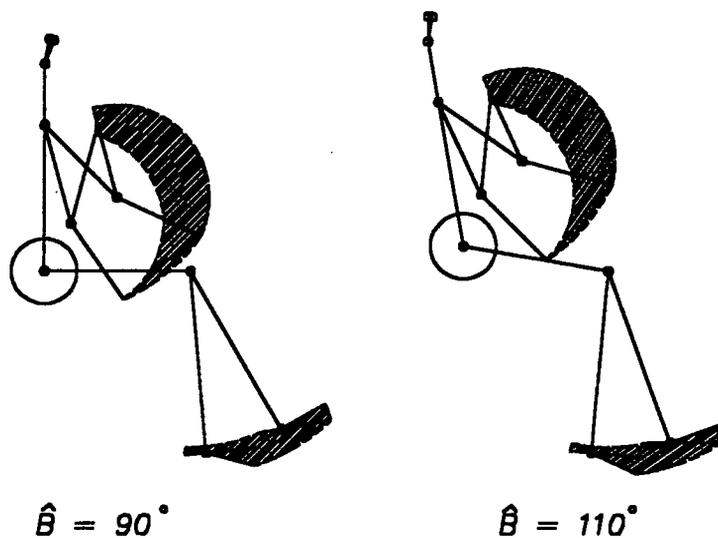


Figura 4.3 - Postura e regiões de conforto para dispositivos, no percentil 5% (escala 1:20).

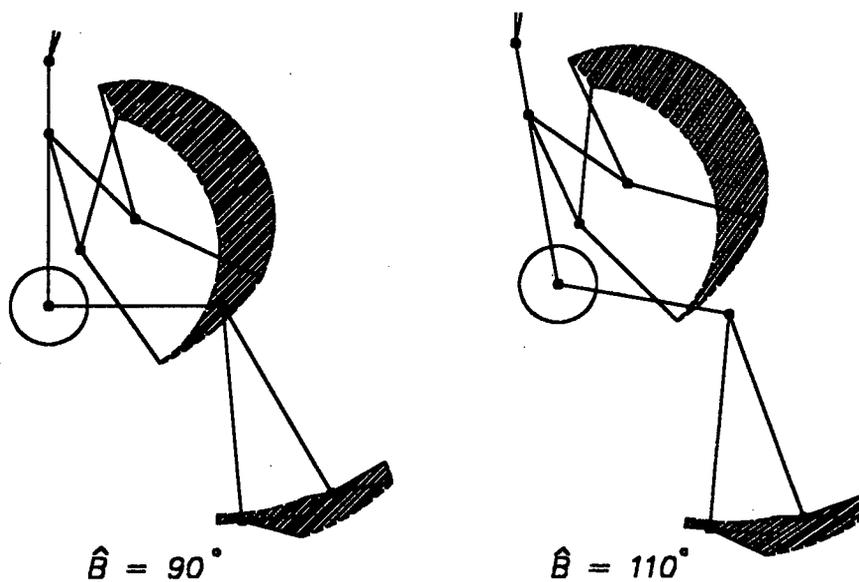


Figura 4.4 - Postura e regiões de conforto para dispositivos, no percentil 95% (escala 1:20).

Da interseção das figuras 4.3 e 4.4, obtém-se a figura 4.5, que mostra as posições para o assento e as regiões de conforto para localização dos dispositivos da máquina. As regiões hachuradas representam posições para os comandos, nas quais obtém-se maior conforto de operação.

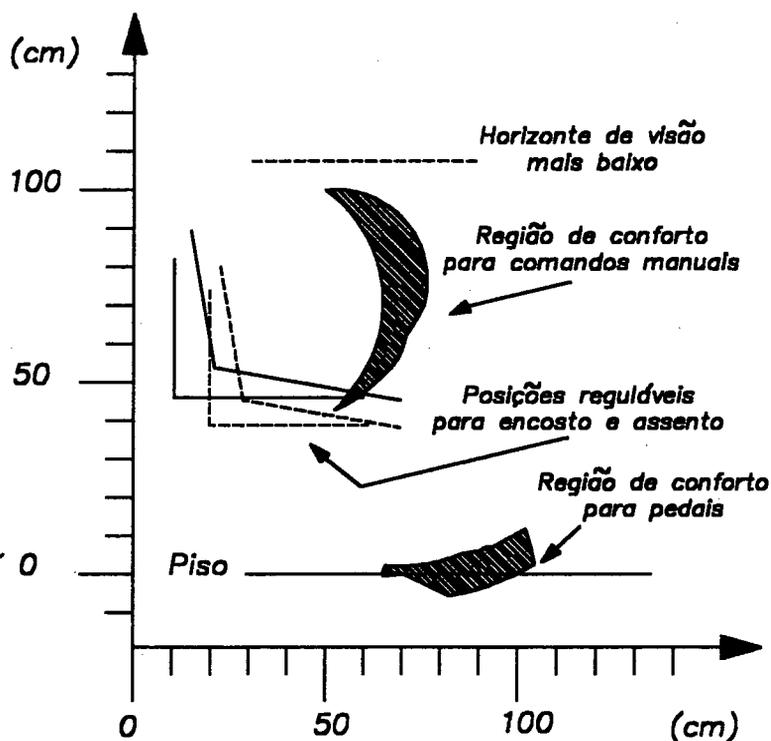


Figura 4.5 - Posição para assento e encosto, regiões de conforto para os comandos.

Quanto ao nível de ruído, à altura dos ouvidos do tratorista, de acordo com Herrmann *et alli* [63], se inferior a 85 dB é considerado baixo para tratores, e muito importante para prevenir futuros problemas auditivos, tensão e fadiga.

4.5 - DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS MECÂNICOS

Com o objetivo de alcançar uma boa produtividade e satisfazer às diferentes distâncias entre linhas das diversas culturas, mostradas na tabela 4.1, inicialmente foi determinada uma faixa de 65 a 76 cm para a bitola, na qual é possível preparar duas linhas para culturas com pequena distância entre linhas e baixas velocidades de preparo, tais como o alho e a cebola (40 cm), e uma linha nas culturas com distâncias entre linhas maiores, como por exemplo: feijão e soja (50 cm), fumo (90 cm) e milho (100 cm), conforme observa-se na figura 4.6.

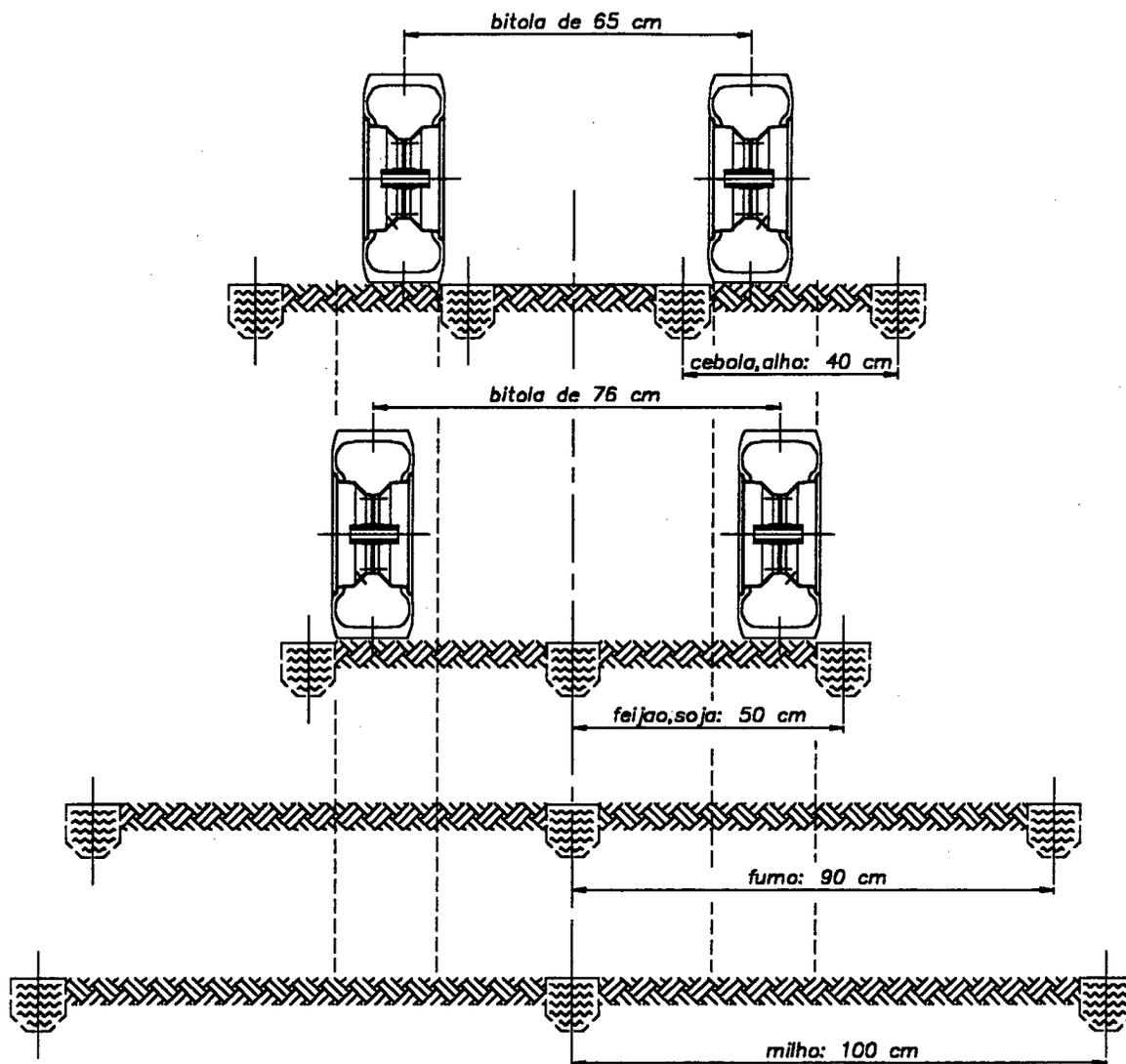


Figura 4.6 - Distância entre linhas nas diferentes culturas e a determinação da bitola.

Outra consideração importante na determinação da bitola é a estabilidade transversal, pois bitolas menores significam um menor aclave máximo do terreno, no qual o microtrator pode trafegar.

Com o aclave de até 30% das áreas cultivadas [24], o microtrator deve ter estabilidade em ladeiras com inclinação de

$$\alpha = \arctg (30/100) \approx 17^\circ$$

devendo-se considerar, ainda, um coeficiente de segurança de 1,5, para o caso de as rodas subirem em obstáculos ou caírem em buracos.

Para evitar o enroscamento de palha e permitir que o microtrator ultrapasse obstáculos em terrenos ondulados, propõe-se um vão livre vertical entre 10 e 20 cm, que segundo Herrmann *et alli* [63], é a altura dos maiores obstáculos comuns no trânsito sobre terraços, curvas de nível e etc..

Desejam-se duas velocidades de marcha a frente e uma a ré. Quanto às velocidades de marcha a frente, necessita-se de uma lenta, aproximadamente 270m/h, velocidade exigida para o transplante de mudas, de acordo com a referência [25], e outra com velocidade de uma junta animal, estimada em 3,6km/h por Dellagiustina [24], para semeadura de grãos.

Devido à baixa velocidade requerida, uma potência de 6 a 8 hp é satisfatória para o motor do microtrator. Deve-se prever uma saída de potência para implementos.

Segundo Back *et alli* [64], a força de tração é de grande importância, já que a mesma representa a capacidade de o microtrator puxar e acionar implementos, e é definida como a diferença resultante entre a força tangencial, na roda, e as resistências ao movimento. Baseando-se na experiência e nos ensaios realizados no CENEA (Centro Nacional de Engenharia Agrícola), Hermann *et alli* [63] recomenda uma relação peso/potência do motor correspondente à obtenção de uma força de tração adequada. Esta relação chega à 600 N/hp nas tarefas que necessitam de grande força de tração, e 400 N/hp nas atividades de cultivo, onde o requerimento de tração é mínimo. Como no plantio direto as tarefas envolvidas não requerem uma força de tração muito grande, considera-se a relação média de 500 N/hp como valor máximo necessário para fornecer uma tração suficiente. Com base nestes dados e considerando um motor de 8 hp, estima-se uma massa para o microtrator com valor máximo de 300 kg, sem o peso do operador (80 kg), resultando num peso total de aproximadamente 400 N.

Espera-se que a máquina seja resistente, de boa aparência e que tenha vida útil de 10 anos. Estabeleceu-se, como meta, um raio de giro de 3 metros, baseado em alguns modelos de microtratores articulados.

4.6 - DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS ECONÔMICOS

Diante do fato que o microtrator pode ser utilizado em uma vasta variedade de tarefas agrícolas, e pela dificuldade de obtenção de dados precisos sobre os custos da tração animal nestas tarefas, torna-se muito complexo determinar os parâmetros econômicos. O mais correto seria a elaboração de uma pesquisa, por especialistas da área de "marketing", que estipulasse o máximo preço de aquisição que o

consumidor estaria disposto a pagar, o lucro mínimo viável ao investimento e a determinação de um custo operacional favorável à substituição da tração animal pelo microtrator.

Como alternativa, utilizaram-se os estudos de Canecchio [68], tendo em vista a obtenção de uma base para os principais custos do microtrator, separados em preço de aquisição e custos operacionais. Entendem-se como custos operacionais, os gastos durante a utilização da máquina. Segundo Canecchio [68], pode-se calcular o custo/hora de um trator a partir dos vários componentes do custo, alguns em função do preço do trator (PT), mostrados na tabela 4.4.

COMPONENTES DO CUSTO/HORA DE UM TRATOR
(1) Juros médios do capital empatado = $PT \div 10 \times 0,36 \times 5,95 \div 1000$.
(2) Amortização do capital = $PT \times 0,9 \div 10 \div 1000$.
(3) Custo/hora de peças e consertos = $PT \times 0,2 \div 1000$.
(4) Seguro/hora = $PT \times 0,05 \div 1000$.
(5) Combustível/hora = $n^\circ \text{ litros/hora} \times \text{preço atual}$.
(6) Salário do tratorista/hora.
(7) Administração = $\{(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)\} \times 0,2$.
Custo total/hora = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6) + (7).

Tabela 4.4 - Componentes do custo/hora de um trator [68].

Na tabela 4.4, os divisores 10, nos componentes (1) e (2), representam uma vida útil de dez anos; os divisores 1000, nos componentes (1), (2), (3) e (4), representam a utilização durante mil horas no ano; o multiplicador 0,36, em (1), corresponde a uma taxa de juros de 3% ao mês (capitalizada anualmente) e o valor 5,95 corresponde a um fator de correção para juros médios; o multiplicador 0,9, em (2), significa que ao final de dez anos o microtrator tem um valor residual de 10% do preço de aquisição; o multiplicador 0,2, em (3), quer dizer que 20% do preço de aquisição é gasto, anualmente, com consertos e peças de reposição; o componente (7) é o custo de administração, estimado em 20% de todos gastos.

A partir da tabela 4.4, pode-se montar uma planilha para o cálculo dos custos operacionais

(US\$/h), em função do preço de aquisição do trator (PT), e assim, chegar a um consenso quanto aos valores meta para o preço de aquisição e o custo operacional, que sejam competitivos no mercado de microtratores. A tabela 4.5 mostra diversos preços de aquisição e os custos operacionais.

PT (US\$)	JUROS MÉDIOS (US\$/h)	AMORTI - ZAÇÃO (US\$/h)	CON- SERTOS (US\$/h)	SEGURO (US\$/h)	COMBUS- TÍVEL* (US\$/h)	SALÁRIO (US\$/h)	ADMINIS- TRAÇÃO (US\$/h)	TOTAL (US\$/h)
2000	0,428	0,18	0,4	0,10	0,7	2,0	0,69	4,50
3000	0,643	0,27	0,6	0,15	0,7	2,0	0,77	5,13
4000	0,857	0,36	0,8	0,20	0,7	2,0	0,84	5,76
6000	1,285	0,54	1,2	0,30	0,7	2,0	0,99	7,02
9000	1,928	0,81	1,8	0,45	0,7	2,0	1,22	8,91
14000	2,999	1,26	2,8	0,70	0,7	2,0	1,59	12,05
20000	4,284	1,80	4,0	1,00	0,7	2,0	2,04	15,82
30000	6,426	2,70	6,0	1,50	0,7	2,0	2,80	22,13

Tabela 4.5 - Custos operacionais calculados para diversos preços de aquisição de trator (PT).
 (*) Custo de combustível inclui óleo lubrificante e foi considerado o mesmo em todos os casos.

Segundo estudos realizados no Projeto Minitrator Agrícola [40,73], em 1984, o microtrator deveria ter um custo entre 3000 e 3500 dólares. Neste projeto, considerou-se como meta um custo de aquisição de US\$ 3000; pode-se observar na tabela 4.5 que isto corresponde a um custo operacional de 5,13 dólares por hora. Porém, considerando que o tratorista seja o próprio agricultor, fato característico da pequena propriedade, pode-se ter um custo operacional menor. Assim, estima-se um custo operacional de 3 dólares por hora, que tenderá a diminuir à medida que aumentarem as horas de trabalho do microtrator.

4.7 - FUNDAMENTOS DA CASA DA QUALIDADE APLICADOS AO PROJETO DO MICROTRATOR

Esta seção apresenta uma visão sumária da Casa da Qualidade dentro do processo de projeto. Os elementos fundamentais da Casa da Qualidade são descritos. Discute-se como desenvolver produtos com sucesso considerando a voz do consumidor.

Segundo Ramaswamy e Ulrich [13], para desenvolver produtos com sucesso, deve-se considerar a "Voz do Consumidor" explicitamente no processo de projeto.

Hauser e Clausing [12] apontam algumas empresas que estão tomando este caminho, empresas como a Digital Equipment, Hewlett-Packard, AT&T, Ford e General Motors; também mostram como a Casa da Qualidade tem sido utilizada com sucesso pelas empresas japonesas, exemplificando com o caso da Toyota. As empresas japonesas, ao investirem em QFD (Quality Function Deployment), aumentam os chamados custos pré-produção, mas diminuem drasticamente os custos de reprojeção e modificações durante a produção, pois 90% das mudanças e modificações dos projetos japoneses ocorrem na fase inicial, com a aplicação da Casa da Qualidade.

A Casa da Qualidade é uma metodologia estruturada para organização de informações do consumidor, ajuda os projetistas a identificarem explicitamente os requisitos do consumidor, relacioná-los com características de engenharia, encontrar soluções de compromisso ("trade offs") e avaliar as características potenciais do produto com relação aos produtos concorrentes.

Para obtenção destas informações, requer-se ajuda do setor de "marketing", pois, de acordo com Ramaswamy e Ulrich [13], está ficando evidente, na prática industrial, que desejos do consumidor são obtidos do contato real com os mesmos e que projetistas freqüentemente erram quando tentam prever o que os consumidores querem. Assim, o pessoal de mercado obtém os dados relativos aos clientes e produtos concorrentes, comunicando-os aos projetistas.

Os projetistas definem as variáveis de projeto, ou melhor, as características de engenharia que são quantidades mensuráveis, que eles podem controlar.

Para simplificar e facilitar a compreensão, descreve-se a Casa da Qualidade dividindo-a em cinco principais elementos: atributos do consumidor (CA's, "Customer Attributes"), características de

engenharia (EC's, "Engineering Characteristics"), corpo (relação de CA's com EC's), telhado (relação entre EC's) e informações complementares (mercado e objetivos).

Aproveitando-se a análise das necessidades feita na seção 4.2 e os parâmetros definidos em 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6, discute-se uma Casa da Qualidade para o caso do projeto do microtrator.

A figura 4.7 deve ser consultada, à medida que cada elemento da Casa da Qualidade for descrito.

a) ATRIBUTOS DO CONSUMIDOR (CA's)

Os CA's são frutos do convívio com os consumidores, de entrevistas e levantamentos. A forma como são colocados na Casa da Qualidade, em termos de declarações do tipo "microtrator é potente" (figura 4.7), representa um conjunto de desejos do consumidor, agrupados e refinados a partir de declarações brutas feitas no dia-a-dia do consumidor. As declarações originais são guardadas para posterior uso, ao se incrementar a Casa da Qualidade. O peso relativo entre os CA's pode ser colocada em uma coluna adjacente ao corpo da Casa da Qualidade, geralmente em porcentagem somando um total de 100. Os atributos do consumidor constantes da figura 4.7 foram estimados, já que não se dispunha, como seria desejado, de um levantamento adequado de mercado.

b) CARACTERÍSTICAS DE ENGENHARIA (EC's)

As EC's são as variáveis de projeto ou as características de desempenho do produto ou sistema técnico, que influenciam os atributos do consumidor. Muitas vezes é necessário selecionar uma concepção básica para depois completar a lista de EC's.

A cada uma das EC's associa-se um valor numérico e uma unidade de medida, mostrados nas linhas abaixo do corpo da Casa da Qualidade, juntamente com as importâncias relativas.

O sinal de "+" ou "-" junto da declaração da EC indica se esta variável de projeto deve ser maximizada ou minimizada, respectivamente. Na figura 4.7, o sinal "-" antes da EC "massa" e o sinal "+" antes de "potência adequada", significa que se deseja uma solução de compromisso que minimize a massa e maximize a potência adequada.

c) CORPO DA CASA DA QUALIDADE

O corpo é uma matriz que relaciona os CA's com as EC's através de notas representadas por símbolos ou números. Nas linhas desta matriz têm-se os CA's e nas colunas as EC's, e a nota indica o quanto o projetista afeta a satisfação do consumidor através da modificação de uma característica de engenharia.

No caso da figura 4.7, a satisfação do consumidor em relação a "é fácil de manobrar" é mais influenciada pelo "raio de giro" (peso 9), comparativamente com a "otimização do vão livre vertical" (peso 3).

d) TELHADO DA CASA DA QUALIDADE

O telhado permite visualizar as relações entre as EC's, mostrando como elas interagem, por exemplo, melhorando-se uma característica de engenharia, como são afetadas as outras EC's.

Perguntas como "ao diminuir a massa que efeito terá sobre a potência adequada?" são elaboradas e as respostas registradas no quadrículo do telhado que relaciona estas duas características.

Nota-se que o telhado tem a forma de uma matriz meia banda e as notas são dadas por símbolos. Hauser e Clausing [12] utilizam os símbolos X e V quando as relações entre as EC's são negativas e positivas, respectivamente.

Como exemplo, observe no telhado da figura 4.7, que a otimização do vão livre vertical e a estabilidade (máximo ângulo) interagem negativamente, ou seja, ao melhorar o vão livre vertical, a estabilidade tende a piorar, o que não se deseja.

De acordo com Hauser e Clausing [12], "Engenheiros muitas vezes têm que balancear soluções de compromisso (trade off) quando se discutem os benefícios do consumidor".

e) INFORMAÇÕES SUPLEMENTARES

Muitas informações úteis são armazenadas na parte de baixo do corpo da Casa da Qualidade. Valores de meta para cada EC, unidades, e os valores da EC para produtos concorrentes (não representados na figura 4.7), visando propósitos de "benchmarking" (a busca pelo melhor dos melhores, referência [60]), e importância relativa de cada EC são informações ali contidas.

Os valores das importâncias relativas calculados para as EC's ajudam o projetista a verificar qual melhoramento produz maior satisfação na percepção do consumidor.

A região à direita do corpo da Casa da Qualidade pode conter outros dados, como o desempenho dos concorrentes para cada CA (esta região não foi representada na figura 4.7) e é, também, chamada de mapa de percepção, em gíria de "marketing".

Uma dificuldade encontrada ao se aplicar a Casa da Qualidade é quanto ao relacionamento entre as EC's, que pode ser complexo, com o telhado da Casa da Qualidade não conseguindo armazenar todas as informações. Numa situação típica, duas EC's podem possuir várias variáveis em comum e as relações entre essas EC's com respeito a estas variáveis, podem ser diferentes. Logo, de acordo com Ramaswamy e Ulrich [13], não é possível caracterizar a relação verdadeira entre EC's com um único símbolo representando positivo ou negativo.

A Casa da Qualidade traz muitos benefícios, entre eles como e por quanto os projetistas podem influenciar qualidades desejadas pelo consumidor.

As importâncias relativas das EC's, obtidas na Casa da Qualidade, serão utilizadas no capítulo v , como critério de avaliação e escolha da melhor concepção para o microtrator.

CAPÍTULO V

PROJETO CONCEITUAL

5.1 - INTRODUÇÃO

O projeto conceitual é aquela parte do processo de projeto onde as técnicas de criatividade, a elaboração de estruturas de funções, a procura por princípios de solução, suas combinações na síntese de concepções e as técnicas de avaliação são aplicadas com o propósito de se chegar a uma solução conceitual viável e capaz de resolver o problema.

Neste trabalho, utiliza-se a Técnica de Análise Funcional de Sistemas (FAST), método de Mudge, matriz morfológica e avaliação das concepções geradas segundo critérios técnicos. Por fim, tem-se uma descrição geral da concepção escolhida.

5.2 - TÉCNICA DE ANÁLISE FUNCIONAL DE SISTEMAS (FAST)

FAST é uma técnica de hierarquia que induz o pensamento lógico. Parte-se da função de mais alto nível (função desejada no produto) até se chegar em funções de nível mais baixo, as quais tomam possível a função de alto nível, ou também chamada de função básica. A função deve ser definida por duas palavras: um verbo e um substantivo.

Uma função é o objetivo de uma ação ou de uma atividade que está sendo desempenhada; não é a própria ação. Visa a um resultado que deve ser conseguido, enquanto a ação é um método para realizar o objetivo.

O módulo dianteiro da máquina possui duas funções básicas, essenciais às necessidades, que são "produzir tração" e "preparar sulco". Fazendo a pergunta "Como?" chega-se às funções de baixo nível, com a pergunta "Porque?" é possível voltar à função de nível mais alto e verificar se a associação está correta.

As figuras 5.1 e 5.2 mostram o diagrama FAST para as funções "produzir tração" e "preparar

sulco", vitais ao funcionamento do microtrator e do implemento de preparo de sulcos.

Csillag [6] comenta que o mérito da técnica FAST está na discussão gerada durante sua aplicação e não no diagrama mudo, frio e pronto tal qual visto no papel.

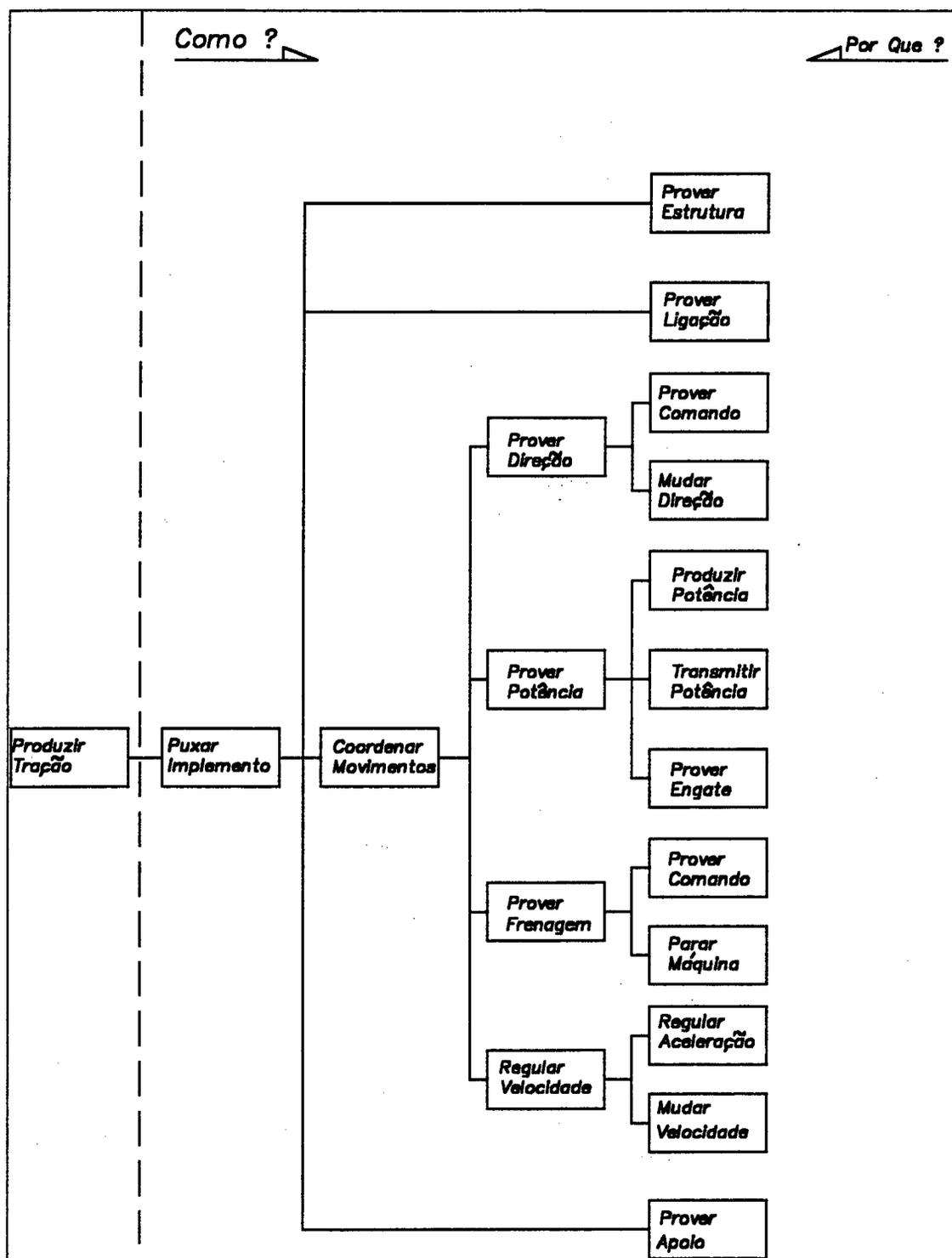


Figura 5.1 - Diagrama FAST do sistema de tração.

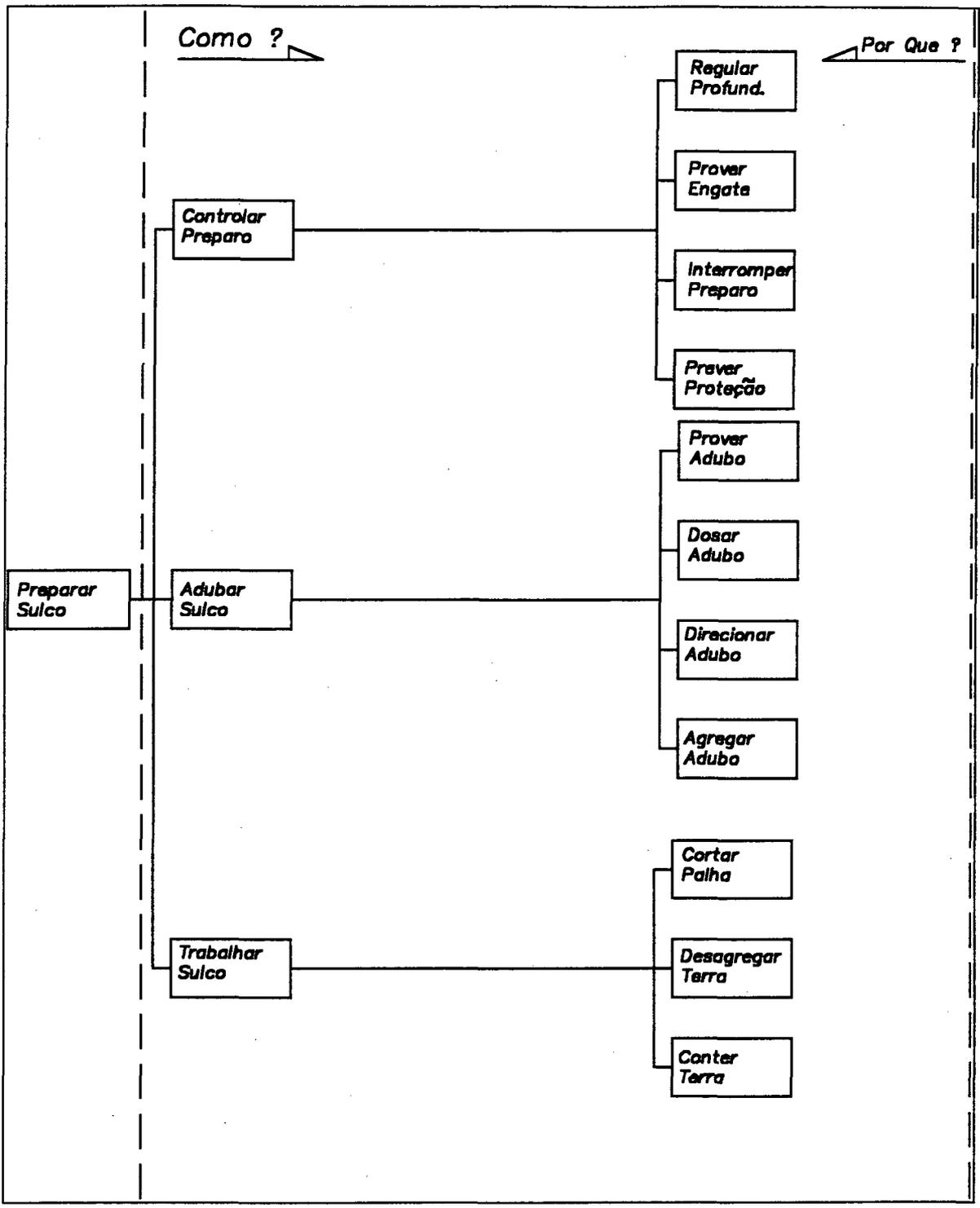


Figura 5.2 - Diagrama FAST do sistema de preparo de sulcos.

Em seguida, através da técnica de avaliação numérica de relações funcionais (método de Mudge [6]), pode-se analisar as funções de baixo nível e saber quais as mais necessárias. Primeiramente, as funções são listadas nas figuras 5.3 e 5.4, e depois avaliadas nas figuras 5.5 e 5.6,

onde a última coluna representa a necessidade relativa de cada função.

A	Prover Estrutura
B	Prover Ligação
C	Prover Comando (Direção)
D	Mudar Direção
E	Produzir Potência
F	Transmitir Potência
G	Prover Engate (Potência)
H	Prover Comando (Frenagem)
I	Parar Máquina
J	Regular Aceleração
K	Mudar Velocidade
L	Prover Apoio

Figura 5.3 - Lista de funções do sistema de tração.

M	Regular Profundidade
N	Prover Engate (Preparo de Sulcos)
O	Interromper Preparo
P	Prever Proteção
Q	Prover Adubo
R	Dosar Adubo
S	Direcionar Adubo
T	Agregar Adubo
U	Cortar Palha
V	Desagregar Terra
X	Conter Terra

Figura 5.4 - Lista de funções do sistema de preparo de sulcos.

Nas figuras 5.5 e 5.6, as funções (figuras 5.3 e 5.4) estão representadas por letras e são comparadas duas a duas. Por exemplo, na 2a. linha e 2a. coluna, "B3" significa que comparando-se a função "A" com a "B", esta é mais importante num grau de importância de peso 3. Assim, na 2a. linha tem-se a comparação entre a função "A" e todas as outras; na 3a. linha, compara-se a função "B" com as outras, e assim por diante. Na penúltima coluna, obtém-se o total de pontos para cada função, e na última, a percentagem de pontos que corresponde a necessidade relativa de cada função. Este método é muito importante, pois permite ponderar quais das funções são mais necessárias.

As necessidades relativas, entre as funções, serão utilizadas no método COMPARE [6], aplicado no final do projeto, com o objetivo de indicar pontos de redução de custos para futuros reprojotos.

Fun- ções	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	SO- MA	%
A	B3	A1	A1	E3	F2	A1	A3	A1	A2	K3	A1	10	7,1
	B	B3	B2	E2	F1	B3	B3	B2	J3	K2	B2	18	12,8
		C	D2	E3	F2	G1	C3	I2	C2	K2	L3	5	3,6
			D	E1	D1	D2	D3	D2	D3	K1	D1	14	9,9
				E	E1	E3	E3	E1	E3	E1	E3	24	17
					F	F3	F3	I1	F3	F2	F3	19	13,5
						G	G3	G1	G2	K3	G1	8	5,7
							H	I2	H2	K3	L3	2	1,4
								I	I2	K2	L2	7	5
									J	K3	L2	3	2
										K	K2	21	14,9
											L	10	7,1
											TOTAL	141	100

Figura 5.5 - Método de Mudge para o sistema de tração.

Fun- ções	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	X	SO- MA	%
M	N1	O1	M1	Q2	R3	S2	T2	U3	V2	X2	1	0,9
	N	N1	P1	Q2	R3	S1	T3	U3	V2	X2	2	1,9
		O	P2	Q3	R3	S2	T2	U3	V2	X2	1	0,9
			P	Q2	R2	S1	T2	U3	V2	X2	3	2,8
				Q	R3	S2	T2	U3	V2	Q1	10	9,3
					R	R3	R1	U1	R1	R2	21	19,4
						S	T1	U2	V2	X1	8	7,4
							T	U1	T2	T1	15	13,9
								U	U2	U3	24	22,2
									V	V2	14	13
										X	9	8,3
										TOTAL	108	100

Figura 5.6 - Método de Mudge para o sistema de preparo.

5.3 - BUSCA POR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO

As funções obtidas pela técnica FAST são agrupadas em quatro módulos: estrutural, transmissão de potência, comando e operação, preparo de sulcos. A figura 5.7 mostra um esquema dos diferentes módulos e as interações entre eles, o solo e o porta-implemento.

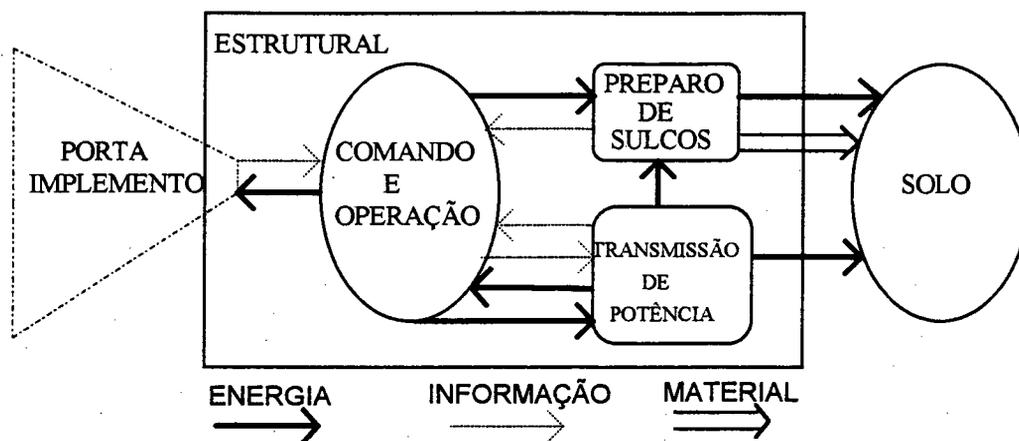


Figura 5.7 - Os diferentes módulos e suas interações.

O módulo estrutural é composto das funções "prover estrutura (A)" e "prover ligação (B)" com implemento. Os objetivos deste módulo são servir de sustentação estrutural para os outros módulos e permitir uma interface adequada com o porta-implemento.

A função "mudar velocidade (K)" é realizada por componentes em dois módulos diferentes, assim foi dividida nas funções "K1" e "K2".

O módulo de transmissão de potência, formado pelas funções: "produzir potência (E)", "transmitir potência (F)", "prover engate (G)", "parar máquina (I)", "prover apoio (L)" e "mudar velocidade (K1)", tem a finalidade de proporcionar uma velocidade de deslocamento adequada, e fornecer a rotação e o torque necessários ao preparo de sulcos.

O módulo de comando e operação, representado pelas funções: "prover comando de direção (C)", "mudar direção (D)", "prover comando de frenagem (H)", "regular aceleração (J)" e o comando de "mudar velocidade (K2)", controla as tarefas executadas pela máquina e serve de interface com o operador.

O módulo de preparo de sulcos, constituído das funções: "regular profundidade (M)", "interromper preparo (O)", "prover engate (N)", "prover adubo (Q)", "dosar adubo (R)", "direcionar adubo (S)", "agregar adubo (T)", "cortar palha (U)", "desagregar terra (V)", "conter terra (X)" e "prever proteção (P)", é responsável pelo fornecimento de sulcos adubados e prontos para o plantio.

A seguir, são listados os princípios de solução para cada um destes módulos.

Módulo Estrutural

A - Prover estrutura

A -1 - chassis com avanço dianteiro para fixação de implementos

A -2 - chassis sem avanço dianteiro

A -3 - chassis com parte traseira mais larga

A -4 - chassis tubular

B - Prover ligação (consultar a figura 5.8)

B -1 - rótula tipo 1

B -2 - rótula tipo 2

B -3 - rótula tipo 3

B -4 - rótula tipo 4

Módulo de Transmissão de Potência

E - Produzir potência

E -1 - motor à combustão

E -2 - motor elétrico

F - Transmitir potência

F -1 - engrenagens e eixos

F -2 - correias e correntes

F -3 - eixos flexíveis

F -4 - sistema hidráulico

G - Prover engate

G -1 - embreagem de correia

G -2 - embreagem com acoplamento

G -3 - embreagem de discos

G -4 - válvula hidráulica

I - Parar máquina

I -1 - travamento da transmissão

I -2 - barra sobre rodas

I -3 - peso sobre solo

I -4 - freio a disco

I -5 - freio de tambor

L - Prover apoio

L -1 - rodas de microtrator

L -2 - rodas de aço com garras

L -3 - roda de esteiras

L -4 - garras

L -5 - colchão de ar

K1 - Mudar velocidade

K1 -1 - variador escalonado de engrenagens

K1 -2 - variador contínuo de polias

K1 -3 - variador escalonado de polias

K1 -4 - variador contínuo tipo cone-prato

K1 -5 - válvula hidráulica

Módulo de Comando e Operação

K2 - Mudar velocidade (comando)

K2 -1 - alavanca na vertical

K2 -2 - alavanca na horizontal

K2 -3 - punho

K2 -4 - manivela

K2 -5 - câmbio automático

C - Prover comando de direção

C -1 - volante na vertical

C -2 - volante inclinado e unido por junta universal

C -3 - alavancas

C -4 - manetes

C -5 - manivela

D - Mudar direção

D1 -1 - articulação nas rodas

D1 -2 - articulação na ligação com o porta implemento

D1 -3 - travando uma roda

D2 -1 - sem diferencial na tração

D2 -2 - diferencial de correias

D2 -3 - diferencial de engrenagens cônicas

H - Prover comando de frenagem

H -1 - manete

H -2 - alavanca

H -3 - pedal

J - Regular aceleração

J -1 - manete

J -2 - alavanca

J -3 - punho

J -4 - pedal

Módulo de Preparo de Sulcos

M - Regular profundidade

O - Interromper preparo

MO -1 - roda pequena auxiliar

MO -2 - mecanismo de alavanca

MO -3 - mecanismo hidráulico

N - Prover engate

N -1 - embreagem de correia

N -2 - embreagem com acoplamento

N -3 - embreagem de discos

N -4 - válvula hidráulica

Q - Prover adubo

Q -1 - reservatório tronco-piramidal

Q -2 - reservatório cúbico-piramidal

Q -3 - reservatório cilíndrico-tronco cônico

Q -4 - reservatório tronco cônico

Q -5 - reservatório de forma adaptada

R - Dosar adubo

R -1 - dosador tipo rotor canelado

R -2 - dosador tipo engrenagem

S - Direcionar adubo

S -1 - queda livre sobre mecanismo de incorporação

S -2 - rampa direcionada sobre mecanismo de incorporação

S -3 - queda livre na frente do mecanismo de incorporação

S -4 - direcionado, por mangueira, na frente do mecanismo de incorporação

T - Agregar adubo

U - Cortar palha

V - Desagregar terra

TUV -1 - enxadas rotativas com eixo na horizontal

TUV -2 - cultivador de facas com eixo na vertical

TUV -3 - cultivador na forma de hélice com eixo na vertical

TUV -4 - discos lisos e dentados

X - Conter terra

P - Prever proteção

XP -1 - pára-lama de forma circular

XP -2 - pára-lama de forma trapezoidal

5.4 - SÍNTESE DE CONCEPÇÕES

A síntese de concepções é feita através da combinação apropriada dos princípios de solução. Estes princípios de solução podem ser representados na forma de uma matriz, a chamada matriz morfológica, mostrada nas figuras 5.8 e 5.9.

MÓDULO ESTRUTURAL	A- Prover Estrutura	A-1	A-2	A-3	A-4	
	B- Prover Ligação	B-1	B-2	B-3	B-4	
	E- Produzir Potência	E-1	E-2			
	F- Transmitir Potência	F-1	F-2	F-3	F-4	
MÓDULO DE TRANSMISSÃO DE POTÊNCIA	G- Prover Engate	G-1	G-2	G-3	G-4	
	L- Parar Máquina	L-1 TRAVAMENTO DA TRANSMISSÃO	L-2 BARRA SOBRE RODAS	L-3 PEDE sobre SOLO	L-4 FREIO DISCO	L-5 FREIO TAMBOR
	L- Prover Apoio	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5
	K1- Mudar Velocidade	K1-1	K1-2	K1-3	K1-4	K1-5
	K2- Mudar Velocidade (comando)	K2-1	K2-2	K2-3	K2-4	K2-5 CAMBIO AUTOMÁTICO
MÓDULO DE COMANDO E OPERAÇÃO	C- Prover Comando de Direção	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
	D- Mudar Direção	D1-1	D1-2	D1-3		
		D2-1 SEM DIFERENCIAL NA TRACÇÃO	D2-2	D2-3		
	H- Prover Comando de Freagem	H-1	H-2	H-3		
	J- Regular Aceleração (Comando)	J-1	J-2	J-3	J-4	

Figura 5.8 - Matriz morfológica para sistema de tração.

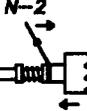
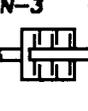
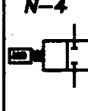
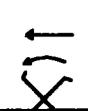
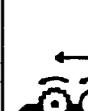
MÓDULO DE PREPARO DE SULCOS	M_Regular Profundidade Q_ Interramper Preparo	MO-1 	MO-2 	MO-3 				
	N_Prover Engate	N-1 	N-2 	N-3 	N-4 			
	Q_Prover Adubo	Q-1 	Q-2 	Q-3 	Q-4 	Q-5 		
	R_Dosar Adubo	R-1 	R-2 					
	S_Direccionar Adubo	S-1 	S-2 	S-3 	S-4 			
	T_Agregar Adubo	TUV-1 	TUV-2 	TUV-3 	TUV-4 			
	U_Cortar Palha							
	V_Desagregar terra							
X_Canter Terra P_Prever Protecao	XP-1 	XP-2 						

Figura 5.9 - Matriz morfológica para sistema de preparo de sulcos.

A partir da matriz morfológica pode-se obter um conjunto de soluções. Neste trabalho, foram escolhidas quatro combinações (figuras 5.11, 5.12, 5.13 e 5.14), a partir da combinação de alguns princípios de solução, selecionados de acordo com a figura 5.10.

concepção n° 1	concepção n° 2	concepção n° 3	concepção n° 4
A-1	A-3	A-2	A-4
B-3	B-2	B-4	B-1
E-1	E-1	E-1	E-1
F-2	F-2	F-4	F-2
G-1	G-1	G-4	G-1
I-1	I-1	I-4	I-1
L-1	L-1	L-1	L-1
K1-1	K1-1	K1-5	K1-1
K2-1	K2-1	K2-4	K2-2
C-2	C-2	C-2	C-2
D1-2	D1-2	D1-1	D1-2
D2-3	D2-3	D2-1	D2-3
H-3	H-3	H-2	H-2
J-4	J-2	J-2	J-2
MO-2	MO-2	MO-3	MO-2
N-2	N-1	N-4	N-1
Q-1	Q-1	Q-5	Q-5
R-1	R-1	R-1	R-1
S-4	S-4	S-4	S-4
TUV-1	TUV-1	TUV-1	TUV-1
XP-1	XP-1	XP-1	XP-1

Figura 5.10 - Combinação dos princípios de solução, com síntese de 4 concepções.

Em todas as combinações geradas, utiliza-se um motor de combustão interna, rodas pneumáticas e volante inclinado. Para o módulo de preparo de sulcos, mantém-se o dosador de adubo tipo rotor canelado, as enxadas rotativas com eixo na horizontal, o direcionamento de adubo por

mangueira na frente das enxadas rotativas e a proteção semicircular para conter a terra e proteger das facas da enxada rotativa, uma vez que estes tiveram um desempenho satisfatório na experiência com a sulcadora adubadora, já apresentada no Capítulo III.

A concepção nº1 (figura 5.11) possui um chassi com avanço dianteiro para sustentação de um implemento, no caso o módulo de preparo de sulcos, mas possui a desvantagem de este avanço prejudicar o início da subida em ladeiras ou obstáculos. A transmissão é composta de correias e correntes, caixa redutora, embreagem por polia tensionadora para a tração nas rodas e embreagem com acoplamento para o módulo de preparo de sulcos.

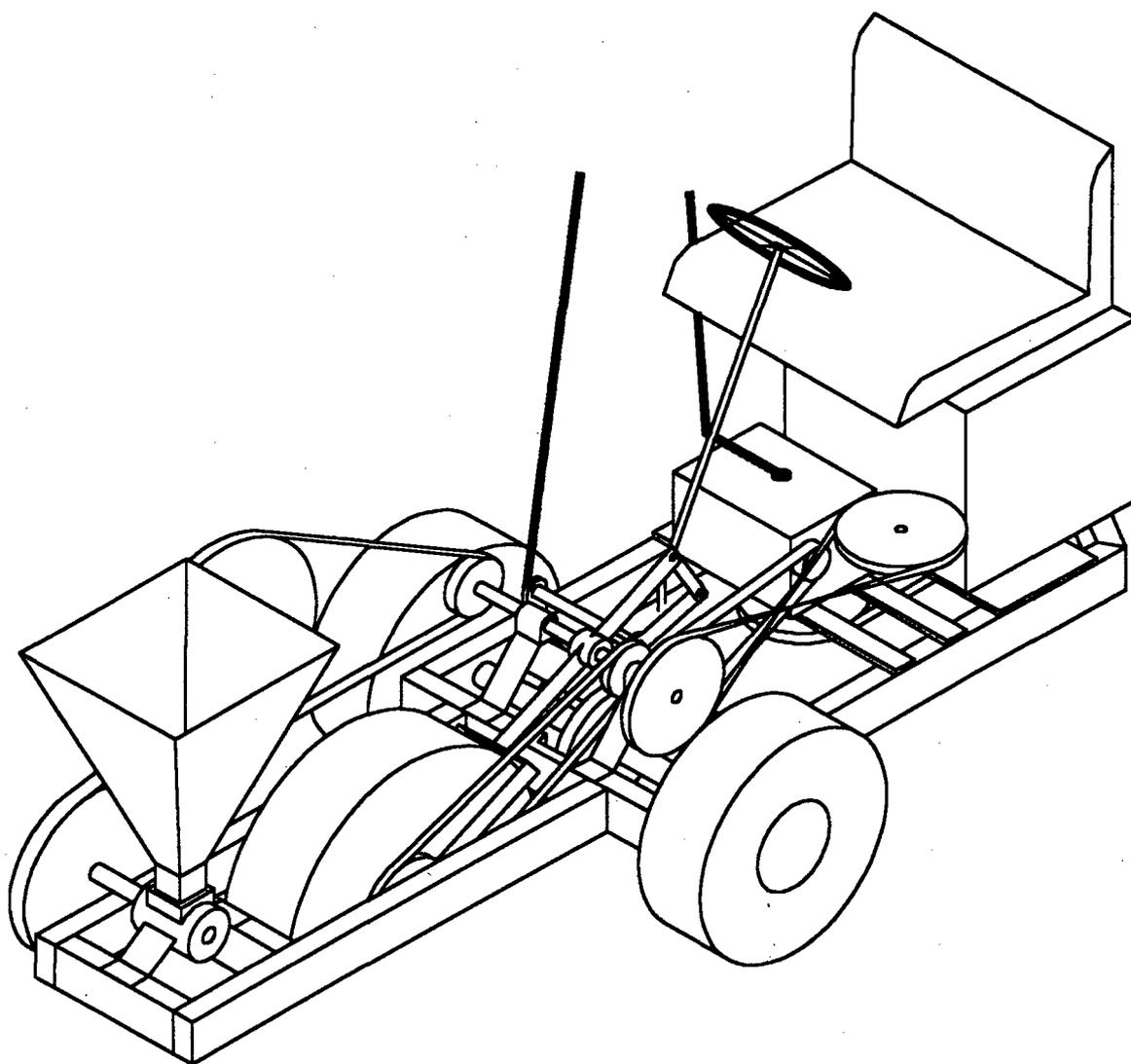


Figura 5.11 - Esboço da concepção nº1.

A concepção n°2, mostrada na figura 5.12, permite o uso de uma bitola menor, sendo o chassis mais largo na parte traseira, rodas embutidas na sua forma e mais espaço interno para o sistema de transmissão. Eliminou-se o avanço dianteiro do chassis, sendo todo o implemento apoiado e articulado num mancal acima do eixo dianteiro. O chassis mais largo permite o uso de um variador de velocidades do tipo contínuo de polias (não representado na figura), mas que apresenta uma limitação de torque. Ambas as embreagens são do tipo polia tensionadora. O levantamento do implemento dianteiro é feito por um mecanismo de barras e alavanca.

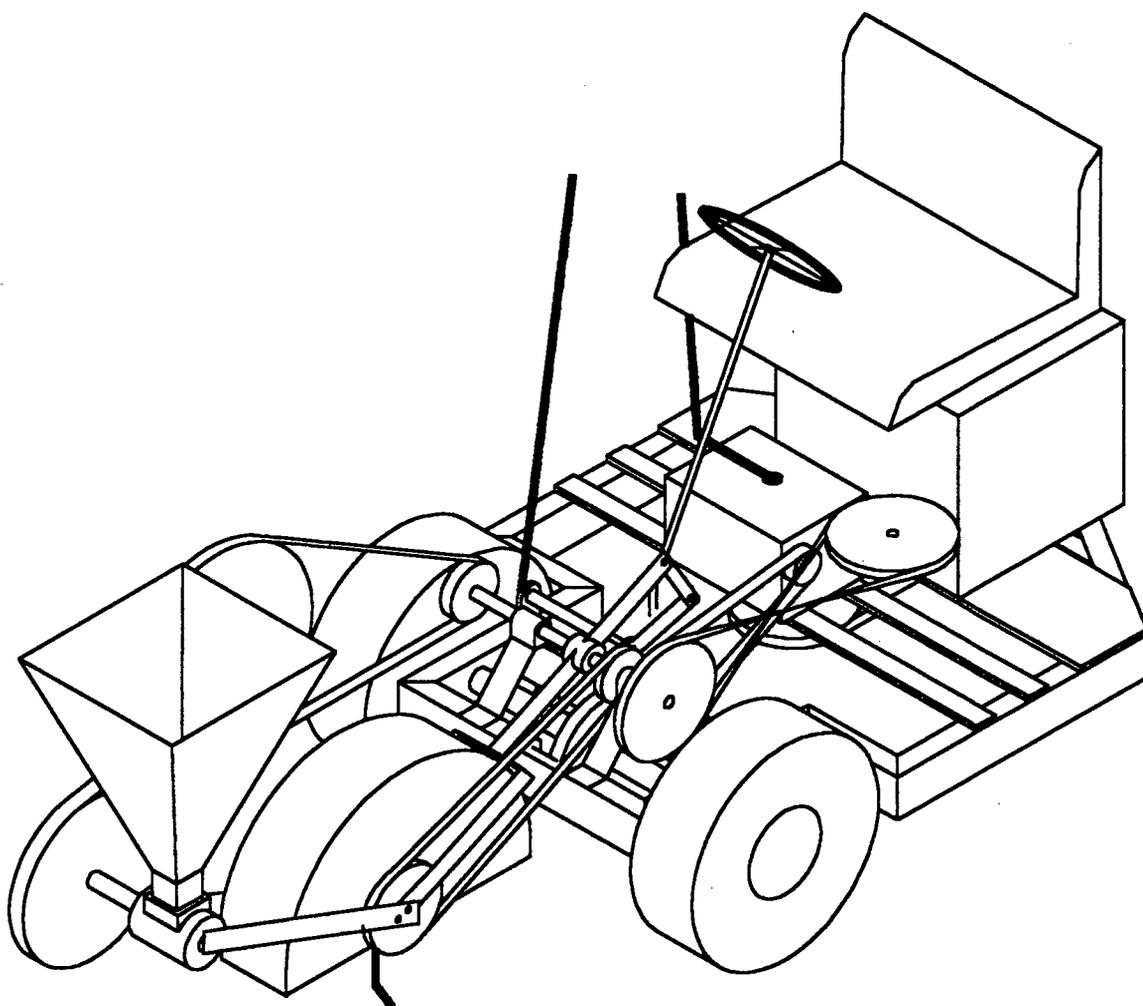


Figura 5.12 - Esboço da concepção n°2.

Na concepção nº3 (figura 5.13), a forma do chassis surge do melhoramento das concepções nº1 e nº2, onde se procurou diminuir o comprimento e a largura. Para resolver o problema da limitação de espaço para as rodas dentadas, polias, correntes e correias, optou-se por um sistema de transmissão hidráulica. Esta transmissão permite variar continuamente a velocidade e alcançar facilmente as mais baixas velocidades, exigidas no transplante de mudas, com o único empecilho o fato de ser caríssima. Quanto ao módulo de preparo de sulcos, utilizou-se um reservatório cujo desenho se adapta à forma do pára-lama.

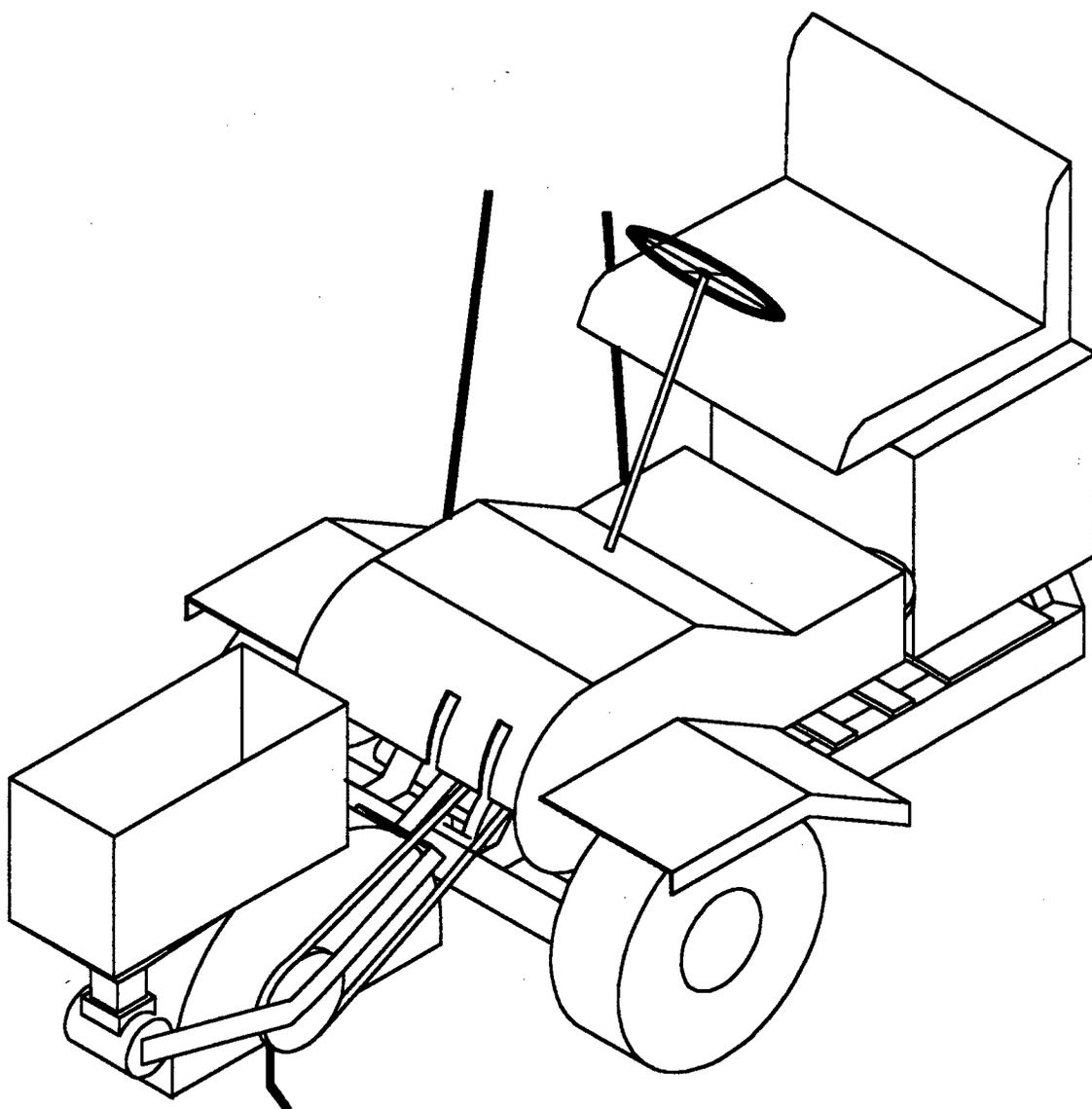


Figura 5.13 - Esboço da concepção nº3.

Na busca de melhores soluções, surge a concepção n°4, vista na figura 5.14, na qual o chassi possui seção variável, decrescente à medida que se aproxima do eixo dianteiro, com maior rigidez na parte mais solicitada à flexão e um "design" de melhor aparência que as concepções anteriores. O sistema de transmissão é composto por correias e correntes, sendo o problema da baixa velocidade resolvido pelo uso de um redutor de velocidades, opcional, acoplado na lateral.

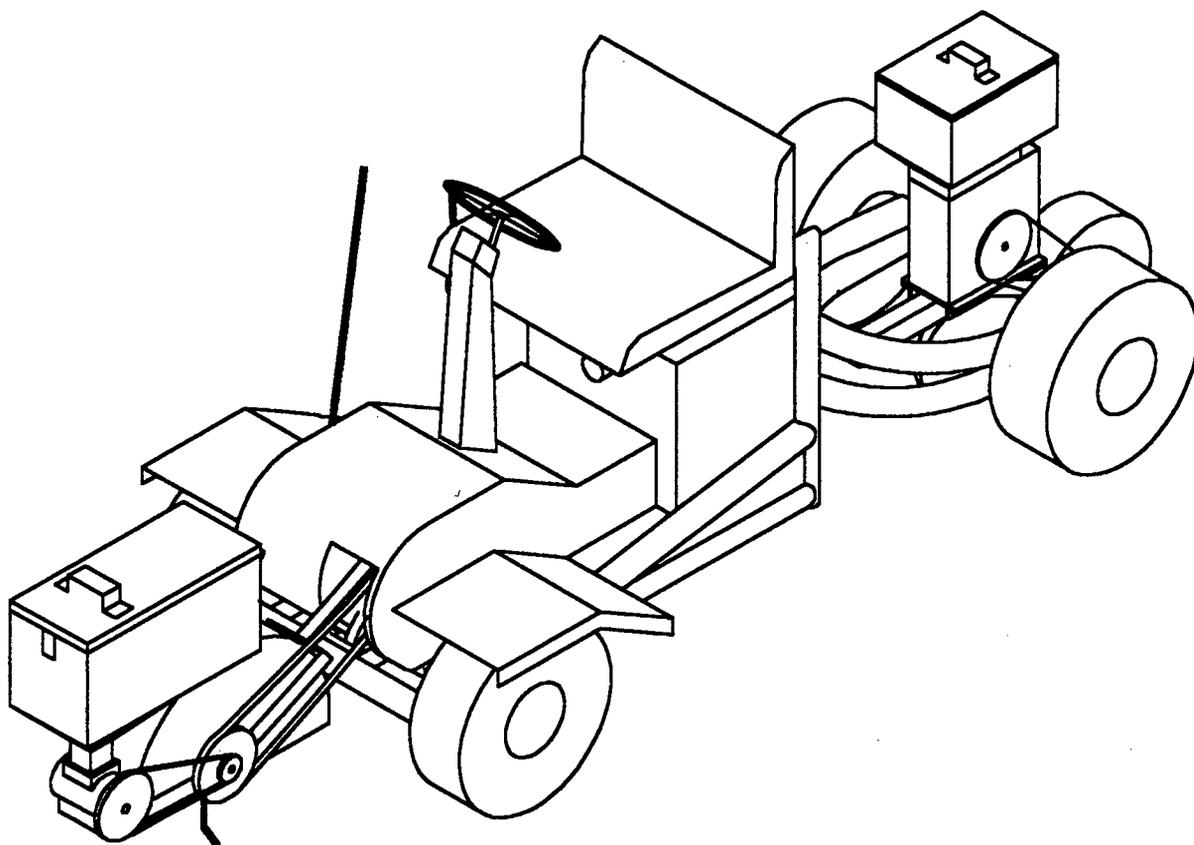


Figura 5.14 - Esboço da concepção n°4.

5.5 - AVALIAÇÃO E ESCOLHA DA MELHOR CONCEPÇÃO

Na avaliação das concepções (figura 5.15), os critérios adotados foram os atributos dos consumidores (Casa da Qualidade, seção 4.7), resumidos em características técnicas desejáveis e com os correspondentes pesos relativos.

Por exemplo, na figura 4.7, o atributo do consumidor "microtrator é potente" é interpretado como

uma característica de potência e tem peso relativo de 4,2%, o atributo "é bonito" como uma característica de aparência e tem peso de 3,2%. Assim foi feito para todos os atributos do consumidor, com seus respectivos pesos relativos somados.

CARACTERÍSTICAS DESEJÁVEIS	PESO	CONCEPÇÃO N°1	CONCEPÇÃO N°2	CONCEPÇÃO N°3	CONCEPÇÃO N°4
Potência	4,2	9	6	10	9
Manobrabilidade	13,7	3	7	9	8
Versatilidade	16,8	7	6	9	8
Durabilidade	18,9	7	6	7	9
Manutenibilidade	11,6	8	9	6	8
Segurança	10,6	6	8	8	8
Aparência	3,2	3	5	6	9
Custos	21	7	9	1	8
Pontos	100	641,8	729,5	643,4	826,3
Grau de Satisfação Relativa (%)	100	64,18	72,95	64,34	82,63

Figura 5.15 - Avaliação das concepções, segundo critérios de características desejáveis.

Para cada uma das concepções, dá-se uma nota em relação às características desejadas. Ao final, são multiplicadas as notas pelos pesos, resultando no número de pontos (penúltima linha). Na última linha, tem-se a porcentagem de pontos para cada concepção, a qual representa o grau de satisfação.

A concepção n°1 possui o problema de manobrabilidade em terrenos ondulados, devido ao avanço dianteiro, e má aparência, sendo a concepção de menor número de pontos. Em seguida, a concepção n°3 tem a grande desvantagem do alto custo de aquisição e manutenção para o sistema hidráulico. A concepção n°2 tem uma limitação no torque, devido à utilização de um variador de velocidades do tipo contínuo de correias. Assim, a concepção n°4 obteve o maior número de pontos, e

entre todas, é a que satisfaz melhor às necessidades.

5.6 - DESCRIÇÃO GERAL DA CONCEPÇÃO ESCOLHIDA

Após a avaliação das diversas concepções geradas pelo grupo de projeto, construiu-se um modelo reduzido da concepção escolhida, em escala 1:10. O objetivo do modelo é prever alguns problemas de viabilidade física, funcionamento e aparência, e resolvê-los antes de iniciar o projeto preliminar. A figura 5.16 mostra o desenho do modelo construído, e deve ser consultada à medida que se descreve a concepção escolhida para o microtrator.

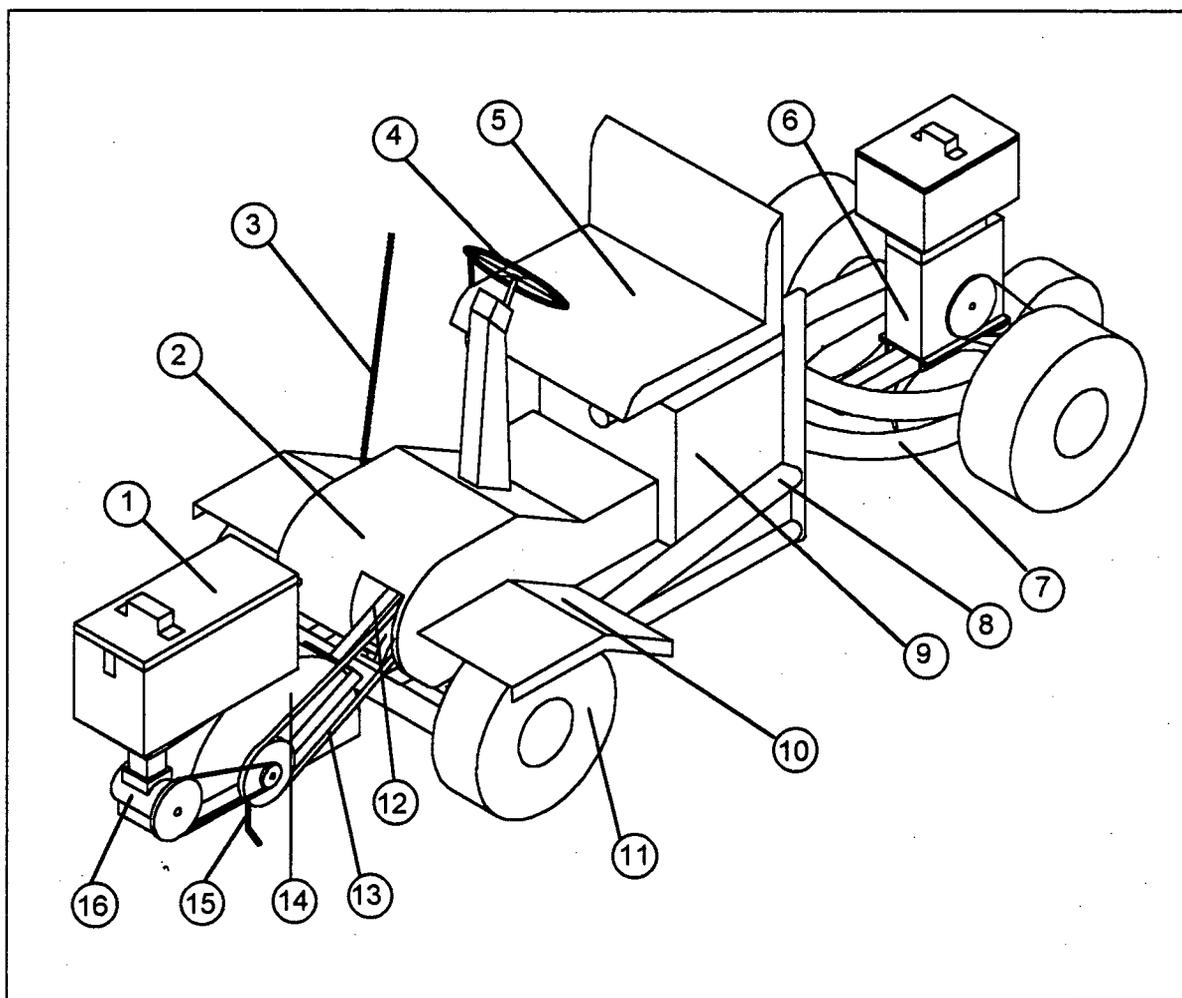


Figura 5.16 - Esboço do modelo reduzido do microtrator.

O microtrator é dividido em duas partes, a dianteira (tração e preparo de sulcos adubados) e a traseira (porta-implemento e implemento), unidas por uma rótula que, além de articular a máquina, permite um giro longitudinal, evitando que uma das rodas perca o contato em terrenos irregulares. A parte traseira, composta pelo porta-implemento (7) e implemento (6), a rótula e o sistema de direção faz parte de outra dissertação, e não é descrita neste trabalho.

O microtrator possui como estrutura um chassi tubular (8), onde são montados os módulos de transmissão de potência, preparo de sulcos adubados e comando. A carenagem superior (2), esconde a parte da transmissão de potência composta pela caixa de câmbio, polias, correias e embreagens, e serve de proteção. O motor (9) transmite potência para o sistema de preparo de sulcos e para as rodas de tração (11).

O banco do operador (5) é localizado acima do motor e o volante (4) é inclinado. Do lado direito está a alavanca (3) de levantamento do módulo de preparo de sulcos. Os pára-lamas (10) servem de apoio para os pés.

No módulo de preparo de sulcos, as enxadas rotativas (15) recebem potência através da transmissão por corrente (13) e transmitem para o dosador de adubo (16). O reservatório (1) fornece adubo para o dosador, e a proteção das enxadas rotativas (14) mantém a terra no sulco. Todo módulo é suportado pelo garfo (12), que ao se articular em torno de um eixo montado sobre o chassi, ergue as enxadas rotativas e interrompe o preparo dos sulcos.

Capítulo VI

PROJETO PRELIMINAR

6.1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo, apresenta-se o dimensionamento do sistema de transmissão, desde o cálculo das forças e potência nas enxadas rotativas até os ábacos de velocidades do microtrator, com as faixas de rotações em cada eixo.

Chega-se a uma configuração da máquina, com o cálculo do centro de gravidade e a análise da estabilidade. As dimensões principais são especificadas e o raio de giro é calculado. O projeto preliminar será a base para o detalhamento do microtrator.

O dimensionamento dos elementos mecânicos do microtrator é baseado nas referências [2, 69, 70, 71, 72, 73, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 92].

6.2 - POTÊNCIA REQUERIDA PELAS ENXADAS ROTATIVAS NO PREPARO DE SULCOS

O módulo de preparo de sulcos, mostrado na figura 6.1, é montado sobre mancais fixos na dianteira do chassi. Estes mancais permitem levantar todo o implemento do solo e interromper o preparo.

No estudo das enxadas rotativas, seguem-se as orientações dadas por Bernacki *et alli* [69] e Lam Van Hai [70]. A seguir, estudam-se as forças e a potência requerida pelas enxadas rotativas.

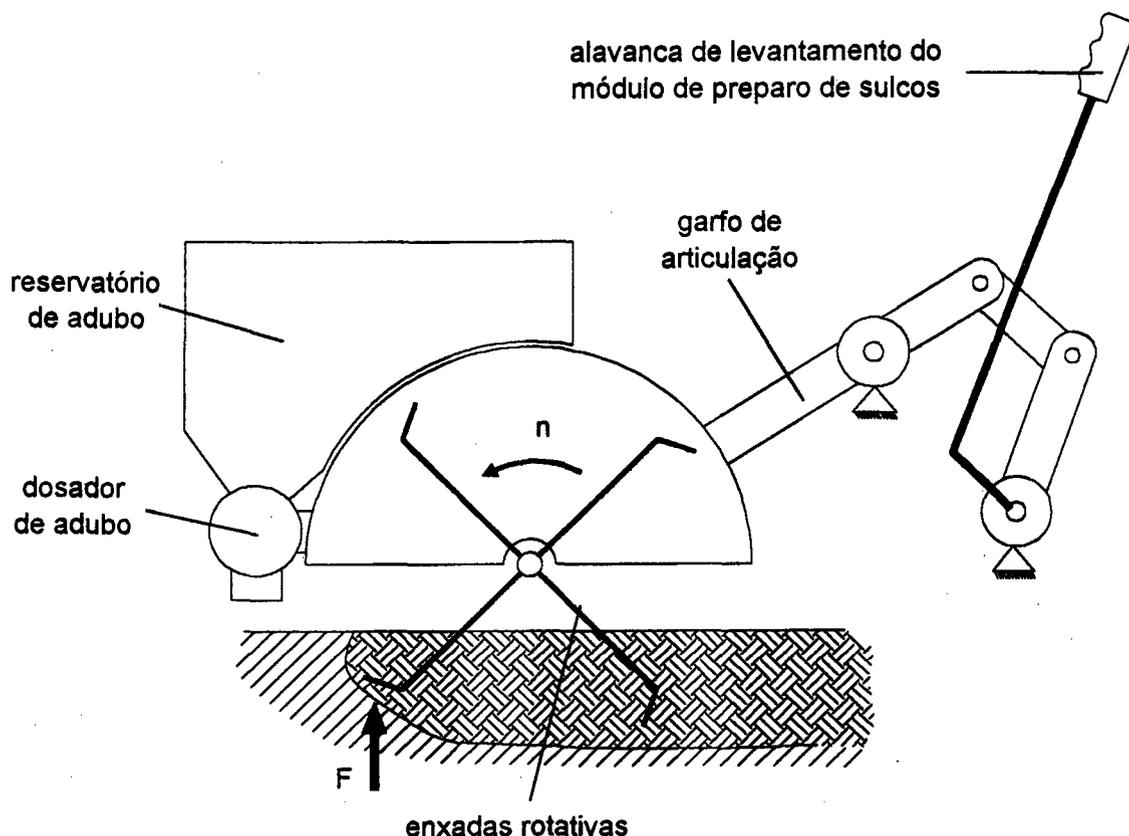


Figura 6.1 - Desenho esquemático do módulo de preparo de sulcos.

6.2.1 - Cinemática das Enxadas Rotativas

Em máquinas rotativas, a localização do eixo de rotação em relação à direção do movimento do implemento e à superfície do solo, bem como a direção de rotação em relação à direção de tráfego, são de significativa importância. Rotações em concordância com a direção de movimentação são chamadas revoluções concorrentes, as opostas à direção são chamadas revoluções reservas. Os elementos de trabalho das enxadas rotativas, chamados de facas, são agrupados em conjuntos, de forma que um, dois, três ou quatro elementos operam em um plano. A ação dos elementos de trabalho, com revoluções concorrentes, consiste em cortar torrões de terra e jogá-los para trás.

Aproveitando a experiência obtida com a Sulcadora Adubadora (capítulo III), utilizou-se o eixo de rotação na horizontal e perpendicular à direção de tráfego, com rotações concorrentes. Neste caso, as facas da rotativa descrevem uma cicloide (figura 6.2), cuja equação parametrizada tem a forma

$$\begin{aligned}x &= Vt + R \cos \omega t \\y &= R \sin \omega t\end{aligned}\quad (6.1)$$

onde :

R = raio do conjunto de trabalho;

V = velocidade da máquina;

ω = velocidade angular do conjunto de trabalho;

$\omega t = \alpha$ = ângulo de rotação durante o período t .

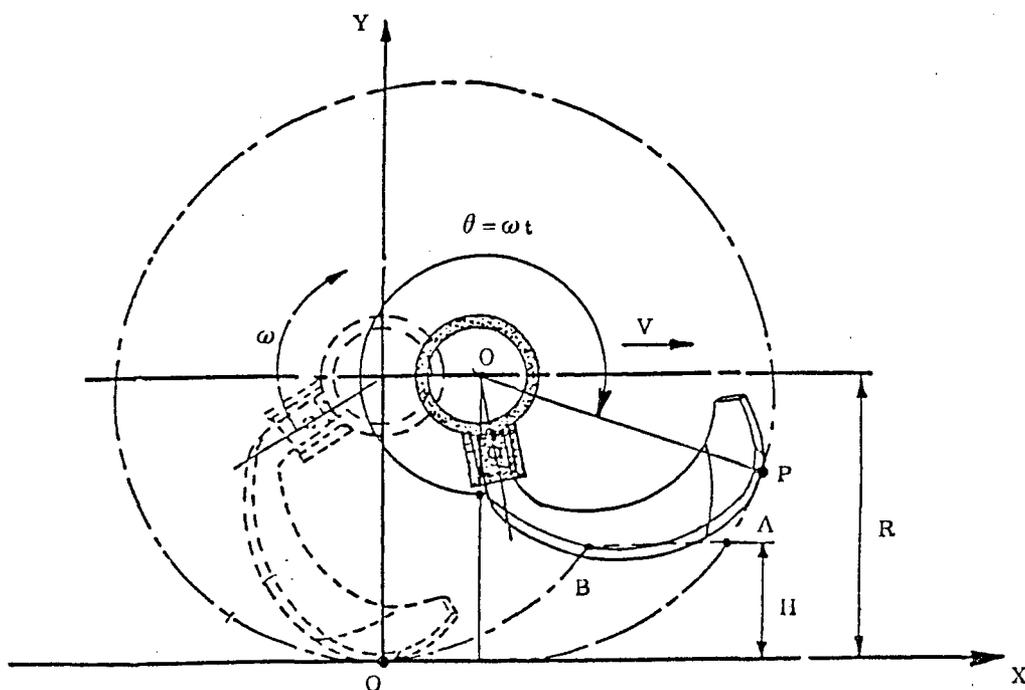


Figura 6.2 - Movimento cicloidial da enxada rotativa.

Utilizou-se como elemento de trabalho das enxadas rotativas, uma faca japonesa chamada "Nata-zume" (figura 6.3). Esta faca curva possui a forma de um "L" que ajuda a cortar o solo com vegetação. Facas deste tipo foram testados por Lam Van Hai [70], apresentando bons resultados. O

raio do conjunto montado é $R=22$ cm e recomenda-se uma rotação para as enxadas rotativas variando de 200 a 300 rpm.

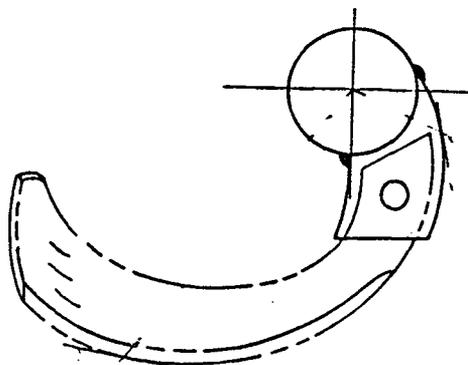


Figura 6.3 - Faca Curva "Nata-zume".

Os cortes são limitados por duas cicloides operando sucessivamente. O comprimento de solo cortado "P" pode ser calculado de acordo com uma das fórmulas seguintes:

$$P = 10 \frac{V \cdot 60}{n \cdot Z} \quad (\text{dm})$$

$$P = \frac{V}{u} \frac{2\pi \cdot R}{Z} \quad (\text{dm}) \quad (6.2)$$

onde:

V = velocidade de tráfego do implemento (m/s);

u = velocidade periférica do elemento de trabalho (m/s);

n = número de rotações do conjunto de trabalho (rpm);

R = raio externo do conjunto (dm);

Z = número de elementos operando em um plano de corte.

O comprimento de solo trabalhado P depende da taxa de velocidade u/V , quanto maior a taxa, menor é o passo de terra cortado. A tabela 6.1 mostra os parâmetros utilizados no projeto do módulo de preparo de sulcos.

PARÂMETROS	NOTAÇÕES E VALORES
rotação do eixo da rotativa	$n = 200 \text{ rpm}$
velocidade de tráfego da máquina	$V = 1 \text{ m/s}$
velocidade angular do eixo	$\omega = \frac{n \cdot 2\pi}{60} = \frac{200 \cdot 2\pi}{60} = 20,9 \text{ rd/s}$
raio do conjunto de trabalho	$R = 22 \text{ cm} = 2,2 \text{ dm}$
velocidade periférica do conjunto	$u = \omega \cdot R = 20,9 \times 0,22 = 4,6 \text{ m/s}$
profundidade máxima do sulco	$H = 15 \text{ cm} = 1,5 \text{ dm}$
largura do sulco	$b = 8 \text{ cm} = 0,8 \text{ dm}$
taxa de velocidade	$\frac{u}{V} = \frac{4,6}{1} = 4,6$
número de elementos de trabalho (facas)	$Z = 4$
comprimento de corte	$P = \frac{V \cdot 2\pi \cdot R}{u \cdot Z} = \frac{1 \cdot 2\pi \cdot 2,2}{4,6 \cdot 4} = 0,75 \text{ dm}$

Tabela 6.1 - Parâmetros utilizados para o preparo de sulcos.

6.2.2 - Cálculo da Força e Potência nas Enxadas Rotativas

Nas máquinas passivas, tais como arados, grades e outros, a força de corte é calculada a partir da resistência específica do solo, levando em conta a seção transversal das fatias do sulco cortadas ou a largura de trabalho da ferramenta. Já em máquinas rotativas, a força de corte, determinada pela força periférica F , depende de muitos parâmetros de trabalho da máquina e não pode ser calculada tão simplesmente quanto nas máquinas passivas.

A força periférica F , agindo sobre a faca, é mais facilmente calculada a partir do trabalho específico A_c , ou seja o trabalho desempenhado pela máquina durante uma revolução do conjunto de trabalho, cortando um certo volume de solo.

O trabalho específico A_c é dado pela equação

$$A_c = \frac{M \cdot 2\pi}{Z \cdot P \cdot b \cdot H} \pm \frac{0,1K_x}{H \cdot b} \quad (\text{kgf.m/dm}^3) \quad (6.3)$$

onde:

M = torque médio do eixo dos conjuntos de trabalho (kgf.m);

K_x = força de esforço da máquina, componente da resistência ao corte paralela à direção de tráfego da máquina (kgf);

Z = número de elementos de trabalho operando em um mesmo plano;

P = comprimento da fatia de solo (dm);

H = profundidade de trabalho (dm);

b = largura de trabalho da máquina (dm).

Se a componente K_x é direcionada para trás, isto é, produz resistência, então o sinal positivo (+) é colocado em K_x ; se esta é direcionada para frente, isto é, a resistência é uma força puxando, o sinal menos (-) é utilizado. Mais frequentemente, entretanto, a força puxando é menor quando a enxada começa a penetrar no solo, e neste caso o trabalho desta força é perdido. O segundo termo na equação (6.3) é descartado e o trabalho específico é calculado apenas a partir do torque sozinho. O trabalho específico A (sem o trabalho da força K_x) é

$$A = \frac{M \cdot 2\pi}{Z \cdot P \cdot b \cdot H} \quad (\text{kgf.m/dm}^3) \quad (6.4)$$

e consiste do trabalho estático A_0 e o trabalho dinâmico A_B ,

$$A = A_0 + A_B \quad (\text{kgf.m/dm}^3). \quad (6.5)$$

O trabalho específico estático é o realizado no corte das fatias do solo, e pode ser calculado através da resistência específica do solo K_0 , pela fórmula

$$A_0 = 0,1 C_0 K_0 \quad (\text{kgf.m/dm}^3) \quad (6.6)$$

onde:

K_0 é a resistência específica do solo;

C_0 é uma constante adimensional que relaciona tipo de ferramenta, solo e máquina.

A tabela 6.2 mostra diversos valores de K_0 e a tabela 6.3 indica uma faixa de valores para C_0 , nas condições mais próximas do uso desejado para as enxadas rotativas no plantio direto.

K_0 (kgf/ dm ²)	Tipo de Solo
20-30	solo leve
30-50	solo médio firme
50-70	solo firme (duro)
> 70	solo muito duro

tabela 6.2 - Resistência específica do solo K_0 (Bernacki *et alli* [69]).

$C_0 = 1,5$ a $3,0$; $\alpha_u = 300$ a 400 kg.s ² /m ⁴
tipo de máquina = cultivador rotativo
tipo de faca = curva
profundidade de trabalho = 5 a 15 cm
comprimento de corte ou passo = 6 a 15 cm
solo = campina

Tabela 6.3 - Constante adimensional C_0 e coeficiente de resistência dinâmica α_u , que relacionam tipo de ferramenta, solo e máquina (Bernacki *et alli* [69]).

O trabalho específico dinâmico pode ser expresso em função da velocidade periférica pela fórmula

$$A_B = 0,001 \cdot \alpha_u \cdot u^2 \quad (\text{kgf.m/dm}^3) \quad (6.7)$$

onde:

α_u é o coeficiente de resistência dinâmica em relação à velocidade periférica (kg.s²/m⁴);

u é a velocidade periférica das enxadas rotativas (m/s).

O valor de α_u é dado na tabela 6.3, para as mesmas condições de C_0 . Com os parâmetros da

tabela 6.1 e adotando os valores para a resistência específica do solo $K_0 = 35 \text{ kgf/dm}^2$ (tabela 6.2, solo médio firme), a constante $C_0 = 2$ e o coeficiente de resistência dinâmica $\alpha_u = 300 \text{ kgf.s}^2/\text{m}^4$ (tabela 6.3), tem-se que o trabalho específico estático A_0 (equação 6.6) é

$$A_0 = 0,1 \cdot C_0 \cdot K_0 = 0,1 \times 2 \times 35 = 7 \text{ kgf.m/dm}^3;$$

e o trabalho específico dinâmico A_B (equação 6.7),

$$A_B = 0,001 \cdot \alpha_u \cdot u^2 = 0,001 \times 300 \times (4,6)^2 = 6,35 \text{ kgf.m/dm}^3;$$

assim o trabalho específico total A vale

$$A = A_0 + A_B = 7 + 6,35 = 13,35 \text{ kgf.m/dm}^3.$$

A partir do trabalho específico A , realizado pelas enxadas rotativas, pode-se calcular a força periférica F agindo sobre a faca pela fórmula:

$$F = 10 \cdot A \cdot \frac{V}{u} \cdot H \cdot b \quad (\text{kgf}). \quad (6.8)$$

Para o presente caso, a força periférica é

$$F = \frac{10 \text{ dm}}{\text{m}} \cdot 13,35 \frac{\text{kgf} \cdot \text{m}}{\text{dm}^3} \cdot \frac{1 \text{ m/s}}{4,6 \text{ m/s}} \cdot 1,5 \text{ dm} \cdot 0,8 \text{ dm} = 34,8 \text{ kgf}.$$

No cálculo da potência do trator N_c , consumida pelas enxadas rotativas, tem-se que:

$$N_c = \frac{10}{75 \eta_c \eta_z} \cdot A \cdot H \cdot b \cdot V \quad (\text{hp}) \quad (6.9)$$

onde:

H = profundidade de trabalho (dm);

b = largura de trabalho da enxada rotativa (dm);

V = velocidade de trabalho (m/s);

η_c = eficiência do trator, correspondendo aproximadamente a 0,9 para revoluções concorrentes;

η_z = coeficiente incluindo uma reserva de potência, variando de 0,7 a 0,8.

Considerando uma eficiência para o trator $\eta_c = 0,9$, recomendada para revoluções

concorrentes, e um coeficiente de reserva de potência $\eta_z = 0,75$, pode-se calcular a potência consumida nas enxadas rotativas e, a partir dos parâmetros fornecidos na tabela 6.1, tem-se que

$$N_c = \frac{10}{75 \times 0,9 \times 0,75} \times 13,35 \times 1,5 \times 0,8 \times 1 = 3,16hp.$$

Assim, a escolha de um motor de 8 hp mostrou-se adequada, sendo que aproximadamente 3hp são utilizados pelas enxadas rotativas e o restante fica disponível para tração e outros implementos.

6.2.3 - Arranjo entre os Elementos de Trabalho

O arranjo entre as facas da enxada rotativa deve ser feito de tal maneira que se obtenham flutuações mínimas da força periférica e do torque do eixo. Segundo Bernacki *et alli* [69], o arranjo das facas no cubo da rotativa deve obedecer aos seguintes requisitos:

- o intervalo angular entre as facas das rotativas será sempre no sentido de fazê-las penetrarem no solo individualmente e nos mesmos intervalos de tempo;
- as distâncias entre as facas adjacentes serão tão longas quanto possível, para prevenir o entupimento com torrões de terra nos vãos entre elas, o que poderá gerar um vértice adicional de forças e o incremento das resistências.

Seguindo estes requisitos, utilizaram-se 4 facas defasadas de 90° em um único conjunto, sem facas adjacentes.

6.3 - CADEIA CINEMÁTICA PARA A TRANSMISSÃO DE POTÊNCIA

A potência gerada pelo motor do microtrator segue basicamente dois caminhos, um até as rodas de tração e outro até o módulo de preparo de sulcos. Em cada um destes caminhos são necessários elementos mecânicos, que transmitam e regulem as rotações e os torques até os conjuntos de trabalho. A seguir, tem-se o estudo cinemático da transmissão de potência no microtrator.

6.3.1 - Transmissão para as rodas

No microtrator são necessárias as velocidades de 270m/h, para o transplante de mudas, e 3,6km/h para semeadura. Segundo Back *et alli* [73], a velocidade do trator é calculada como:

$$V_R = \frac{2\pi r_d \cdot n \cdot (1-e)}{60 i_{total}} \quad (6.10)$$

onde:

V_R = velocidade do trator (m/s);

r_d = raio dinâmico (m);

n = rotação do motor (rpm);

e = índice de escorregamento $\cong 0,05$;

i_{total} = relação de transmissão total.

Considerando que a roda a ser utilizada possui um raio dinâmico de aproximadamente $r_d=20\text{cm}$ e a rotação de trabalho do motor é $n = 2500$ rpm (rotação para o torque um pouco menor que o máximo), pode-se calcular, a partir da equação (6.10), que para a velocidade de transplante ($V_R=270\text{m/h}=0,075\text{m/s}$), a relação de transmissão total será:

$$i_{total1} = \frac{2\pi \cdot 0,20 \cdot 2500 \cdot (1-0,05)}{60 \cdot 0,075} \cong 663;$$

e para velocidade de semeadura ($V_R = 3,6 \text{ km/h} = 1 \text{ m/s}$),

$$i_{total2} = \frac{2\pi \cdot 0,20 \cdot 2500 \cdot (1-0,05)}{60 \cdot 1} \cong 50.$$

Como a razão entre a relação de transmissão total para o transplante de mudas, i_{total1} , e a relação de transmissão total para a semeadura, i_{total2} , é

$$\frac{i_{total1}}{i_{total2}} = \frac{663}{50} \cong 13,$$

seria necessária uma caixa de marchas cuja razão entre as reduções na marcha lenta e na rápida fosse pelo menos perto deste valor. Tal caixa de marchas não se encontra disponível no mercado e, portanto, optou-se por uma caixa de redução opcional a ser utilizada nas baixas velocidades do transplante de mudas.

A tabela 6.4 descreve os elementos da cadeia cinemática adotada, com as respectivas reduções, na transmissão de potência para as rodas de tração.

ELEMENTO DE TRANSMISSÃO	RELAÇÃO DE TRANSMISSÃO (i)
transmissão por correias em V	2
caixa de marchas	7 (1a.); 4,5 (2a.); 3 (3a.); 2,4 (4a.) ; 2 (5a.)
reductor opcional	1 (rápida); 9 (lenta)
transmissão por correntes	$45/8 = 5,625$
diferencial	1

Tabela 6.4 - Elementos da cadeia cinemática e suas relações de transmissão.

MARCHAS	VELOCIDADE V_R (m/s) COM MOTOR A 2500 rpm	FAIXA DE VELOCIDADES (m/s) PARA ROTAÇÃO DE 1800 A 3600 rpm
1a. marcha (rápida)	0,63	0,45 - 0,91
2a. marcha (rápida)	0,98	0,71 - 1,41
3a. marcha (rápida)	1,47	1,06 - 2,12
4a. marcha (rápida)	1,84	1,33 - 2,65
5a. marcha (rápida)	2,21	1,59 - 3,18
1a. marcha (lenta)	0,07	0,05 - 0,10
2a. marcha (lenta)	0,11	0,08 - 0,16
3a. marcha (lenta)	0,16	0,12 - 0,24
4a. marcha (lenta)	0,20	0,15 - 0,24
5a. marcha (lenta)	0,25	0,18 - 0,35

Tabela 6.5 - Faixas de velocidade para o microtrator.

A figura 6.4 mostra o ábaco de velocidade para o reductor opcional na marcha rápida ($i = 1$) e na marcha lenta ($i = 9$).

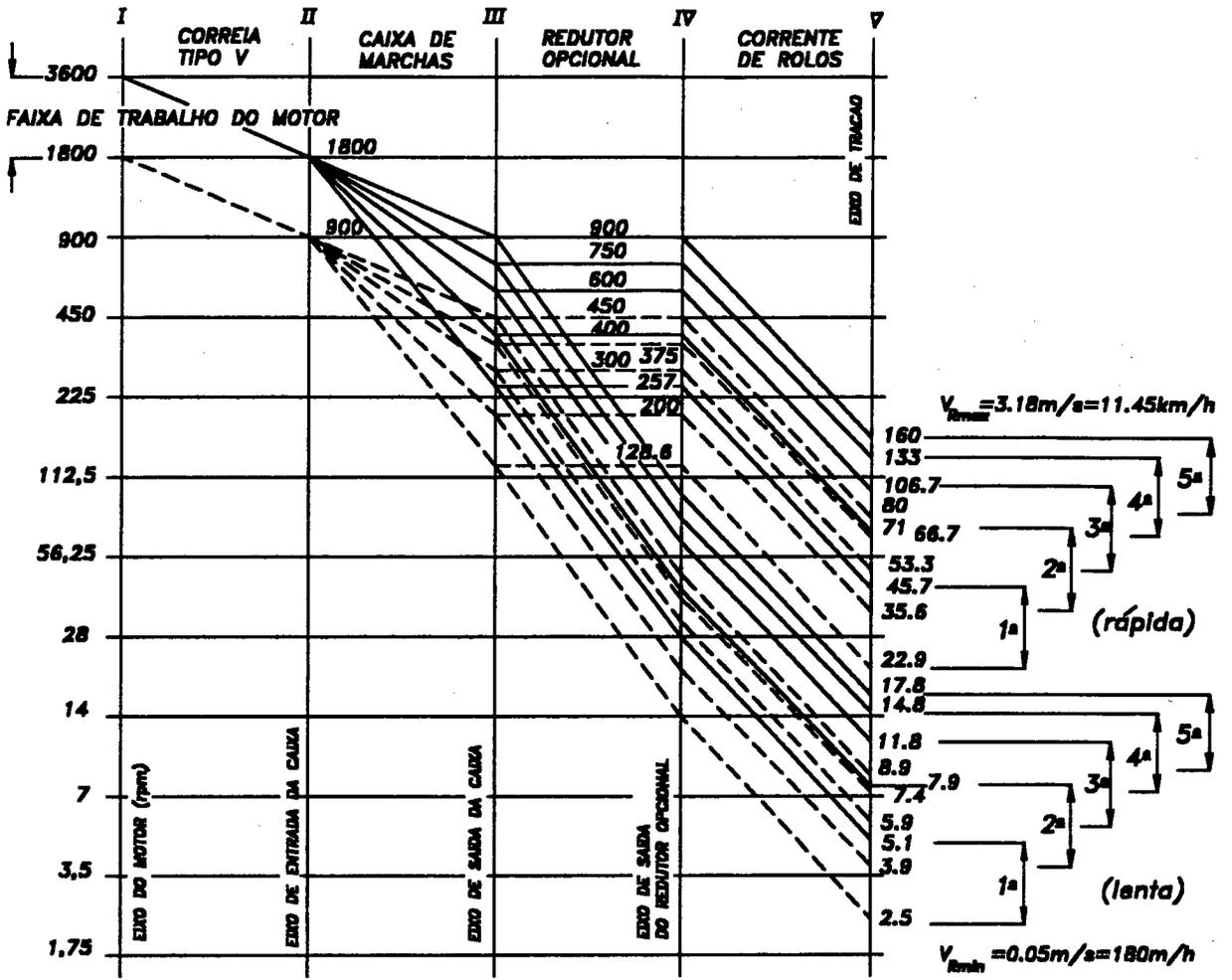


Figura 6.4 - Diagrama de velocidade para o microtrator.

A Figura 6.5 mostra um esquema da cadeia cinemática na transmissão de potência para as rodas.

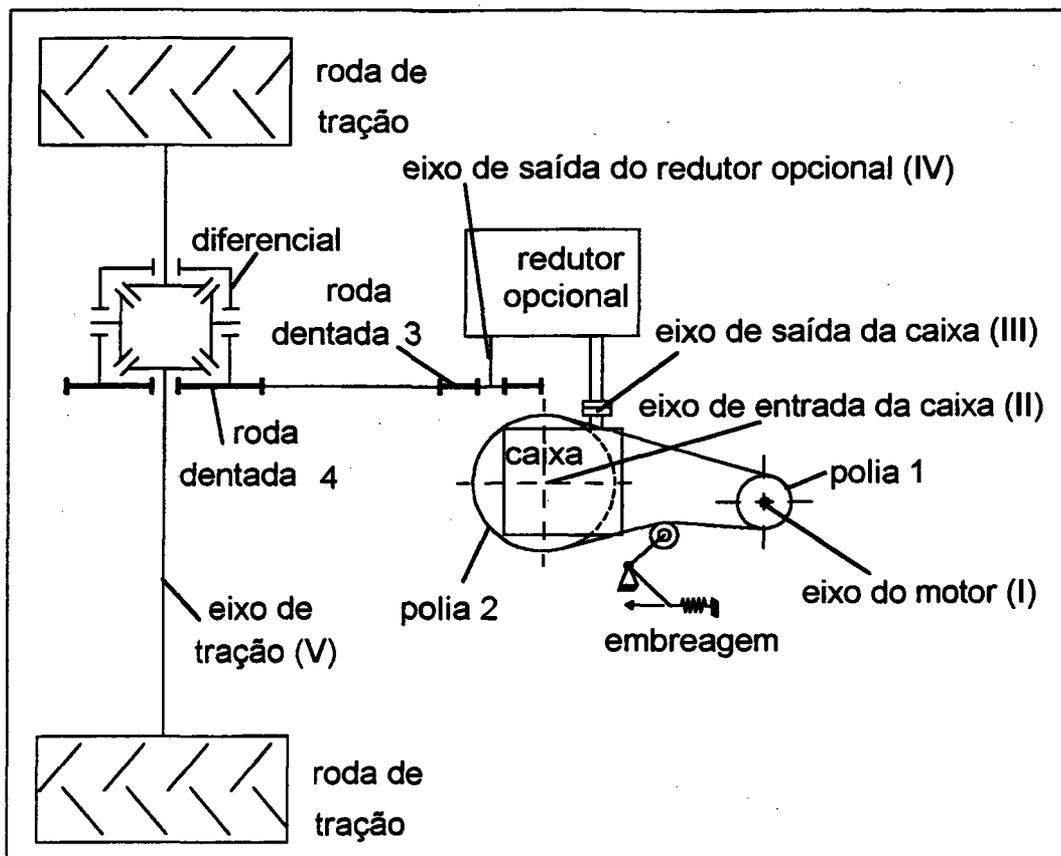


Figura 6.5 - Esquema da cadeia cinemática para transmissão de potência até as rodas.

Uma configuração para as polias e rodas dentadas da figura 6.5 é apresentada na tabela 6.6.

transmissão por correia em V	$i = 2$
polia 1	$\varnothing 100$ mm; tipo A
polia 2	$\varnothing 200$ mm; tipo A
transmissão por corrente de rolos	$i = 5,625$
roda dentada 3	8 dentes; $p = 12,7$ mm
roda dentada 4	45 dentes; $p = 12,7$ mm

Tabela 6.6 - Configuração dos elementos das transmissões por correia e por corrente.

Considerando-se que o motor tem maior eficiência na rotação de 2500 rpm, deseja-se trabalhar nesta rotação. A cadeia cinemática para a rotação de aproximadamente 2500 rpm do motor fornece ao

trator a velocidade necessária ao transplante de mudas (270 m/h) na 1a. marcha e com redutor opcional na lenta; e para a velocidade de semeadura (3,6 km/h) na 2a. marcha, com o redutor opcional na rápida, como mostra a tabela 6.5.

6.3.2 - Transmissão para o Preparo de Sulcos

A figura 6.6 mostra um esquema da cadeia cinemática de transmissão de potência para o preparo de sulcos, cuja configuração é apresentada na tabela 6.7.

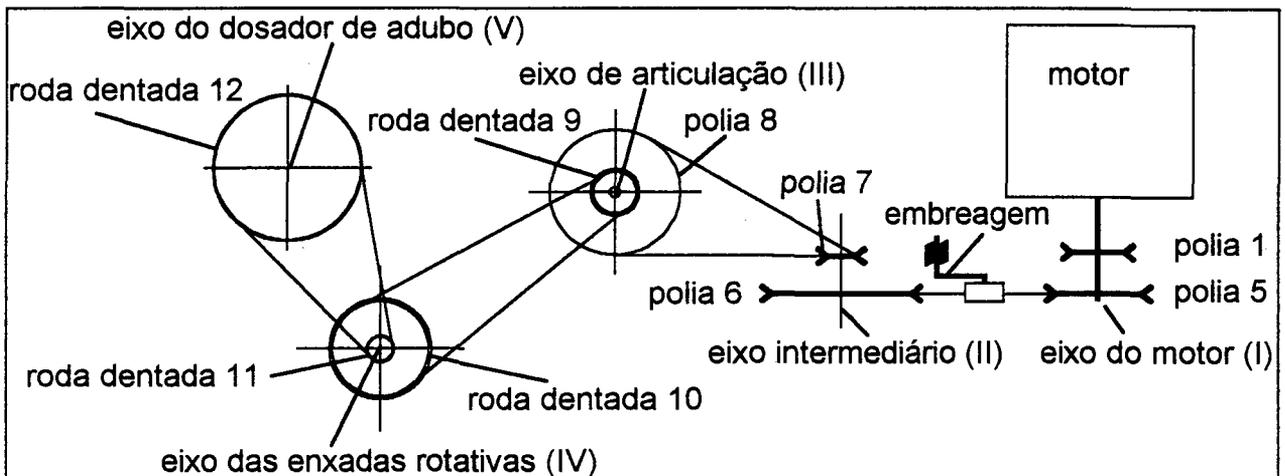


Figura 6.6 - Cadeia cinemática para o preparo de sulcos.

A cadeia cinemática da figura 6.6 foi montada com o objetivo de satisfazer as necessidades de rotação e potência das enxadas rotativas e do dosador de adubo. As rotações em cada um dos eixos do módulo de preparo de sulcos estão calculadas na tabela 6.8.

transmissão por correias em V	$i = 2,5$
polia 5	$\varnothing 100$ mm tipo A
polia 6	$\varnothing 250$ mm tipo A
transmissão por correias em V	$i = 2,5$
polia 7	$\varnothing 80$ mm tipo A
polia 8	$\varnothing 200$ mm tipo A
transmissão por correntes de rolos	$i = 2,3$
roda dentada 9	13 dentes; $p = 15,88$ mm
roda dentada 10	30 dentes; $p = 15,88$ mm
transmissão por correntes de rolos	$i = 5,85$
roda dentada 11	13 dentes; $p = 9,525$
roda dentada 12	76 dentes; $p = 9,525$

Tabela 6.7 - Configuração para os elementos de transmissão do preparo de sulcos.

EIXO	ROTAÇÃO DE TRABALHO	FAIXA DE ROTAÇÕES
EIXO DO MOTOR (I)	2500 rpm	1800 a 3600 rpm
EIXO INTERMEDIÁRIO (II)	1000 rpm	720 a 1440 rpm
EIXO DE ARTICULAÇÃO (III)	400 rpm	288 a 576 rpm
EIXO DA ROTATIVA (IV)	174 rpm	125 a 250 rpm
EIXO DO DOSADOR (V)	29,7 rpm	21,4 a 42,8 rpm

Tabela 6.8 - Rotações nos eixos do módulo de preparo de sulcos.

6.4 - RAIOS DE GIRO PARA O CHASSIS ARTICULADO

Antes de descrever a cinemática do microtrator ao fazer uma curva, Gurevich *et alii* [72] descrevem alguns requisitos importantes para o conjunto de direção, listados a seguir:

- o trator deve fazer a curva com o mínimo de esgorregamento das rodas, quando estas rolam sobre a superfície do solo;
- a direção deve ser dimensionada convenientemente e exigir o menor esforço, isto é, o volante não exigirá um torque excessivo para virar o trator; recomenda-se um volante com raio de aproximadamente 25 cm;
- depois da curva, é interessante que haja um torque que alinhe as rodas;
- o projeto das juntas e engrenagens da direção deve ser simples, possibilitar fácil acesso para manutenção, bom funcionamento e longa vida de serviço.

O rolamento sem deslizamento das voltas sobre o solo, ao mudar a direção do microtrator, é uma indicação de que a curva foi perfeita e sem o desgaste excessivo dos pneus. Ao fazer tal curva, a linha de centro das rodas dianteiras interseccionam a linha de centro das rodas trazeiras em um ponto O (figura 6.7), chamado centro da curva. A distância do ponto O até o meio da bitola do eixo trazeiro é denominada de raio de giro (R).

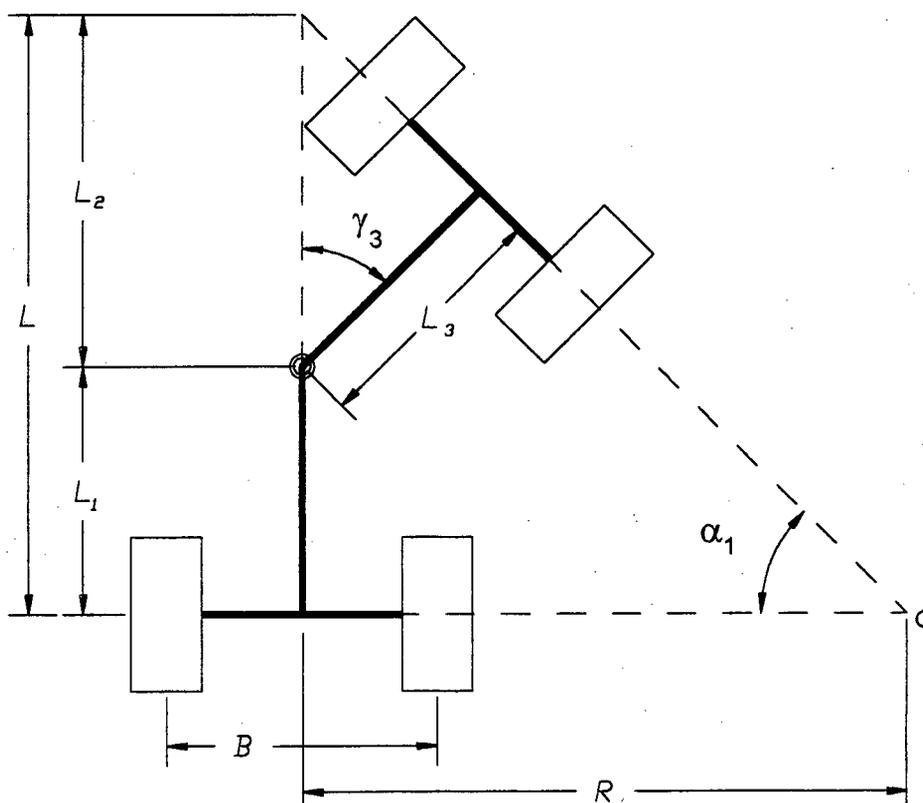


Figura 6.7 - Esquema do microtrator ao fazer uma curva.

Para o microtrator com chassi articulado, o raio de giro (R) é calculado pela equação:

$$R = L \cdot \cotg(\alpha_1) \therefore L = \left(L_1 + \frac{L_3}{\cos \gamma_3}\right) \therefore \alpha_1 = \gamma_3$$

$$R = \left(L_1 + \frac{L_3}{\cos \gamma_3}\right) \cdot \cotg(\gamma_3) \quad (6.11)$$

onde:

L_1 é a distância da linha de centro das rodas trazeiras até a articulação;

L_3 é a distância da linha de centro das rodas dianteiras até a articulação;

γ_3 é o ângulo da articulação.

A partir de um estudo de viabilidade física, prevendo espaço para os módulos de transmissão de potência, comando e implementos, obtêm-se as principais dimensões do chassi, listadas na tabela 6.9.

DIMENSÕES	NOTAÇÕES E VALORES
bitola	B=72cm
distância do eixo dianteiro até a articulação	$L_3=1m$
distância do eixo traseiro até a articulação	$L_1=0,5m$

Tabela 6.9 - Principais dimensões do chassi articulado.

Adotando o valor máximo de 45° para o ângulo γ_3 de giro da articulação do microtrator, e com os dados da tabela 6.9, pode-se calcular o valor do raio de giro (R) dado pela equação (6.11):

$$R = \left(0,5 + \frac{1}{\cos 45^\circ}\right) \cdot \cotg(45^\circ) = 1,9m.$$

6.5 - CENTRO DE GRAVIDADE E ANÁLISE DA ESTABILIDADE

As análises discutidas neste capítulo são feitas, inicialmente, para o caso em que o microtrator está trafegando em linha reta e, posteriormente, para o caso em que está fazendo uma curva. Tais análises fornecem informações do comportamento do microtrator em ladeiras.

6.5.1 - Estimativa do Centro de Gravidade

O centro de gravidade é calculado em relação ao sistema de coordenadas mostrado na figura 6.8, onde os eixos x , y , z são definidos pelas interseções de três planos: o plano horizontal ao nível do solo, o plano médio vertical-longitudinal e o plano vertical-transversal passando pelo eixo de tração.

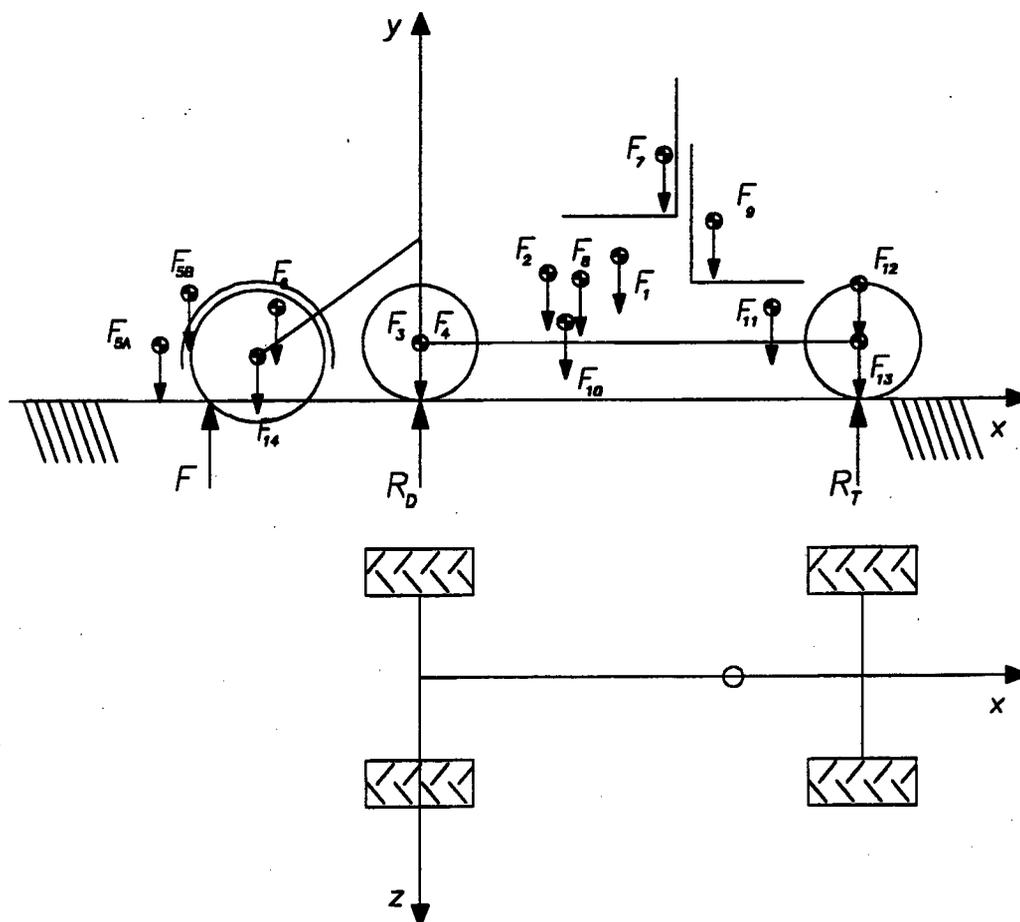


Figura 6.8 - Esquema simplificado do microtrator e o sistema de coordenadas adotado.

Os principais componentes do microtrator tiveram seus respectivos pesos e localização dos centros de gravidade estimados na tabela 6.10, considerando-se inclusive o tratorista (operador 1) e um outro operador, como no caso do transplante de mudas (operador 2).

NOTAÇÃO	COMPONENTE	X_i (m)	Y_i (m)	Z_i (m)	PESO (N)
F ₁	motor	0,68	0,5	0	550
F ₂	caixa	0,44	0,44	-0,04	80
F ₃	diferencial	0	0,2	0	44,5
F ₄	rodas dianteiras	0	0,2	0	100
F _{5A}	conjunto de adubação	-0,75	0,17	0	60
F _{5R}	reservatório + adubo	-0,65	0,35	0	257
F ₆	estrutura de levantamento	-0,35	0,3	0	150
F ₇	operador 1	0,83	0,85	0	800
F ₈	chassis dianteiro	0,55	0,42	0	300
F ₉	operador 2	1	0,62	0	800
F ₁₀	Conjunto de direção	0,5	0,27	0	150
F ₁₁	chassis traseiro	1,2	0,32	0	200
F ₁₂	implemento	1,5	0,4	0	600
F ₁₃	rodas traseiras	1,5	0,2	0	100
F ₁₄	enxadas rotativas	-0,415	0,13	0	50

Tabela 6.10 - Principais componentes do microtrator, seus respectivos pesos e posições do centro de gravidade.

Através do equilíbrio de forças, pode-se determinar a posição (X_{CG} , Y_{CG} , Z_{CG}) aproximada para o centro de gravidade (C.G.), dado pelas equações:

$$\begin{aligned}
 X_{CG} &= \frac{\sum F_i \cdot x_i}{\sum F_i} \\
 Y_{CG} &= \frac{\sum F_i \cdot y_i}{\sum F_i} \\
 Z_{CG} &= \frac{\sum F_i \cdot z_i}{\sum F_i}
 \end{aligned}
 \tag{6.12}$$

Substituindo os valores da tabela 6.10 nas equações (6.12), obtém-se o peso total de 4242,5N e as coordenadas do centro de gravidade do microtrator:

$$\begin{aligned}
 \text{na longitudinal} \quad X_{CG} &= 0,735 \text{ m;} \\
 \text{na vertical} \quad Y_{CG} &= 0,509 \text{ m;} \\
 \text{na transversal} \quad Z_{CG} &= -0,001 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

6.5.2 - Análise da Estabilidade Transversal

Segundo Back *et alli* [92], quando do preparo e cultivo do solo em terrenos com topografia declivosa, a melhor forma de proceder é usar uma rota segundo as curvas de nível. Isto obriga o microtrator a trabalhar com uma inclinação lateral e a análise da estabilidade lateral torna-se importante. A figura 6.9 mostra um esquema do microtrator trabalhando com inclinação lateral.

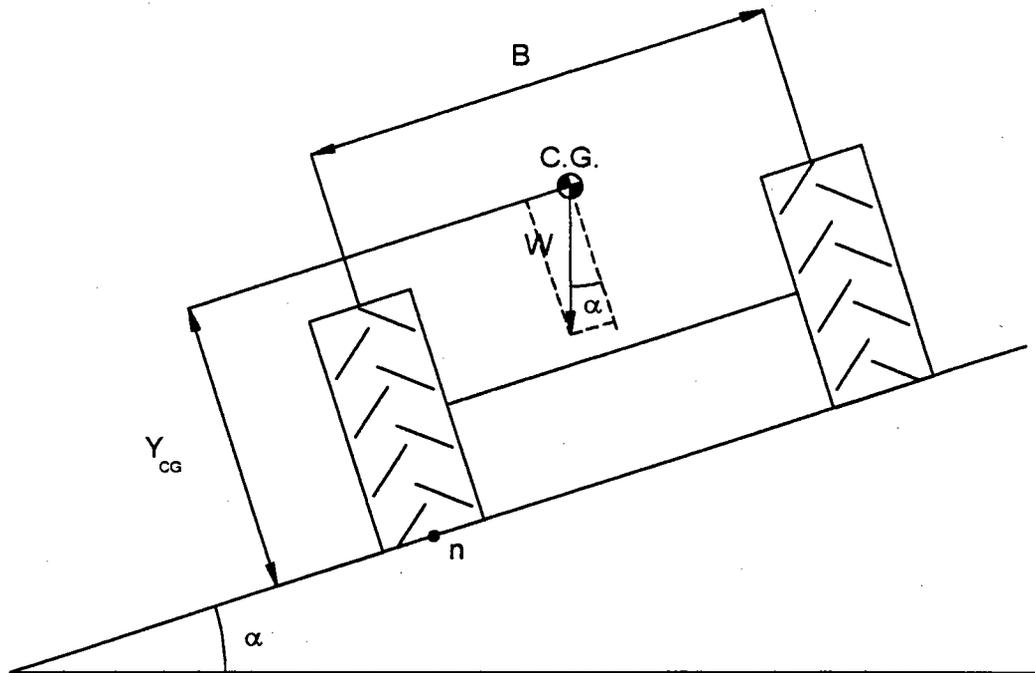


Figura 6.9 - Vista esquemática do microtrator trabalhando com inclinação lateral.

Fazendo o somatório de momentos em torno do ponto n (figura 6.9), tem-se na condição de equilíbrio que:

$$\sum M_n = W \cdot \text{sen} \alpha \cdot Y_{CG} - W \cdot \text{cos} \alpha \cdot \frac{B}{2} = 0$$

$$\frac{W \cdot \text{sen} \alpha}{W \cdot \text{cos} \alpha} = \frac{B}{2 \cdot Y_{CG}} \therefore \text{tg} \alpha = \frac{B}{2 \cdot Y_{CG}}$$

Daí, define-se o aclave transversal máximo, no qual o trator pode trafegar, como

$$a = \text{tg} \alpha = \frac{B}{2 \cdot Y_{CG}} \quad (6.13)$$

onde:

a = aclave do terreno;

B = bitola efetiva;

Y_{CG} = altura do centro de gravidade do microtrator.

Substituindo o valor da bitola, $B = 0,72$ m e a altura do C.G., $Y_{cg} = 0,51$, na equação (6.13), tem-se um aclave máximo de:

$$a = \text{tg} \alpha = \frac{0,72}{2 \cdot 0,51} \cong 0,7 = 70\%$$

A referência [92] recomenda um coeficiente de segurança quanto ao tombamento n na faixa de 1,5 a 2,5. Deste modo, considerando $n=2$, o aclave máximo admissível a_{ad} será:

$$a_{ad} = \frac{a}{n} = \frac{0,7}{2} = 0,35 = 35\%$$

A análise de estabilidade, apresentada acima, é válida, exceto quando em curva, já que no articulado, o polígono de apoio se altera sensivelmente e compromete seriamente a estabilidade. A seguir, analisa-se a estabilidade do microtrator em uma situação limite de curva, quando ele se articula de 45° em uma ladeira, conforme mostrado na figura 6.10.

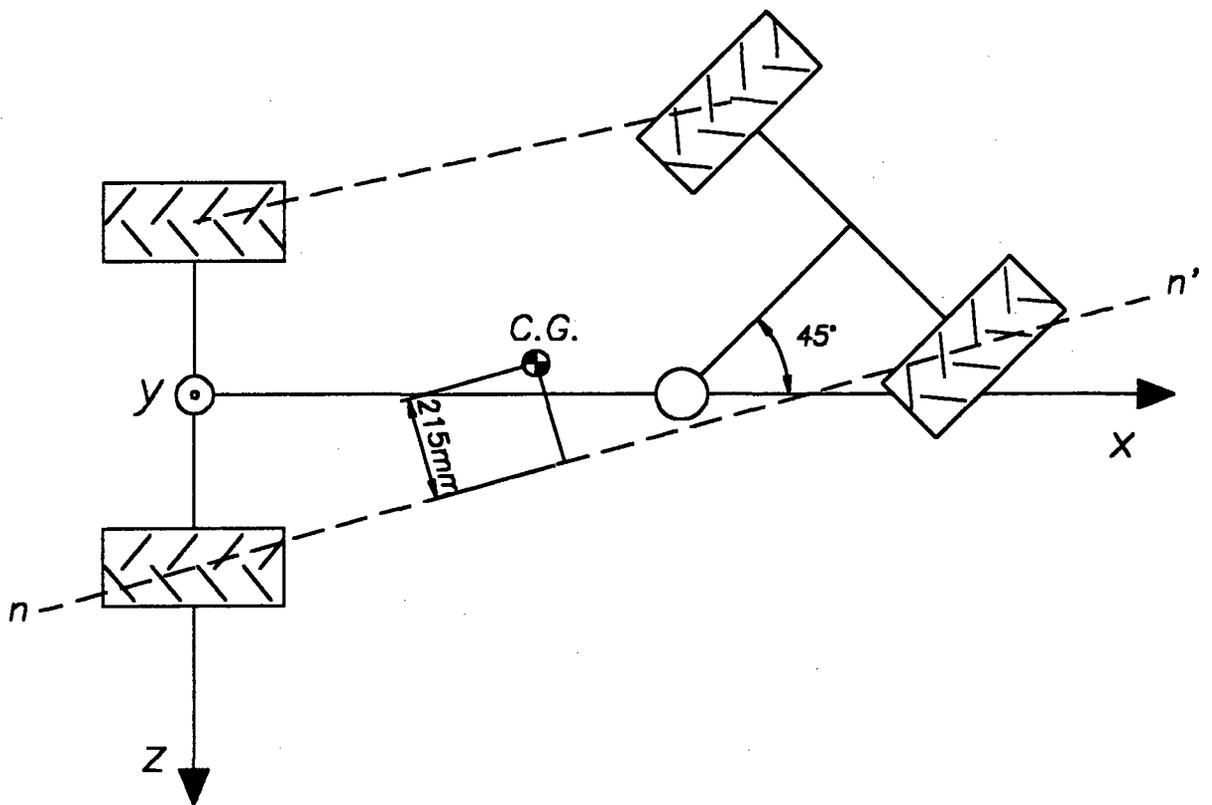


Figura 6.10 - Microtrator articulado de 45° .

A posição do centro de gravidade, mostrada na figura 6.10, pode ser determinada mantendo-se o mesmo sistema de coordenadas utilizado para o cálculo do centro de gravidade do microtrator em linha reta (seção 6.5.1) e substituindo-se na tabela 6.10 as novas posições dos componentes da parte

traseira, apresentadas na tabela 6.11.

NOTAÇÃO	COMPONENTE	X_i (m)	Y_i (m)	Z_i (m)	PESO (N)
F_{11}	chassis traseiro	1,14	0,32	0,14	200
F_{12}	implemento	1,35	0,4	0,35	600
F_{13}	rodas traseiras	1,35	0,2	0,35	100

Tabela 6.11 - Componentes da parte traseira e suas posições para a articulação de 45°.

Utilizando-se as equações (6.12), calcula-se as coordenadas do centro de gravidade do microtrator articulado de 45°:

$$\text{na longitudinal } X_{CG} = 0,705 \text{ m};$$

$$\text{na vertical } Y_{CG} = 0,509 \text{ m};$$

$$\text{na transversal } Z_{CG} = -0,065 \text{ m}.$$

Considerando que o microtrator esteja fazendo uma curva num plano inclinado e tomando o somatório de momentos em torno da linha nn' (figura 6.10), na pior situação tem-se a seguinte condição de equilíbrio:

$$\begin{aligned} \sum M_{nn'} &= W \cdot \text{sen} \alpha \cdot Y_{CG} - W \cdot \cos \alpha \cdot 0,215 = 0 \\ \frac{W \cdot \text{sen} \alpha}{W \cdot \cos \alpha} &= \frac{0,215}{Y_{CG}} \therefore \text{tg} \alpha = \frac{0,215}{0,51} = 0,42 \end{aligned}$$

Daí, o aclive transversal máximo, no qual o trator pode fazer uma curva, articulado de 45°, é:

$$a = \text{tg} \alpha = 0,42 = 42\%.$$

Considerando, novamente, o coeficiente de segurança contra tombamento (n) igual a 2, o aclive máximo admissível a_{ad} , no qual o trator pode fazer uma curva, articulado de 45°, será:

$$\alpha_{ad} = \frac{a}{n} = \frac{0,42}{2} = 0,21 = 21\%.$$

Capítulo VII

PROJETO DETALHADO E CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

7.1 - INTRODUÇÃO

No projeto detalhado, apresentam-se as especificações técnicas necessárias para a construção do protótipo. O microtrator foi decomposto em módulos, cada módulo foi dividido em conjuntos e o conjunto separado em subconjuntos. A partir do subconjunto, são detalhadas as peças e componentes da máquina.

Com o objetivo de melhorar a organização do projeto, tanto na documentação como na construção do protótipo, elaborou-se uma codificação para os desenhos técnicos, baseada nos seguintes requisitos para o código:

- possuir no máximo 8 dígitos, correspondente ao tamanho máximo para o nome de um arquivo de desenho do AutoCad;
- localizar a peça nos devidos subconjuntos, conjuntos e módulos;
- conter informações sobre a forma inicial da peça bruta;
- fornecer informações sobre as principais operações de fabricação da peça;
- diferenciar peças semelhantes em um mesmo subconjunto.

Esta codificação é apresentada no apêndice 2, junto com os desenhos técnicos do microtrator. Maiores informações sobre sistemas de codificação e tecnologia de grupo podem ser obtidas nas referências [74, 75].

Segundo Pahl-Beitz [1], no projeto detalhado aplicam-se três regras básicas: clareza, simplicidade e segurança. Seguindo estas regras, muitos estudos foram desenvolvidos e deram origem a uma coletânea de princípios de projeto, tais como seleção de materiais, projeto para manufatura, projeto para montagem, projeto para manutenibilidade, projeto para segurança, projeto modular, etc.. As referências [1, 5, 29, 34, 35, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 86, 87] trazem várias recomendações, regras

gerais e princípios básicos de projeto, os quais o projetista deve ter em mente na hora do detalhamento, prevendo, assim, modificações necessárias e econômicas, antes que o produto chegue na fase de produção e mercado.

Nas seções seguintes, mostram-se o detalhamento e a construção dos módulos do microtrator. O módulo de preparo de sulcos está detalhado e sua construção fará parte de outra dissertação.

7.2 - MÓDULO DE PREPARO DE SULCOS

O módulo de preparo de sulcos é composto por três conjuntos principais: o conjunto de adubação, o conjunto de lavra e o conjunto estrutural.

O conjunto de adubação é composto pelo dosador de adubo e o reservatório de adubo. O dosador de adubo encontra-se detalhado no capítulo III. O reservatório (figura 7.1) têm capacidade para 20 litros de adubo e é construído com chapas de aço de 1,52 mm, dobradas e rebitadas.

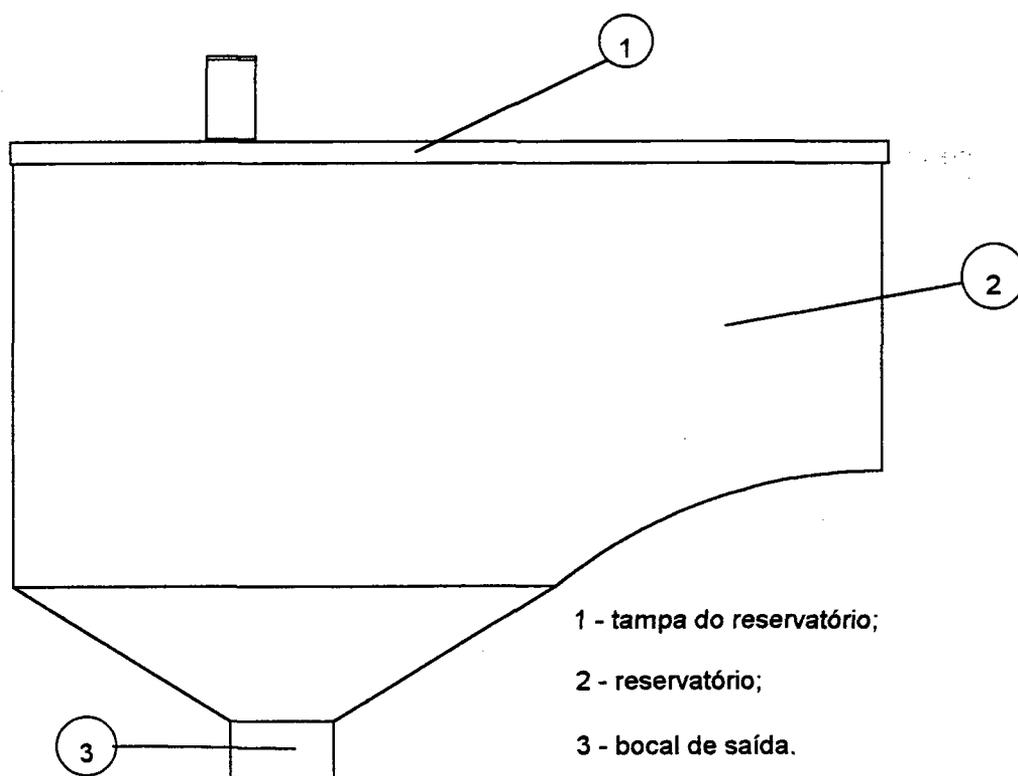


Figura 7.1 - Vista lateral do reservatório de adubo.

O conjunto de lavra constituiu-se das enxadas rotativas (figura 7.2) e do pára-lama (figura 7.3) de contenção de terra. As facas (17) e (18) da enxada rotativa são montadas em encaixes soldados em um cubo (16). O cubo é chavetado em um eixo (11) de aço, apoiado em dois mancais de rolamentos de esfera SKF 6006-2Z (9). Para vedação e proteção dos rolamentos contra sujeira, utilizam-se os anéis Nilos 6006 ZAV (19) e 6006 ZJV (20).

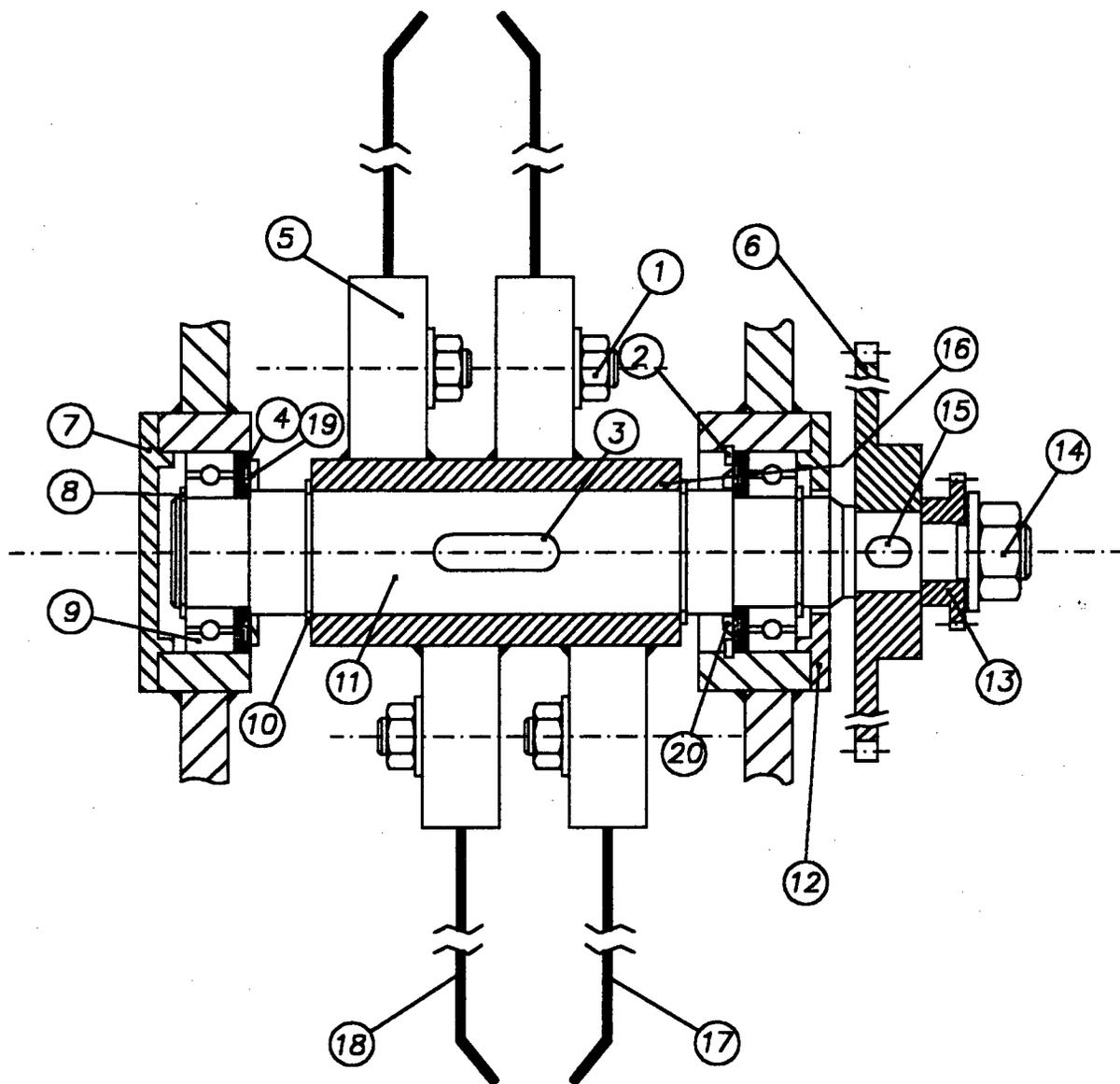


Figura 7.2 - Corte do eixo das enxadas rotativas (lista de peças no apêndice 2).

O pára-lama (figura 7.3) de contenção da terra lavrada pelas enxadas rotativas é constituído de chapas de aço ABNT 1020 com espessura de 2 mm nas placas laterais e 1,56 mm na cobertura. Possui

saias de borracha com espessura de 3 mm. As chapas laterais possuem um corte para a saída do excesso de palha.

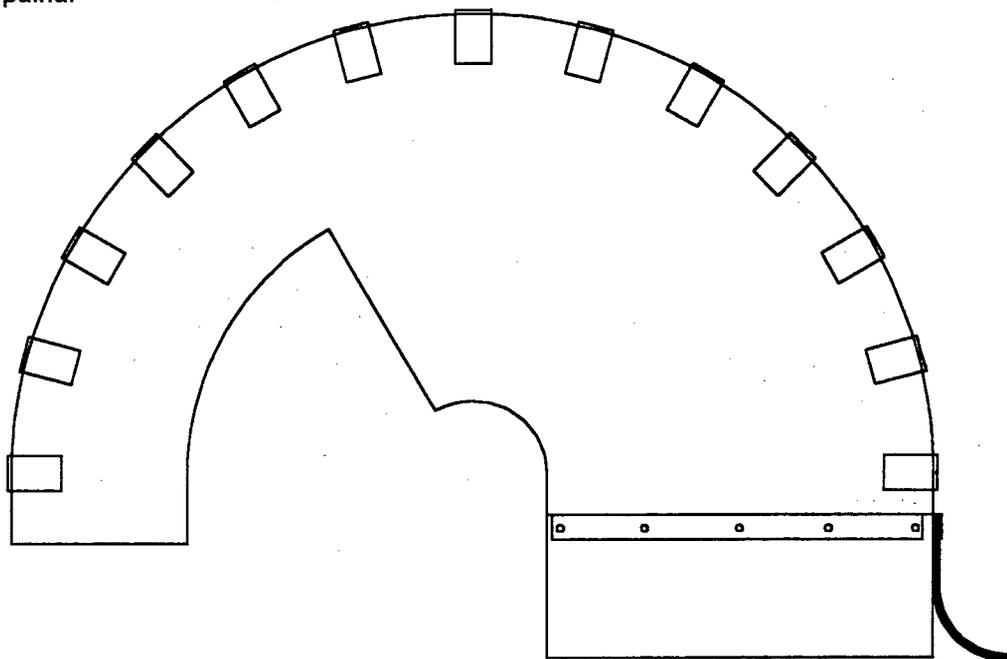


Figura 7.3 - Vista lateral do sistema de contenção de terra.

Todo o sistema de preparo de sulcos é montado no conjunto estrutural, constituído de uma estrutura (figura 7.4), onde são montados o dosador de adubo e as enxadas rotativas, e uma articulação (figura 7.5) que permite levantar as enxadas rotativas e interromper o preparo.

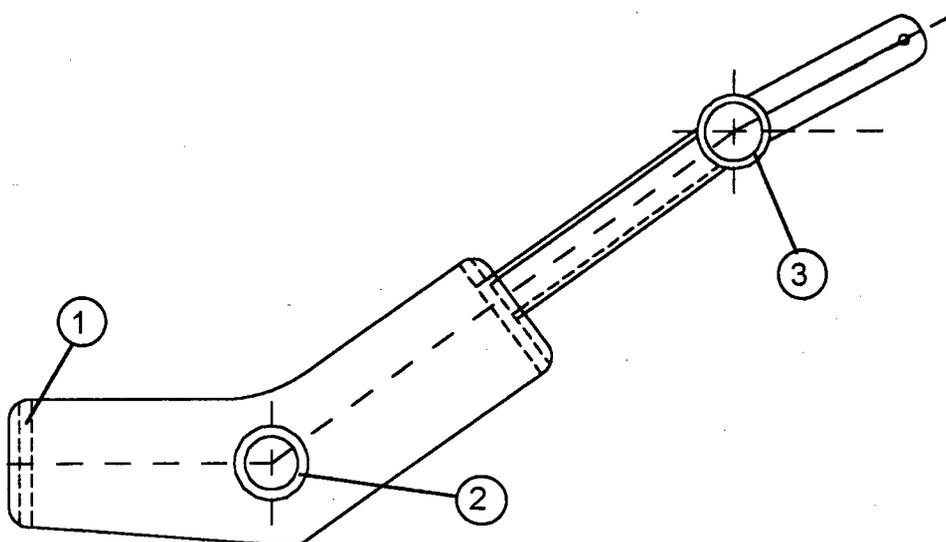


Figura 7.4 - Vista lateral da estrutura de apoio (garfo) do módulo de preparo de sulcos.

A estrutura, apelidada de garfo, é construída com chapas grossas de aço (12,7 mm) e cantoneiras (espessura 8 mm) soldadas. O dosador de adubo é parafusado na placa dianteira (1) e o eixo das enxadas rotativas é apoiado nos mancais (2). O garfo é apoiado através de uma luva (3) montada sobre o eixo de articulação (figura 7.5).

A figura 7.5 mostra um corte da articulação, composto de um eixo principal de aço (8) apoiado sobre rolamentos de esferas SKF 6005-2Z (4), montados no interior de uma bucha (9) de ferro fundido, sobre a qual monta-se a luva do garfo (10). A articulação é parafusada em uma base de chapas grossas (espessura 12,7 mm) de aço soldadas (1), (2) e (3), que, por sua vez, são parafusadas na dianteira do chassis do microtrator.

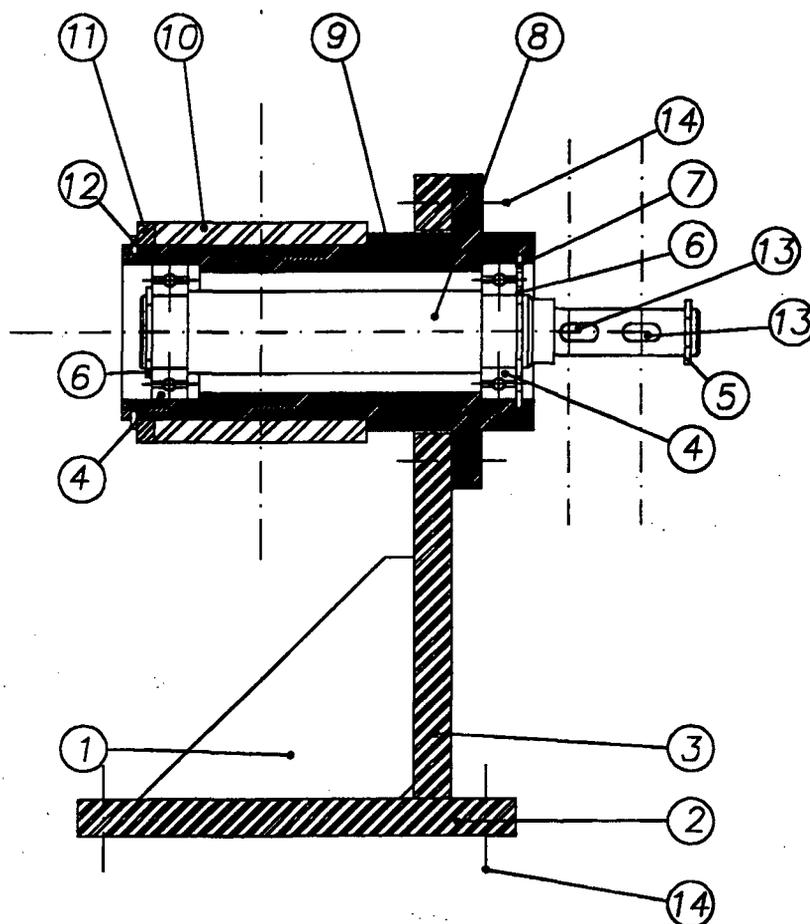


Figura 7.5 - Corte transversal do mancal de articulação do módulo de preparo de sulcos (lista de peças no apêndice 2).

7.3 - MÓDULO DE TRANSMISSÃO DE POTÊNCIA

Do módulo de transmissão de potência, fazem parte o motor, a caixa de marchas, o redutor opcional, as embreagens por polia tensionadora, as transmissões por correias e por correntes de rolos, o diferencial e as rodas de tração.

O motor (figura 7.6) tem potência de 8 hp, rotação no sentido anti-horário quando visto de baixo, 4 tempos, movido a gasolina e é o modelo TVXL 195 fabricado pela Tecumseh. Possui partida manual e opção para partida elétrica.

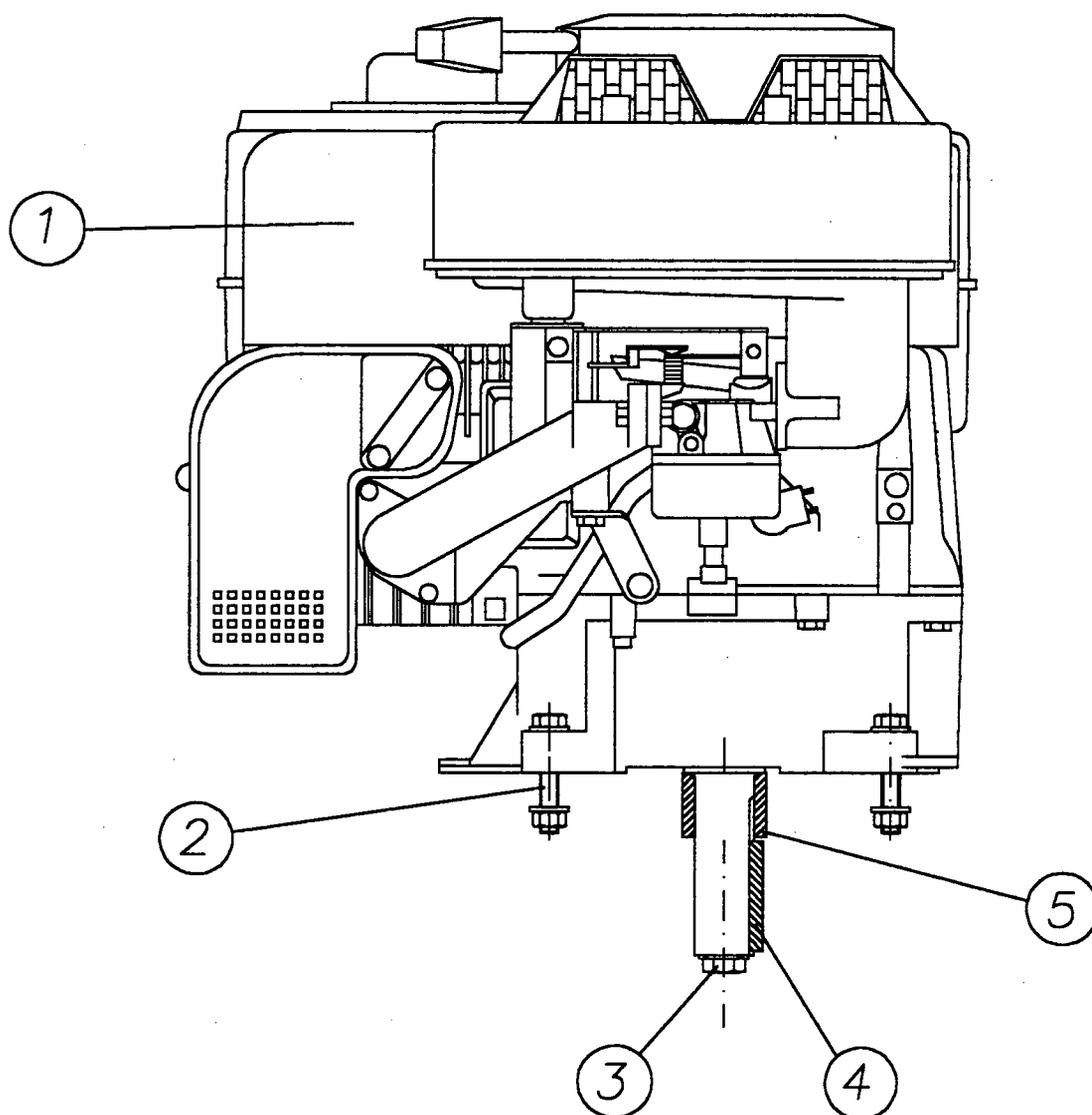


Figura 7.6 - Motor Tecumseh modelo TVXL 195 (lista de peças no apêndice 2).

A transmissão de potência para as rodas (figura 7.7) é composta de uma polia (1) de diâmetro 100 mm, montada no eixo do motor, que transmite, através de uma correia (2) Goodyear Multi V 3-T A-38, para a polia (3) de diâmetro 200 mm, montada na entrada da caixa de marchas (4). A caixa de marchas possui cinco velocidades a frente e uma a ré, sendo o modelo 708 C da Tecumseh.

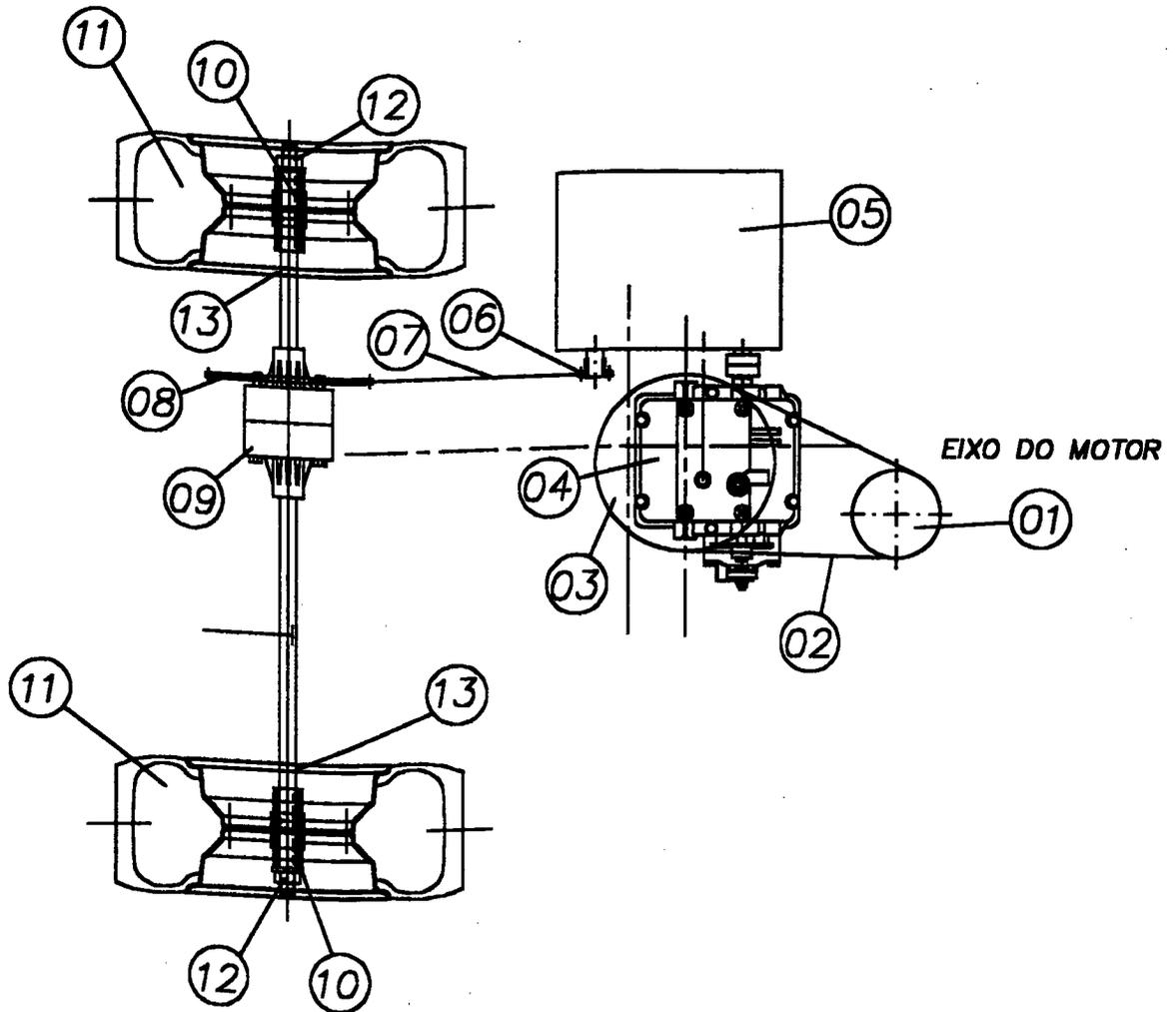


Figura 7.7 - Esboço da transmissão de potência para as rodas de tração.

Na saída da caixa de marchas, pode ser acoplado um redutor de velocidades opcional (5). Este redutor possui duas marchas, uma rápida com relação de transmissão igual a 1 e uma lenta com relação de transmissão igual a 9.

No eixo de saída do redutor de velocidades opcional, é montada uma roda dentada (6) de 8 dentes e 12,7 mm de passo que transmite, através de uma corrente de rolos (7), para uma roda

dentada (8) de 45 dentes, parafusada no diferencial (9), que é um modelo 100-055A Peerless. O eixo do diferencial possui mancais de rolamentos de esferas (12) tipo PFT 47, que permitem pequenos desalinhamentos. Nas pontas dos eixos, são chavetadas as rodas de tração (11).

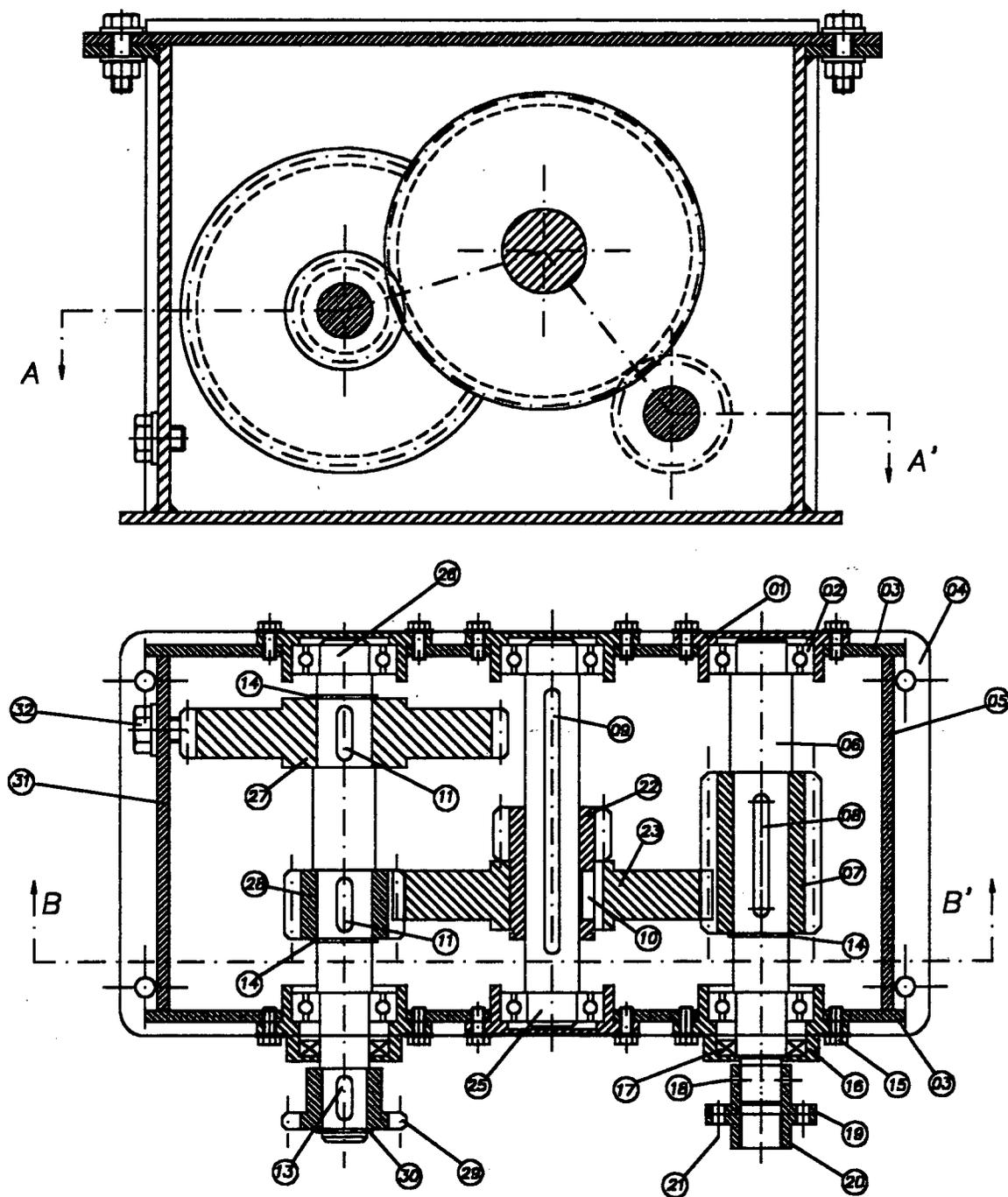


Figura 7.8 - Redutor opcional de velocidades (lista de peças no apêndice 2).

A figura 7.8 apresenta cortes longitudinais do redutor de velocidades, onde, através de um acoplamento {peças (19), (20), e (21)}, o redutor é ligado ao eixo de saída da caixa de marchas. A potência entra pelo eixo (6), passa pelo eixo (25) e sai no eixo (26); neste eixo é montada uma roda dentada (29) de 8 dentes. A figura mostra o redutor na marcha rápida (relação de transmissão = 1), na qual estão acopladas as engrenagens (7), (23), e (28). Para engatar a marcha lenta, um comando manual faz o conjunto de engrenagens (22) e (23) deslizarem sobre o eixo (25) até que estejam engatadas as engrenagens (22) e (27); nesta configuração, tem-se redução da velocidade de uma relação 9:1.

Para esticar a corrente de rolos (7), mostrada na figura 7.7, utilizou-se o esticador mostrado na figura 7.9. A roda dentada (3) mantém a corrente esticada e a regulagem é feita através de um parafuso (2) que é apertado em um rasgo na peça (1) soldada no chassi.

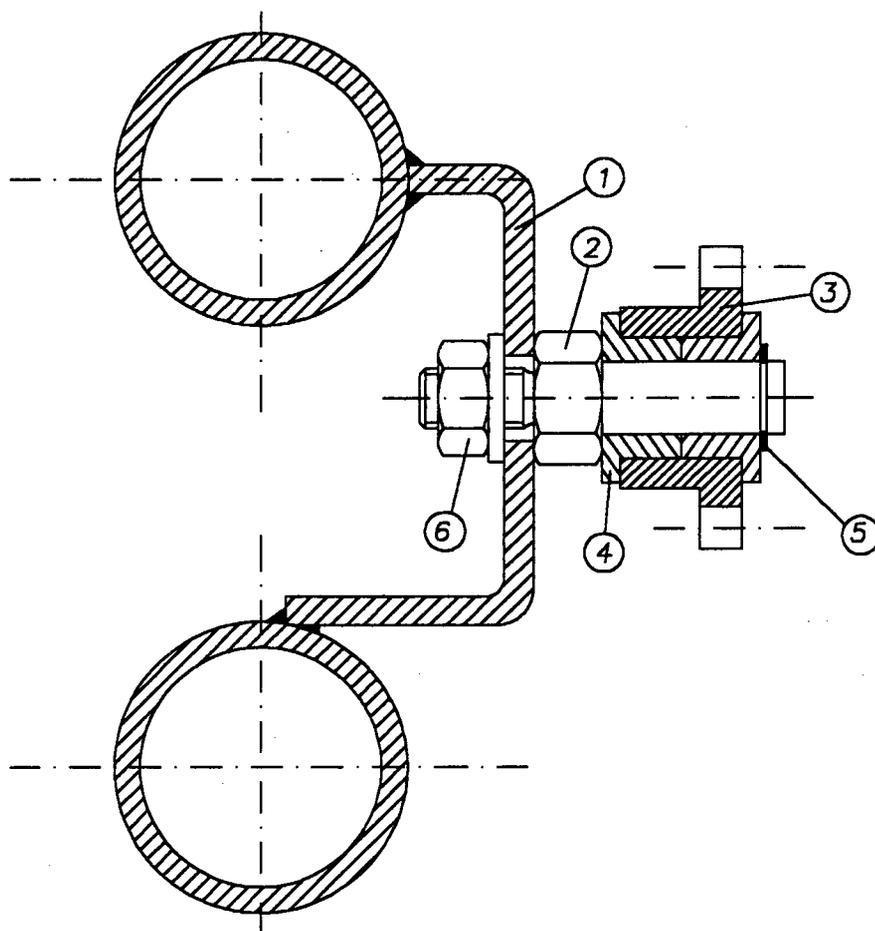


Figura 7.9 - Corte do esticador de corrente.

A figura 7.10 mostra um detalhe do protótipo, onde se pode observar a transmissão de potência para as rodas.

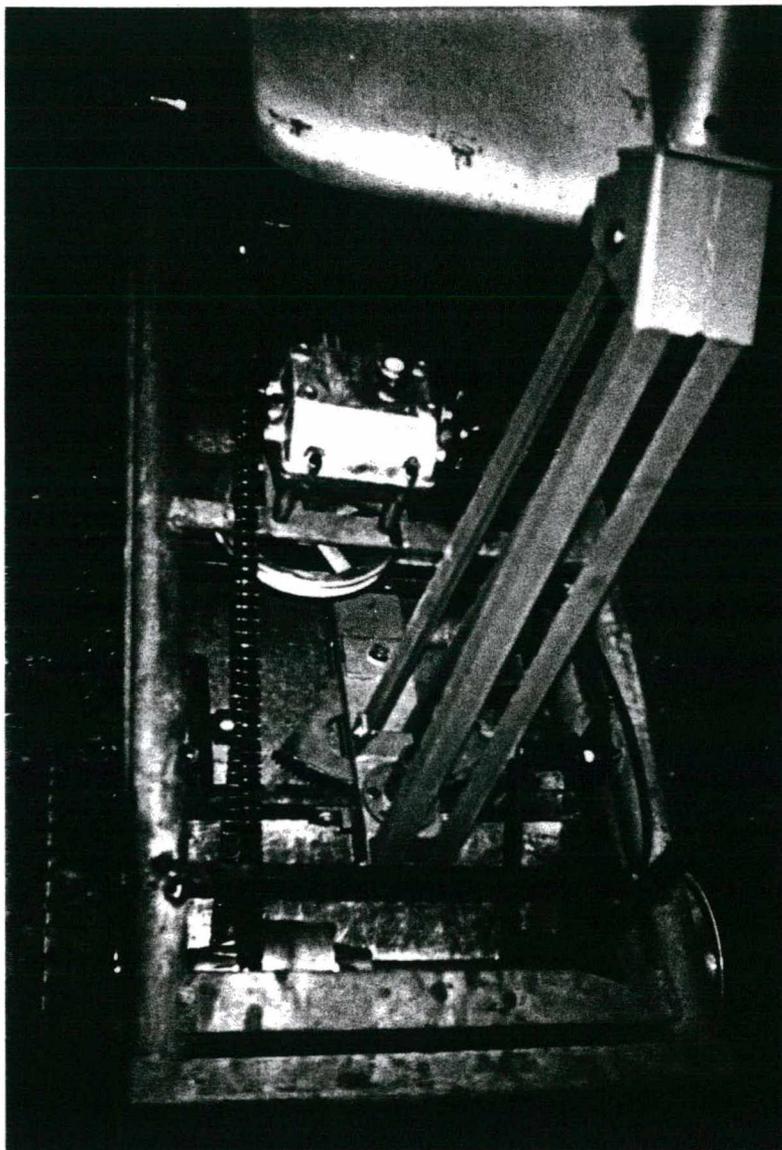


Figura 7.10 - Detalhe do protótipo mostrando a transmissão para as rodas.

A transmissão de potência para o módulo de preparo de sulcos (figura 7.11) é obtida através de uma segunda polia (5) de diâmetro 100 mm montada sobre o eixo do motor, que, através de uma correia GoodYear Multi - V 3-T A-42, transmite para a polia (6) de diâmetro 350 mm. Esta polia é montada sobre o eixo intermediário, mostrado na figura 7.12. A polia (7) de diâmetro 80 mm montada na outra extremidade, transmite, pela correia GoodYear Multi - V 3-T A-68, até a polia (8) de diâmetro 200 mm, chavetada no eixo de articulação.

No eixo de articulação, é montada a roda dentada (9) de 13 dentes que transmite, por uma corrente de rolos de passo 15,88 mm, para a roda dentada (10) de 30 dentes, chavetada no eixo das enxadas rotativas, onde outra roda dentada (11) de 13 dentes, com corrente de rolos de passo 9,525 mm, move a roda dentada (12) de 76 dentes e fixa no eixo do dosador de adubo.

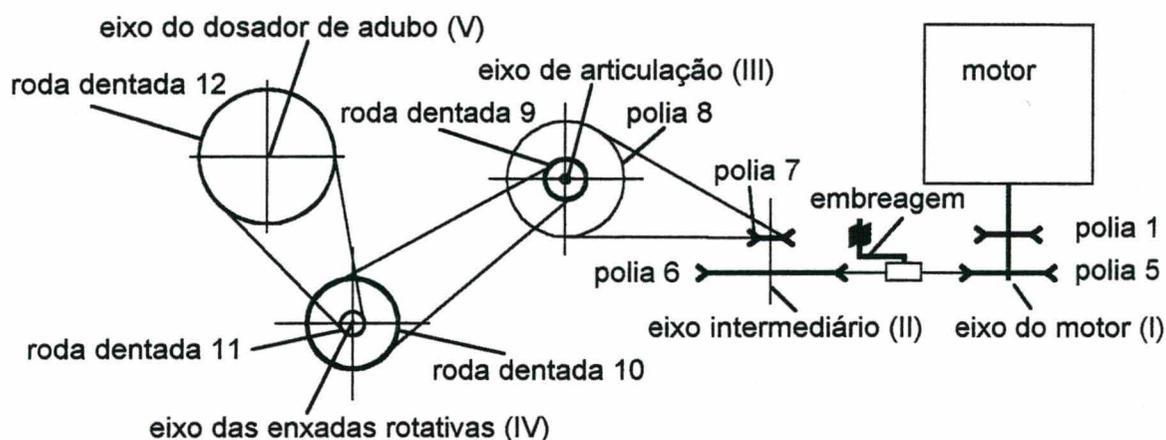


Figura 7.11 - Esboço da transmissão de potência para o módulo de preparo de sulcos.

Em ambas as transmissões, para as rodas de tração e para o preparo de sulcos, utilizaram-se embreagens do tipo polia tensionadora, mostradas na figura 7.13.

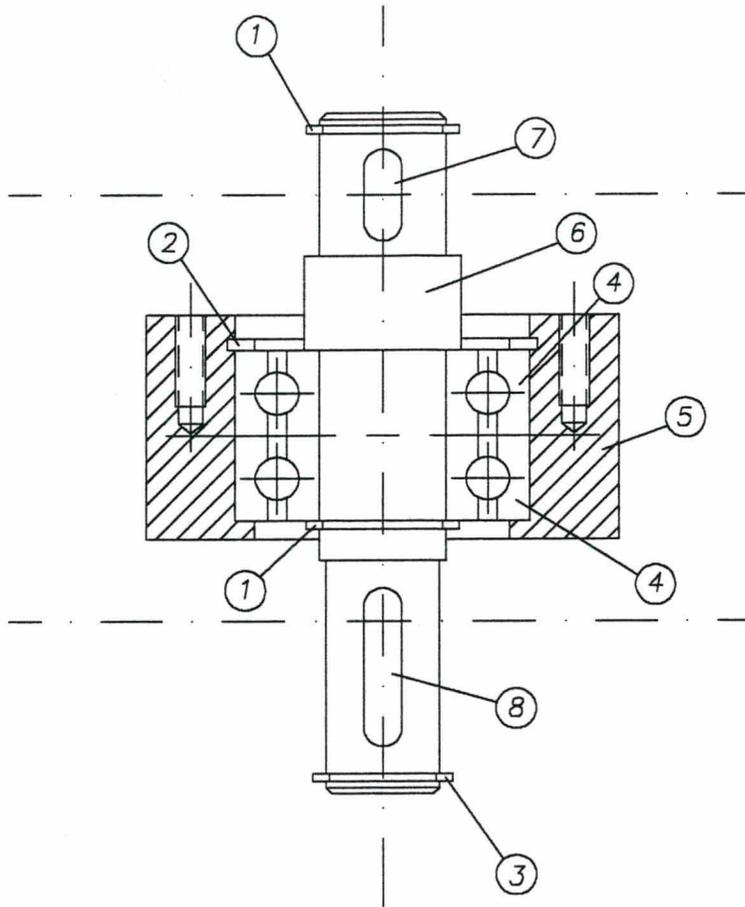


Figura 7.12 - Corte do eixo intermediário.

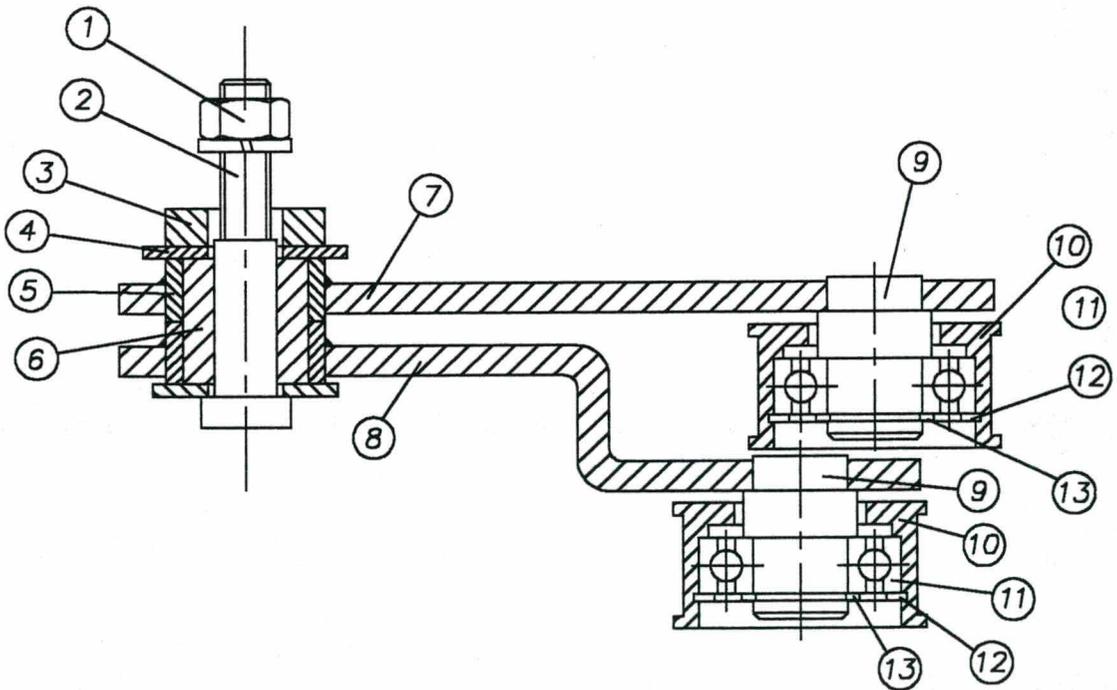


Figura 7.13 - Embreagens tipo polia tensionadora.

7.4 - MÓDULO ESTRUTURAL

A figura 7.14 mostra um corte do chassis, construído a partir de tubos de aço de 48 mm de diâmetro externo e 5 mm de espessura de parede {(1), (2), (3), e (4)}, chapas grossas de 4,76 mm (5), barras chatas de 7,9 mm por 38,1 mm de seção transversal {(6) e (7)}, cantoneiras de abas iguais {(8), (9), (10) e (11)} e um perfil em U (12).

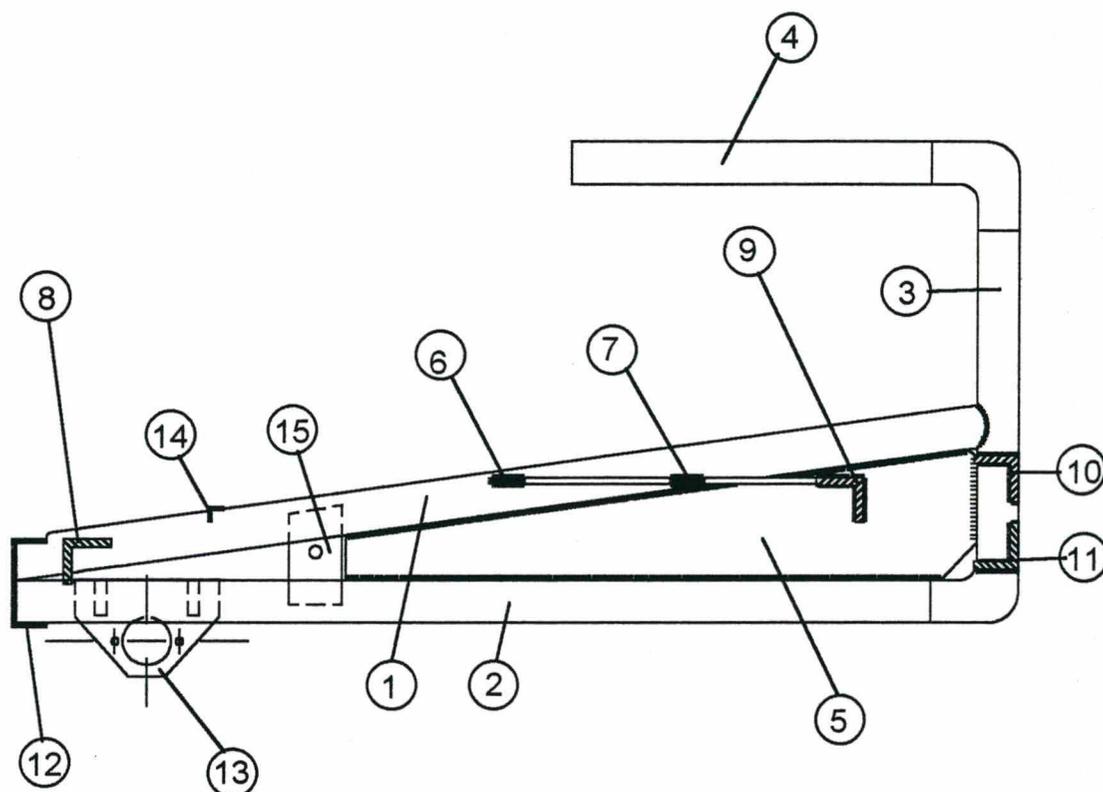


Figura 7.14 - Corte longitudinal do chassis.

Na placa de 12,7 mm de espessura (13), são presos os rolamentos do eixo dianteiro. O módulo de preparo de sulcos é parafusado nas peças (12) e (8) e a cantoneira (14) serve de batente para os pedais da embreagem e do acelerador. Na placa (15), é montado o esticador da corrente. A caixa de marchas é parafusada nas barras chatas (6) e (7), o motor na barra chata (7) e na cantoneira (9); nas cantoneiras (10) e (11) é parafusada a rótula, já fixa no porta-implementos. O tubo (4) serve de apoio para o banco do motorista.

7.5 - MÓDULO DE COMANDO

O módulo de comando do microtrator engloba o volante (comando de direção), os pedais de embreagem e freio, a ignição, as alavancas do acelerador, da caixa de marchas e do redutor opcional, as alavancas de comandos dos implementos e o banco do motorista. O comando de direção e outros foram especificados por outros mestrandos do grupo de projeto, assim, não serão detalhados nesta dissertação.



Figura 7.15 - Vista lateral do microtrator.

A figura 7.15 mostra uma vista lateral do protótipo do microtrator. O banco permite uma regulagem longitudinal e é construído de tubos de aço com 20 mm de diâmetro externo e 16 mm de diâmetro interno, dobrados e soldados. O assento é de plástico e o banco pode ser virado para frente, como na figura 7.16, permitindo um maior acesso na manutenção do motor.



Figura 7.16 - Vista traseira do microtrator com o banco levantado.

Os pedais da embreagem e do freio são iguais, pivotados um de cada lado do chassis, e construídos a partir de barras chatas soldadas em tubos que se encaixam em pontas de eixo soldadas no chassis.

7.6 - ESTIMATIVA DE CUSTOS

Com o objetivo de se ter uma estimativa de custo do microtrator, foram contabilizados os custos de materiais para alguns dos elementos principais da máquina. A tabela 7.1 contém os custos de alguns componentes, com as suas respectivas funções. A partir da figura 5.5, tem-se o número de pontos das funções, obtidos pelo método de Mudge, e conseqüentemente as necessidades relativas.

Ao se calcular o custo relativo dos componentes do microtrator e compará-los com as necessidades relativas de suas funções, pode-se identificar quais componentes possuem um custo maior que o necessário, este é o chamado método COMPARE (Csillag [6]), representado no gráfico da figura 7.17.

COMPONENTE	CUSTO (US\$)	CUSTO RELATIVO (%)	FUNÇÃO	PONTOS	NECESSIDADE RELATIVA (%)
1 - chassis dianteiro	162	12,3	prover estrutura	10	10
2 - motor	554,5	41,3	produzir potência	24	24
3 - transmissão (correias, correntes, etc.)	280,8	21,3	transmitir potência	19	19
4 - embreagem	16,75	1,4	prover engate	8	8
5 - rodas dianteiras	143	10,9	prover apoio	10	10
6 - caixa de marchas	116,5	8,9	mudar velocidade	21	21
7 - diferencial	50	3,9	mudar direção	8	8
subtotal	1323,55	100		100	100

Tabela 7.1 - Avaliação de custos de alguns componentes do microtrator.

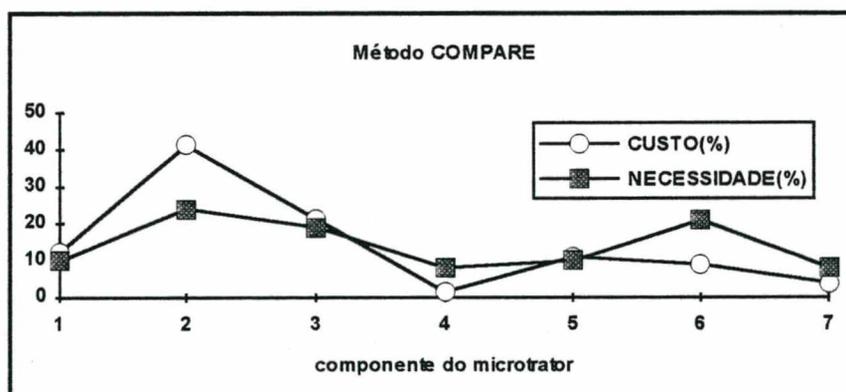


Figura 7.17 - Método COMPARE para o microtrator.

De maneira análoga, pode-se avaliar os custos dos principais componentes do implemento de preparo de sulcos, listados na tabela 7.2, e traçar o gráfico do método COMPARE na figura 7.18.

COMPONENTE	CUSTO (US\$)	CUSTO RELATIVO(%)	FUNÇÃO	PONTOS	NECESSIDADE RELATIVA (%)
1 - embreagem	16,75	8,6	prover engate	2	2
2 - reservatório	6,3	3,2	prover adubo	10	10,2
3 - dosador	37,5	19,2	dosar adubo	21	21,4
4 - enxadas rotativas	129	66,1	agregar adubo, cortar palha e desagregar terra	53	54,1
5 - pára-lama	5,7	2,9	prever proteção e conter terra	12	12,2
subtotal	195,25	100		98	99,9

Tabela 7.2 - Avaliação de custos de alguns componentes do implemento de preparo de sulcos.

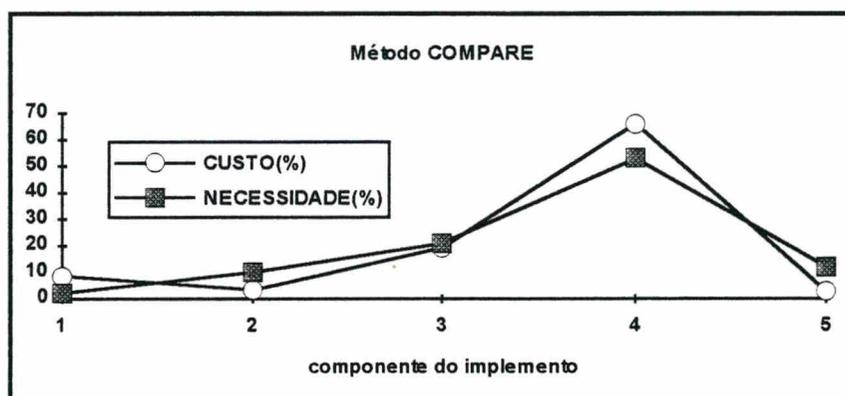


Figura 7.18 - Método COMPARE para o implemento de preparo de sulcos.

A necessidade relativa de cada componente, mostrada na última coluna das tabelas 7.1 e 7.2, é obtida nestas tabelas, dividindo-se o número de pontos do componente pelo total de pontos dos componentes apresentados na tabela.

A figuras 7.17 e 7.18 foram baseadas apenas nos custos de materiais, mas fornecem uma boa idéia do método que tem por objetivo identificar pontos de redução de custos.

Capítulo VIII

TESTE DO PROTÓTIPO E RECOMENDAÇÕES PARA REPROJETO

8.1 - INTRODUÇÃO

*U*ma visão sistemática do teste de produtos industriais é apresentada por Back e Leal [93], com a discussão dos diversos tipos de testes aplicados ao longo de todas as fases do ciclo de vida do produto, sendo que cada fase exige um tipo de teste apropriado.

Nas primeiras fases de desenvolvimento de um produto, os testes envolvem modelos analíticos, simulação, análise, modelos icônicos e analógicos, e são um modo econômico e rápido de se avaliar e prever problemas futuros.

Quando já se tem um protótipo similar ao produto, mas não totalmente qualificado, pode-se fazer demonstrações formais e verificações das características de funcionamento.

Outros testes são feitos em fases mais avançadas do desenvolvimento do produto, com os objetivos de validação do produto, obtenção de informações para melhoramentos e até a coleta de dados sobre reciclagem.

Neste capítulo, apresentar-se-ão algumas características observadas durante o funcionamento do microtrator, recomendações de uso e sugestões para reprojeto antes de executar os testes nas condições mais próximas do trabalho no campo.

8.2 - TESTE DE FUNCIONAMENTO

O microtrator foi testado nos dias 29 de abril e 24 de junho de 1994, nas proximidades do Laboratório de Projeto. Os objetivos destes testes foram:

- verificar o funcionamento do sistema de embreagem por polia tensionadora;

- constatar se o freio, por travamento da transmissão, resolve o problema de parada;
- analisar a estabilidade em ladeiras;
- observar a capacidade do microtrator de trafegar em terrenos ondulados e com obstáculos;
- questionar aspectos de manobrabilidade e observar o comportamento do sistema de tração ao fazer uma curva;
- verificar a postura do operador, o acesso aos comandos, a facilidade de operação e regulagem do microtrator;
- observar os ruídos, o aquecimento perto do motor e as vibrações;
- avaliar a aparência e o vão livre vertical.

Nestes primeiros testes, cujo maior objetivo era analisar o funcionamento dos elementos mecânicos, o microtrator foi testado em calçamento de pedra e gramado, no plano e ladeiras. As figuras 8.1, 8.2 e 8.3 mostram fotos do microtrator em funcionamento.



Figura 8.1 - Microtrator em funcionamento num gramado com ondulações.



Figura 8.2 - Microtrator subindo uma ladeira.



Figura 8.3 - Microtrator fazendo manobras em marcha a ré.

Quanto aos resultados, o microtrator teve um bom funcionamento e foram feitas importantes observações.

A embreagem por polia tensionadora teve um ótimo funcionamento, sendo que, ao ser acionada, a correia manteve-se parada e apenas a polia do motor girou. Um detalhe importante, para o bom funcionamento deste tipo de embreagem, é permitir que a correia afrouxe somente na região de contato com a polia motora.

O sistema de direção funcionou muito bem, apenas um problema foi observado: ao se fazer uma curva fechada, o polígono de apoio se modifica e uma das rodas dianteiras patina devido à falta de peso. Este problema pode ser resolvido com a instalação do implemento de preparo de sulcos ou a colocação de lastros.

Nas ladeiras, o microtrator apresentou boa estabilidade, mas, devido a sua articulação, é importante ter cuidado ao fazer curvas em terrenos inclinados. O freio mostrou-se eficiente em parar o microtrator, uma vez que este tem baixas velocidades.

Ao vencer obstáculos, as rodas acompanharam bem o terreno e tiveram boa aderência. Observou-se, também, que o vão livre vertical poderia ser melhorado se o eixo do diferencial fosse mais alto.

O microtrator apresentou boa manobrabilidade devido à articulação e ao pequeno raio de giro. Devido à parte traseira ser menor, tomam-se ainda mais fáceis as manobras em marcha a ré (figura 8.3).

O motor, a caixa de marchas e o diferencial tiveram um ótimo desempenho, mostrando-se adequados ao porte do microtrator. O ruído do motor mostrou-se alto, e a provável causa é que o escapamento do motor não esteja adequado. Com o assento do motorista muito próximo do motor, houve aquecimento, mas, já no segundo teste, com o banco um pouco mais alto, este problema foi resolvido. Com o motor montado sobre coxins, o problema de vibrações ficou reduzido.

Quanto à postura do operador, uma regulagem da posição do banco permite que operadores de estaturas diferentes mantenham uma posição de conforto e tenham fácil acesso aos pedais, volantes e alavancas.

Não foi observada nenhuma dificuldade na manutenção do microtrator, tanto no abastecimento

de combustível e óleo lubrificante, quanto em consertos e revisões. Para abastecer o tanque ou verificar o nível de óleo, basta virar o banco para frente e ter livre acesso. Por outro lado, qualquer elemento da máquina, seja polia, correia ou outra peça, pode ser facilmente trocado, sem a necessidade de se desmontar toda a máquina.

O microtrator apresentou boa aparência e, com a construção de uma carenagem adequada, todas as peças girantes, as correias e correntes ficam protegidas, garantindo maior segurança ao operador.

8.3 - RECOMENDAÇÕES DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Para o bom funcionamento do microtrator e a durabilidade de seus componentes mecânicos, é necessário tomar alguns cuidados na operação e na manutenção. Os cuidados de operação são:

- dar partida no motor com a alavanca da caixa de marchas na posição neutra;
- mudar de uma marcha a frente para a marcha a ré e vice-versa, apenas com o microtrator totalmente parado;
- não trafegar por longo período em inclinações superiores a 20°, pois poderá prejudicar a lubrificação do motor;
- procurar debrear sempre que freiar o microtrator;
- evitar fazer curvas fechadas em ladeiras.

Quanto aos cuidados de manutenção, deve-se dar atenção para os seguintes pontos:

- verificar o nível de óleo lubrificante antes de iniciar o trabalho;
- quando não for utilizar o microtrator por um longo período de tempo, esvazie o tanque de combustível, deixe o motor funcionar até que páre e coloque um pouco de óleo no cilindro pelo buraco da vela;
- manter a corrente sempre bem engraxada;
- evitar que a correia se suje com graxa ou óleo;

- verificar se os pneus estão calibrados com pressão de 15 libras;
- após o uso, limpar o microtrator, deixando-o livre de barro, palha e qualquer outra sujeira.

8.4 - SUGESTÕES PARA FUTUROS REPROJETOS

Durante a realização dos primeiros testes de funcionamento, foram feitas algumas observações que deram origem a sugestões para futuros reprojotos.

Observou-se que o vão livre vertical foi prejudicado com a proteção do diferencial, estando este muito próximo do solo. A primeira sugestão é colocar uma redução intermediária entre o eixo diferencial e o eixo das rodas de tração, como mostrado na figura 8.4.

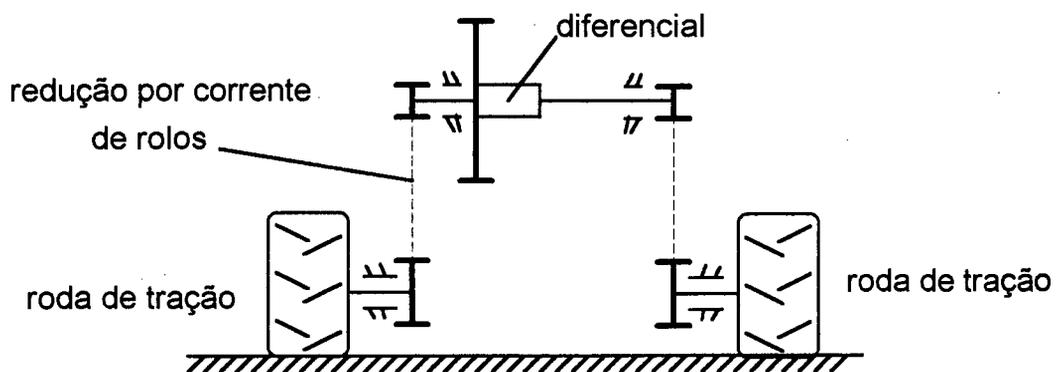


Figura 8.4 - Esquema da sugestão para modificação do eixo dianteiro.

Outra sugestão é aproveitar o trabalho de modificação do eixo dianteiro e aumentar a bitola do microtrator, pois aumentaria mais a estabilidade e tomaria possível trabalhar também com uma linha nas culturas de cebola e alho.

Uma solução possível para o reprojeto do sistema de transmissão de potência é mostrada na figura 8.5. Nesta solução, tem-se o redutor opcional com as relações de transmissão de 3, para lenta, e de 0,7, para rápida, sendo o restante da redução obtida através de uma transmissão por corrente de rolos, entre o eixo do diferencial e o eixo de tração, com relação 3. Assim, com o motor trabalhando a 2500 rpm, a velocidade baixa, para o transplante de mudas, é obtida na 1a. marcha lenta e a velocidade

de 1m/s, para sementeira, obtida na 5a. marcha rápida.

Foi observada, também, a necessidade de uma mola mais rígida nas embreagens por polia tensionadora, de modo a tensionar mais a correia.

Quanto à melhoria da tração, sugere-se aumentar a carga sobre o eixo dianteiro e, com isto, evitar o patinamento de uma das rodas, no momento de fazer uma curva fechada.

Seria interessante, nos futuros reprojotos, fazer um estudo sobre os tipos de rodas mais adequadas aos diferentes tipos de solos.

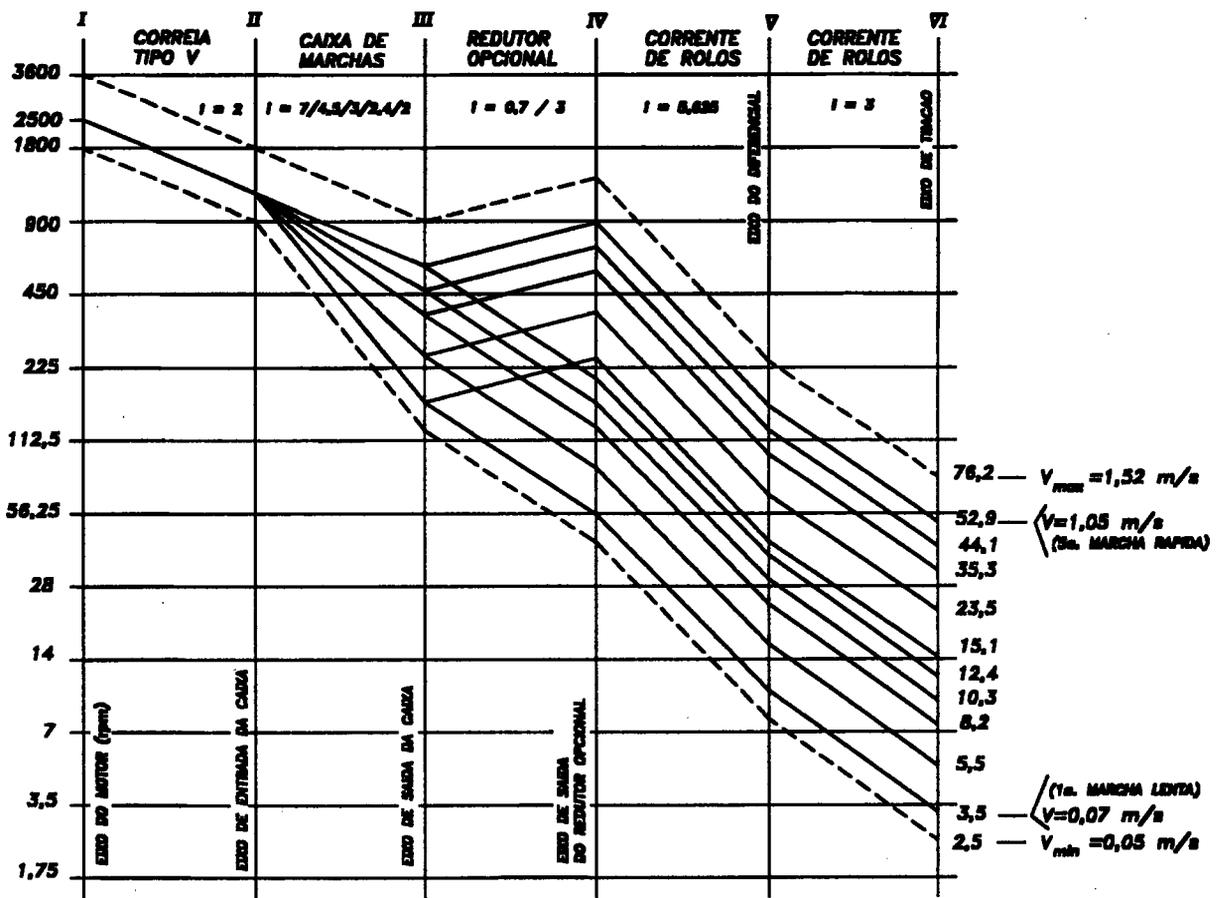


Figura 8.5 - Ábaco de velocidade de uma possível solução para o reprojoto do microtrator.

Capítulo IX

CONCLUSÃO

O desenvolvimento e a construção do microtrator articulado foi mais um passo que visa atender às necessidades da pequena propriedade, principalmente quanto à falta de um sistema de tração de pequeno porte com super-redução de velocidade.

Este trabalho concentrou-se mais no sistema de tração e no preparo de sulcos, sendo que o sistema de direção, o porta-implemento, a semeadeira, a transplantadeira de mudas e muitos outros implementos fazem parte de futuros trabalhos a serem concluídos.

A metodologia de projeto, apresentada no capítulo I, mostrou-se adequada e valiosa, uma vez que ela orienta o projetista inexperiente e fornece várias ferramentas de auxílio ao projeto. Um aspecto importante é que a metodologia está em constante aperfeiçoamento, com o surgimento de novas técnicas e sua aplicação prática em projetos.

Quanto ao protótipo construído, os objetivos principais foram alcançados, sendo necessário, nos próximos trabalhos, fazer algumas modificações e, por fim, testá-lo nas condições de trabalho do campo. O microtrator apresentou uma boa aparência, interface ergonômica adequada, fácil operação, uso de componentes padronizados e comerciais, fabricação simples, facilidade de manutenção e segurança ao operador. Modificações devem ser feitas nos futuros reprojatos, tais como o acréscimo de carga sobre o eixo dianteiro e um pequeno aumento da bitola, com o objetivo de melhorar as qualidades de tração e a versatilidade do microtrator.

No demais, este trabalho contribuiu com um pouco mais de experiência, para todo o grupo de projeto, e foi aceito para apresentação no XXIII CONBEA (Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola), a ser realizado no mês de julho/1994 em Campinas(SP), onde se espera haver discussões e várias sugestões de melhoria para o projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PAHL, G. and BEITZ, W., *Engineering Design a systematic approach*; Translated by Pomerans, A. and Wallace, K.; The Design Council, London, 1988.
- [2] SHIGLEY, J.E., *Mechanical Engineering Design*, Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, 1986.
- [3] ASME RESEARCH, *Design Theory and Methodology - A New Discipline*, Mechanical Engineering, pg. 23-27, August, 1986.
- [4] OSTROVSKY, B., *Design, Planning and Development Methodology*, Prentice-Hall, 1977.
- [5] BACK, N., *Metodologia de Projeto de Produtos Industriais*, Editora Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1983.
- [6] CSILLAG, J.M., *Análise do Valor*, 3ª edição, Editora Atlas, São Paulo, 1991.
- [7] PORTER, M.E., *Competitive Advantage : Creating and Sustaining Superior Performance*, New York: Free Press, 1985.
- [8] McCORMICK, E.J., *Human Factors in Engineering and Design*, Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, 1976.
- [9] IIDA, I., *Ergonomia, Projeto e Produção*, Editora Edgard Blücher Ltda, Rio de Janeiro, 1990.

- [10] VALDIERO, A.C., BOTELHO, J.C.C. e CASTRO, L. T. de ; *Relatórios 1,2 e 3: Projeto da Luminária JAL-010*, Trabalho da Disciplina de Projeto de Produto I, Curso de Engenharia Mecânica / UFRJ, Rio de Janeiro, 1991.
- [11] NAVEIRO, R.M., *Tabela do Modelo Humano Articulado*, Notas de Aula da Disciplina de Projeto de Produto II, Curso de Engenharia Mecânica / UFRJ, Rio de Janeiro, 1991.
- [12] CLAUSING, D. and HAUSER, J., *The House of Quality*, *Haward Business Review*, 66(3), pg. 63-73, May-June, 1988.
- [13] RAMASWAMY, R. and ULRICH, K., *Augmenting The House of Quality with Engineering Models*, *Design Theory and Methodology*, Vol.42, ASME, 1992.
- [14] SAUNDERS, A., *A Designer's Guide to Improving Product Quality*, *Machine Design*, pg. 97-101, August 22, 1985.
- [15] SILVEIRA, G.M. da, *Situação da Mecanização Agrícola no Estado de São Paulo*, Comissão Científica de Mecanização Agrícola do Instituto Agronômico, Campinas, 1983.
- [16] BRAUNBECK, O.A. y WILKISON, R.H., *Elementos de maquinária Agrícola*, tomo 1, Boletín de Servicios Agrícolas de La FAO 12 Sup.1, Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación, Roma, 1977.
- [17] AMADO, T.J.C., SILVA, E. e TEIXEIRA, L.A.J., *Cultivo Mínimo da Cebola: máquina para o preparo do solo nas pequenas propriedades*, *Agropecuária Catarinense*, Vol.5, nº1,1992.
- [18] AMADO, T.J.C., SILVA, E. e TEIXEIRA, L.A.J., *Máquina para plantio de cebola em pequenas propriedades*, In: *Encontro De Hortaliças Da Região Sul*, pg. 58, 7, Balneário Camboriú; 1990.

- [19] EMPASC, *Sistema de Produção para cebola*, Florianópolis, 1983.
- [20] ACARESC/EMPASC, *Sistema de Produção para Milho, Feijão e Soja*, 1985.
- [21] FIGUEIRA, F.A.R., *Manual de Olericultura, Cultura e Comercialização de Hortaliças*, 1972.
- [22] REGINA, S.P., SOUZA, R.S., MASCARENHAS, M.H.T. e SATURNINO, H.M., *Recomendações para a cultura do alho*, Sete Lagoas, 1976.
- [23] ORNSTEIN, R., *Custeio por Absorção e Custeio Integral*, artigo CRCRS, 1982.
- [24] DELLAGIUSTINA, D., *Desenvolvimento do Protótipo de uma Semeadora de Plantio Direto à Tração Animal*, Dissertação de Mestrado, UFSC, Florianópolis, 1990.
- [25] PRETEL, D.F., *Transplantadora de Mudas de Cebola*, Dissertação de Mestrado, UFSC, Florianópolis, 1989.
- [26] Iº Encontro Latino-Americano sobre o Plantio Direto na Pequena Propriedade, Resumos, Órgão Organizador : IAPAR, Ponta Grossa / PR, 1993.
- [27] BRAMIH, D.S., *Tools for Homesteaders, Gardeners, and small-scale Famers*, Rodale Press, Emmans, 1978, USA.
- [28] Holt, K., *Product Innovation*, Newns Butterworths, 1977.
- [29] BURGESS, J.A., *Design Assurance for Engineers and Managers*, Marcel Dekker, Inc., 1984.

- [30] COMELLA, T. M., *How to Manage Creativity Without Killing It*, Machine Design, pg. 68-72, March, 1975.
- [31] DIXON, J.R., *Design Engineering: Inventiveness Analysis and Decision Making*, pg. 38-50,, Mc Graw-Hill, 1966.
- [32] DICK, M., *Creative Problem-Solving for Engineers*, Machine Design, pg. 97-101, February, 1985.
- [33] RAUDSEPP, E., *Forcing Ideas with SYNECTICS a creative approach to problem solving*, Machine Design, pg. 134-139, October, 1969.
- [34] FIGGIE JR., H.E., *Product Redesign as a Cost-Cutting Tool*, Machine Design, pg. 81-84, June, 1986.
- [35] BLANCHARD, B.S. and FABRYCKY, W.S., *Systems Engineering and Analysis*, Prentice Hall, 1990.
- [36] DRUCKER, P.F., *Inovação e Espírito Empreendedor (entrepreneurship): Prática e Princípios*, 2ª edição, Livraria Pioneira Editora, São Paulo, 1987.
- [37] HEIDE, J.A.M., *Facículos da Disciplina de Planejamento e Administração Operacional I e II*, Curso de Engenharia Mecânica / UFRJ, 1991.
- [38] POLYA, G., *A arte de Resolver Problemas*, Editora Interciência Ltda., Rio de Janeiro, 1978.
- [39] KRICK, E.V., *Introdução à Engenharia*, Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 1979.

- [40] BACK,N., ROSA, E.da, BARCELLOS, C.S.de, NICOLAZZI, L.C., FILHO,A.B., AMANO,M. e FORCELLINI, F.A., *Levantamento do Estado da Arte de Tratores Agrícolas de Pequeno Porte, Projeto Minitrator agrícola, UFSC, Florianópolis, fevereiro 1984.*
- [41] Gebr. HOLDER GmbH & Co., Maschinenfabrick, Postfach 1555, D7430 Metzingen, *Folhetos de Dados Técnicos, Alemanha.*
- [42] Bolens Corporation, 215, South Park Street, Port Washington, WI53074, *Folhetos de Dados Técnicos, USA.*
- [43] PUGH, S. and SMITH, D.G., *Marathon 2550: A Sucessful Joint Venture*, Loughborough University of Technology, Full text of the article that appeared in DESIGN ENGINEERING, London, August, 1974.
- [44] DUDZINSKI, P., *Wheel slips and slides during turning in articulated vehicles*, International Journal of Vehicle Design, vol.2, n°4, pp. 439-452, 1981.
- [45] Agria-Werke GmbH, D-7108, Moeckmuehl, *Folhetos Técnicos, Alemanha.*
- [46] Kubota Brasil Ltda., Cx. Postal 38, *Folhetos Técnicos, Diadema-SP.*
- [47] FANCELLI, A.L., *Atualização em Plantio Direto*, Fundação Cargill, Campinas, 1985.
- [48] DERPSCHE, R., ROTH, C.H., SIDIRAS, N. e KÖPKE,U., *Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo*, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, 1991. (resultado do Convênio de Cooperação Técnica realizado de 1977 a 1985 entre o IAPAR e a GTZ).

- [49] PHILLIPS, S.H. y YOUNG, H.M., *Agricultura sin Laboreo: Labranza cero*, Editorial Agropecuária Hemisferio Sur S.R.L., Uruguay, 1979.
- [50] DENARDIN, J.E. e KOCHHANN, R.A., *Requisitos para a Implantação e a Manutenção do Sistema Plantio Direto*, pg. 19-27, Compêndio: PLANTIO DIRETO NO BRASIL, Editora Aldeia Norte, PassoFundo, 1993.
- [51] SÁ, J.C. de M., *Manejo da Fertilidade do Solo no Plantio Direto*, Editora Aldeia Norte, Castro: Fundação ABC, 1993.
- [52] JORGE, J.A., *Física e Manejo dos Solos Tropicais*, Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985.
- [53] MIALHE, L.G., *Máquinas Motoras na Agricultura*, volumes 1 e 2, EPU: Editora da Universidade de São Paulo, 1980.
- [54] DIFFRIENT, N., TILLEY, A.R. and BARDAGJY, J.C., *Humanscale Manual*, The MIT Press, Massachusetts, Institute of Technology, Cambridge, Second Printing, USA, 1978.
- [55] NOJIMOTO, T., *Uso do Trator na Agricultura Paulista*, pg. 33-37, vol.11, Engenharia Agrícola, Botucatu-SP, 1987.
- [56] GUIA RURAL BRASIL, *A Arte de Semear o Futuro*, pg.48-52, Editora Abril S.A., São Paulo, 1986.
- [57] VARASCHIN, V.M. e LAURENTI, A.C., *Fatores Limitantes ao Desenvolvimento da Agricultura Familiar de Subsistência da Região Centro-Sul do Paraná*, boletim técnico nº37, IAPAR, Londrina, 1991.

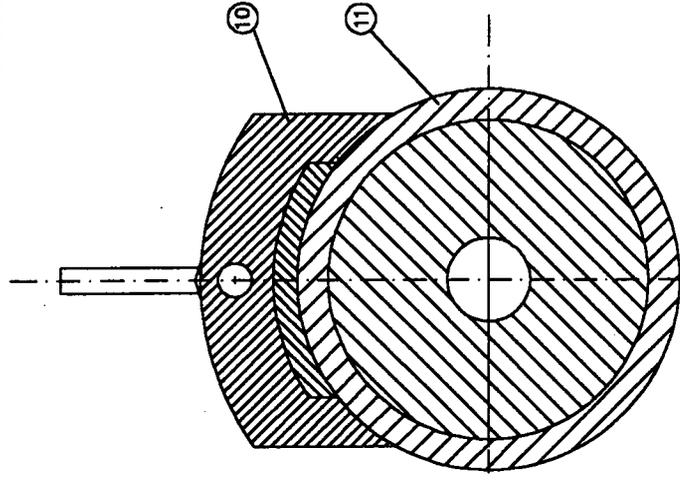
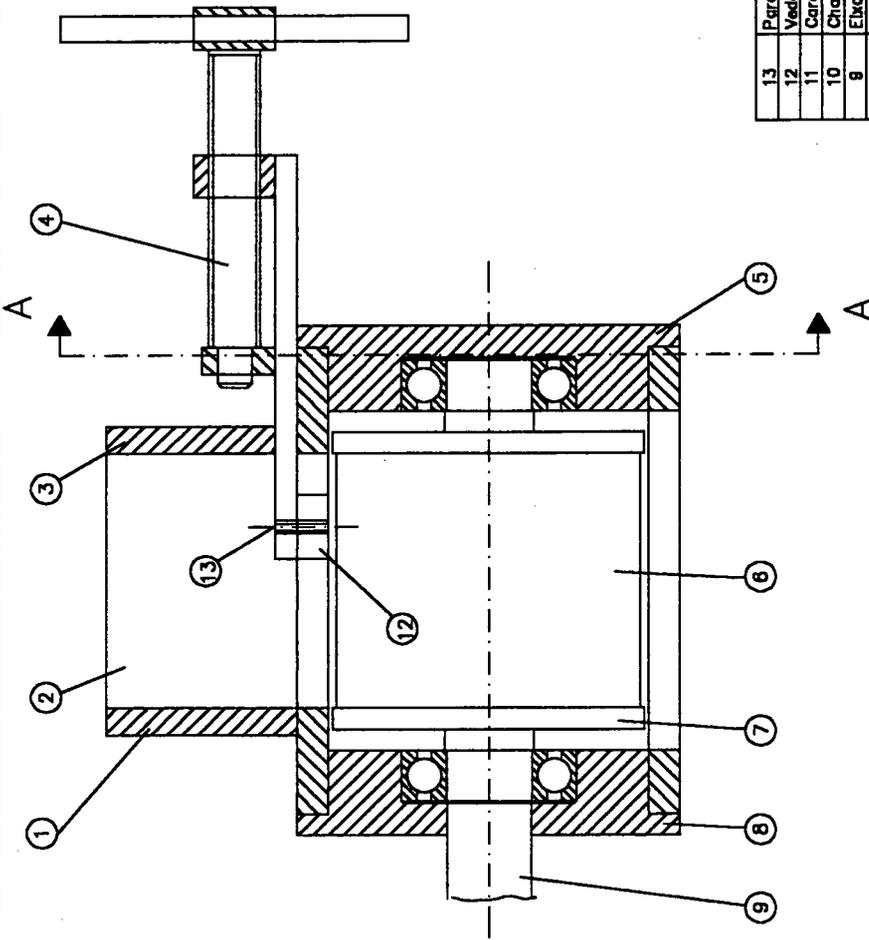
- [58] MUZILLI, O., LAURENTI, A.C. e LEITÃO, L.C. de C., *Opções Tecnológicas para a Pequena Propriedade*, documento nº11, IAPAR, Londrina, 1985.
- [59] MIALHE, L.G., *Manual de Mecanização Agrícola*, Editora Agronômica Ceres, São Paulo, 1974.
- [60] CAMP, R.C., *Benchmarking: The Search for Industry Best Practices that Lead to Superior Performance*, ASQC Quality Press, USA, 1989.
- [61] CULPIN, C., *Farm Machinery*, 10th ed., Granada Publishing, London, 1982.
- [62] KEPNER, R.A., BAINER, R. e BARGER, E.L., *Principles of Farm Machinery*, Third Edition, AVI Publishing Company, Inc., USA, 1980.
- [63] HERRMANN, P.R., KRAUSE, R. e MATTOS, P.C., *Parâmetros para a seleção adequada de Tratores agrícolas de rodas*, boletim técnico do Centro Nacional de Engenharia Agrícola (CENEA), Ano I, nº1, out/nov/dez, 1982.
- [64] BACK, N., ROSA, E. da, BARCELLOS, C.S. de, NICOLAZZI, L.C., FILHO, A.B., AMANO, N. e FORCELLINI, F.A., *Interação Pneu-Solo*, Projeto Minitrator Agrícola, UFSC, Florianópolis, 1984.
- [65] HUSQVARNA - Floresta & Jardim, *Folhetos Técnicos*, Representante no Brasil: Electrolux Ltda., Rodovia Presidente Dutra, km 210, 07210 - 000 - Guarulhos - S.P.
- [66] Tratores e máquinas Agrícolas, *O futuro está na mecanização*, pág. 6-13, Editora Abril S.A, São Paulo, 1990.
- [67] Metalúrgica Trapp Ltda., *Folhetos Técnicos*, Cx. Postal 106, Jaraguá Do Sul - SC.

- [68] CANECCHIO FILHO, V. ; *Administração Agrícola*, 7ª edição, Instituto Campineiro de ensino Agrícola, Campinas, 1984.
- [69] BERNACKI, H. , HAMAN, J. and KANAFOJSKI, Cz. , *Agricultural Machines, Theory and Construction*, 1972.
- [70] HAI, L. V. , *Design-Theories of Japanese Rotary Tillage Blades for Paddy Field*, Farm Machinery Design Course, Tsukuba Internacional Agricultural Training Centre, Japan, 1984.
- [71] JONES, F. D. , *Ingenious Mechanisms for Designer and Inventors*, twelfth printing, The Industrial Press, New York, 1964.
- [72] GUREVICH, A. , SOROKIN, E. , *Tractors*, Mir Publishers, Moscow, 1967.
- [73] BACK, N., ROSA, E. da, BARCELLOS, C.S. de, NICOLAZZI, L.C., FILHO, A.B., AMANO, N. e FORCELLINI, F.A., *Estudo de Viabilidade Técnica de Concepções do Minitrator Agrícola*, Projeto Minitrator Agrícola, UFSC, Florianópolis, 1985.
- [74] OPITZ, A. , *A Classification System to Describe Work Pieces*, Part I and II, Pergamon Press, Oxford, 1970.
- [75] NOVASKI, O. e SANTA, W. D. , *Aspectos Gerais da Tecnologia de Grupo*, Publicação CT-nº10-1986, UNICAMP, Campinas, 1986.
- [76] DIETER, G. E. , *Engineering Design: A Material and Processing Approach*, McGraw-Hill, 1983.
- [77] O'CONNOR, P. D. T. , *Practical Reliability Engeneering*, 2ª edição, John Wiley & Sons, 1989.

- [78] PRIEST, J. W. , *Engineering Design for Producibility and Reliability*, Marcel Dekker, Texas, 1988.
- [79] BOOTHROYD, G. , Making it simple: Design for Assembly, pg. 28-31, Mechanical Engineering, February, 1988.
- [80] CRANE, F. A. A. and CHARLES, J. A. , *Selection and Use of Engineering Materials*, Butterworth & Co. Publishers, Great Britain, 1987.
- [81] VDI - *Richtlinie 3237*, Bl. 1, Fertigungsgerechte Werkstückgestaltung in Hinblick auf Automatisches Zubringen Fertigen und Montieren.
- [82] CYPRIANO, J. , *Normalização Técnica*, Curso de Engenharia Mecânica/UFRJ, Rio de Janeiro, 1987.
- [83] NIEMANN, G. , *Elementos de máquinas*, vols. I e II, Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo, 1976.
- [84] MABIE, H. H. e OCVIRK, F. W. , *Mecanismos e Dinâmica das máquinas*, 2º edição, Livros Técnicos e Científicos, Editora S. A. , Rio de Janeiro, 1980.
- [85] JUVINALL, R. C. and MARSHEK, K. M. , *Fundamentals of Machine Component Design*, Second Edition, John Wiley & Sons, 1983.
- [86] ORLOV, P., *Fundamentals of Machine Design*, vol. 3 and 4, Mir Publishers, Second Printing, Moscow, 1980.
- [87] SCIESZKO, J.L., *Apostila da disciplina de Projeto de Máquinas I*, Curso de Engenharia Mecânica/UFRJ, Rio de Janeiro, 1991.

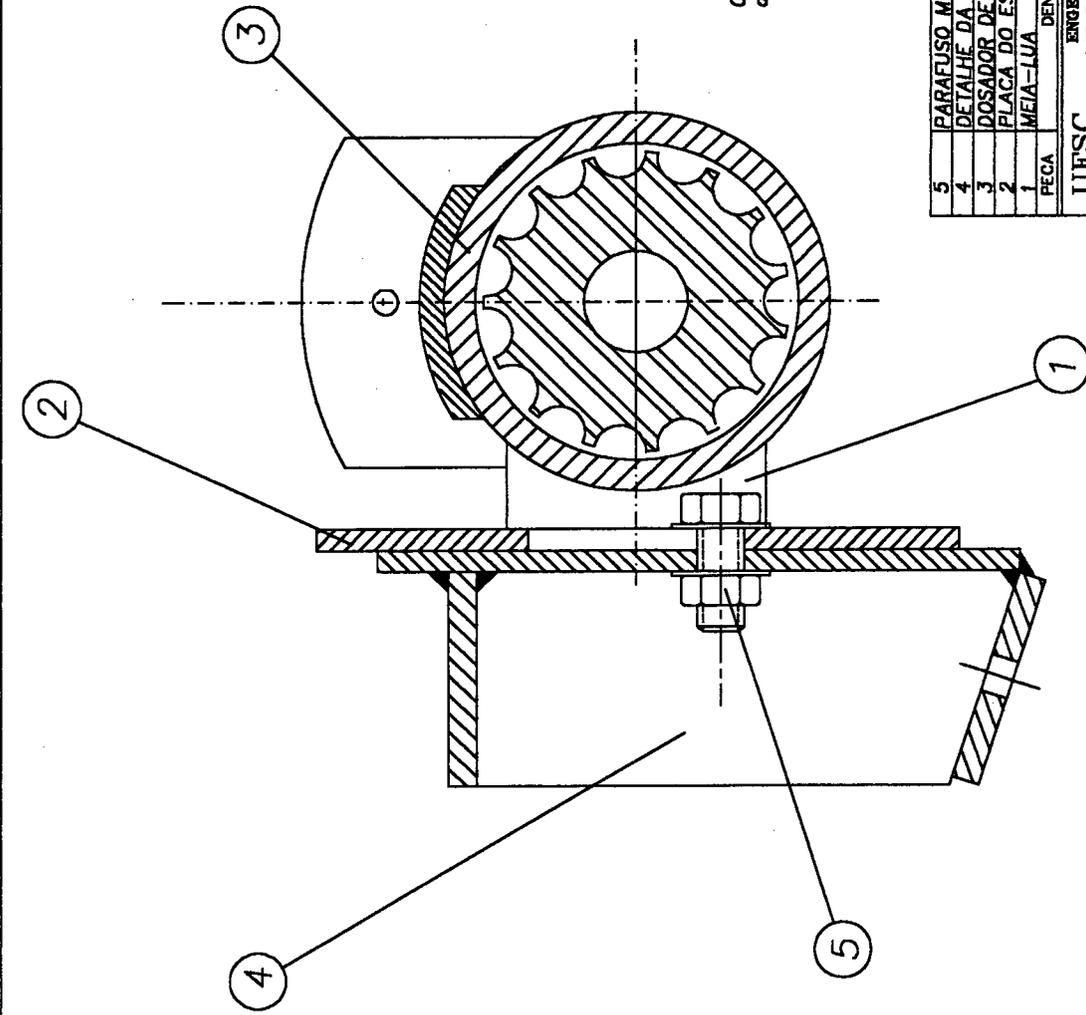
- [88] RÖGNITZ, H. , *Variadores escalonados de velocidades em máquinas-ferramenta*, tradução do Prof. Gaspar E. Stemmer, Editora Polígono, São Paulo, 1973.
- [89] GREMAPA Ltda., Importadora de ferragens, *Catálogos de correntes de rolos e rodas dentadas*, São Paulo, 1992.
- [90] GOODYEAR, *Cálculos e recomendações para correias multi-V 3-T*, São Paulo, 1990.
- [91] HUNTER, A.G.M., *Critical direct descent and ascent slopes for an agricultural tractor with forage harvester and trailer*, *International Journal of Vehicle Design*, vol. 2, nº3, pp. 289-298, 1981.
- [92] BACK, N., ROSA, E. da, BARCELLOS, C.S. de, NICOLAZZI, L.C., FILHO, A.B., AMANO, N. e FORCELLINI, F.A., *Estabilidade em Tratores Agrícolas*, Projeto Minitrator Agrícola, UFSC, Florianópolis, 1984.
- [93] BACK, N. e LEAL, L.C.M., *Uma metodologia de planejamento de teste de produtos industriais*, pp. 61-69, nº1, vol.2, revista *Produção*, Rio de Janeiro, outubro/1991.

APÊNDICE 1
DESENHOS DE CONJUNTO DA SULCADORA ADUBADORA



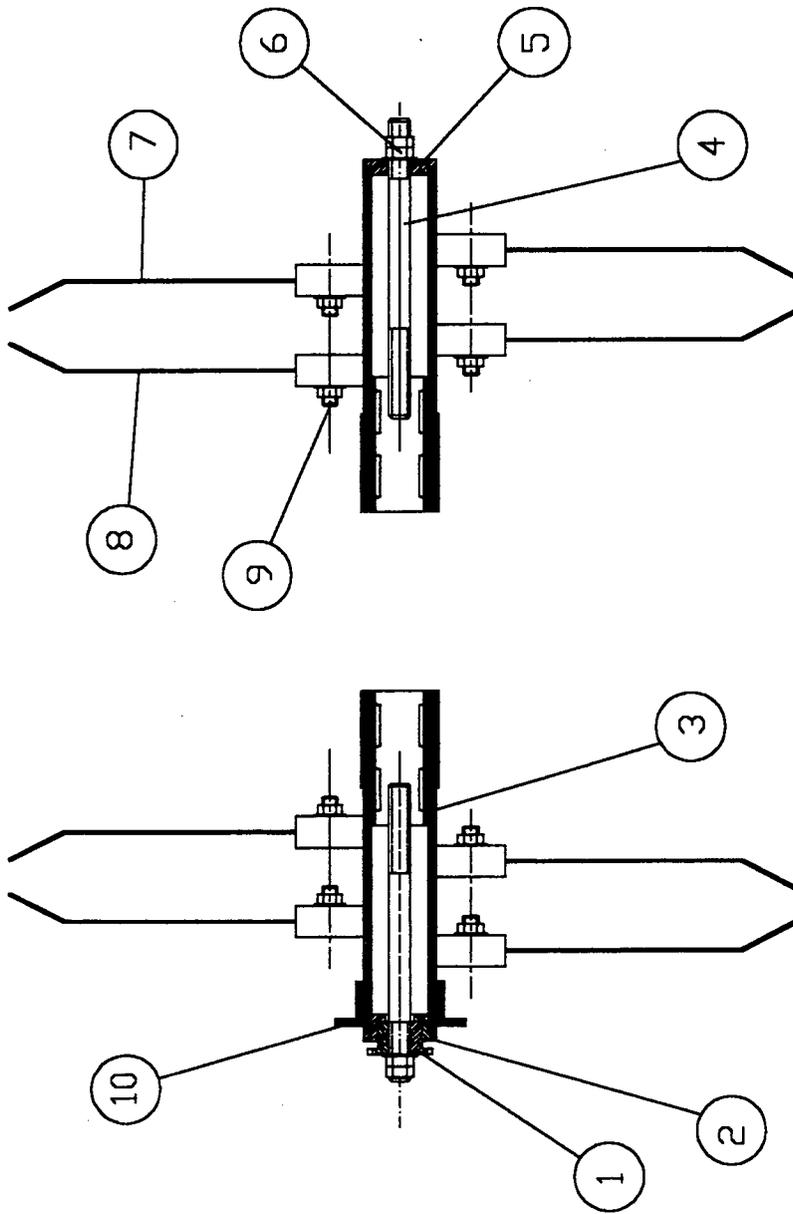
CORTE AA

13	Parafuso M3	2		
12	Vedacao da Regulagem	1	NYLON	
11	Carcaca do Rotor	1	Aco ABNT1020	
10	Chapa de Ajuste	1	Aco ABNT1020	
8	Eixo do Rotor	1	Aco ABNT1020	ver descricao e tubacao
8	Tampa da Carc. do Rotor c/ F. Can.	1	Aco ABNT1045	2 unid. no desenh. n.1
7	Placas Laterais do Rotor	2	Aco ABNT1045	
6	Rotor	1	ferro fundido	
5	Tampa da Carcaca do Rotor	1	Aco ABNT1045	opencas no desenh. n.2
4	Parafuso	1	Aco ABNT1020	
3	Chapa Posterior	1	Aco ABNT1020	
2	Chapa Lateral	2	Aco ABNT1020	
1	Chapa Anterior	1	Aco ABNT1020	
PECA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO IMPLEMENTO PARA PREPARO E ADUBACAO DE SULCOS				
				
NOME DATA VISTO DATA ESCALA 1:1		DES. N. SUBS.POR EM SUBS.DE UNIDADE APPROV.		

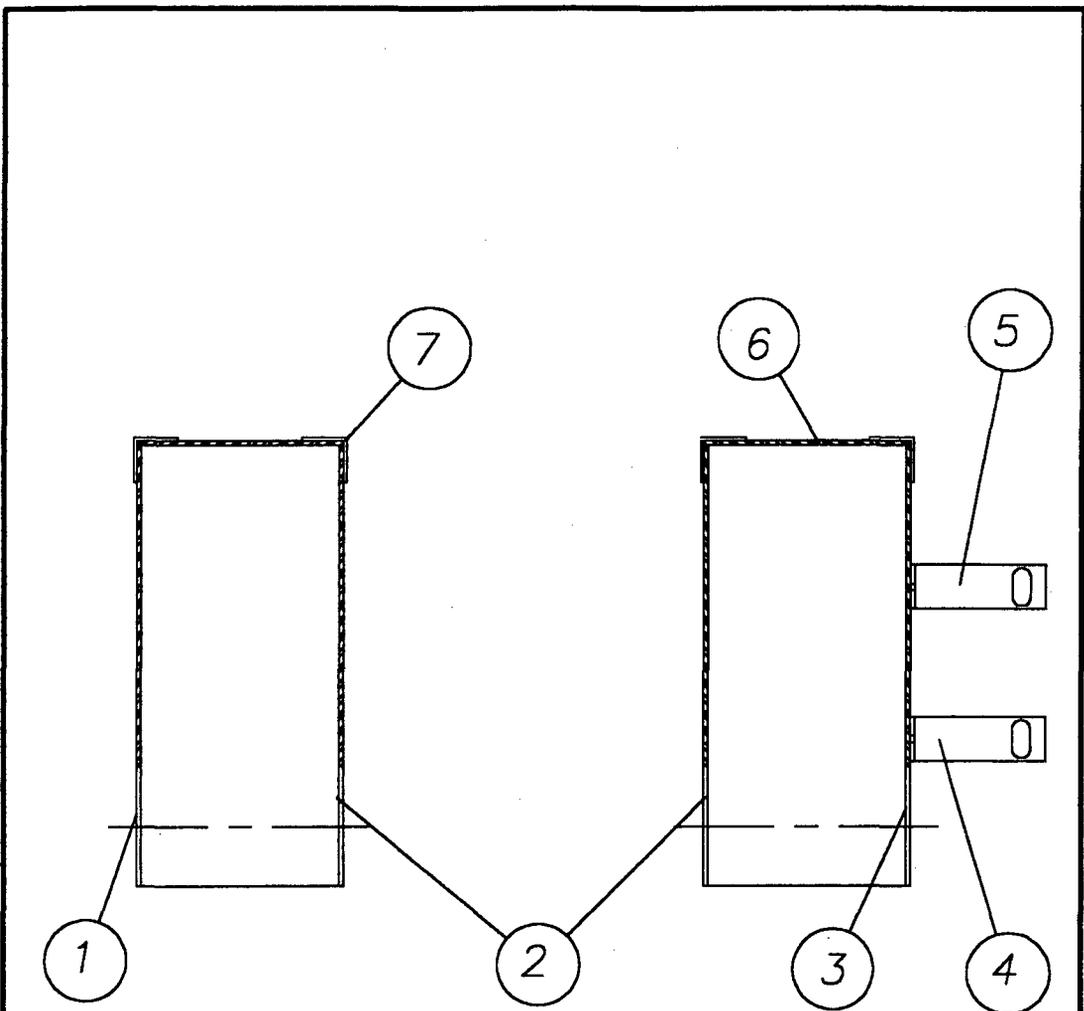


Obs.: As peças 2 e 3 são unidas 'a peça 1 através de solda.

5	PARAFUSO M10	02	COMPRADO
4	DETALHE DA ESTRUTURA	02	VER POR SEU. ENTREGADA
3	DOSADOR DE ADUJO	02	VER POR SEU. ENTREGADA
2	PLACA DO ESTICADOR	02	ACO ABNT 1020
1	MEIA-LUA	02	ACO ABNT 1020
PEÇA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL
UFSC ENGENHARIA MERCANTIL LABORATORIO DE PROJETO			
LP IMPLEMENTO PARA PREPARO E ADUBACAO DE SULCOS			
NOME		DATA	DEB. N°
VISTO		DATA	SUBS. POR
ESCALA		DATA	EM SUBSEDE
1:1		UNIDADE	mm
APROV.			

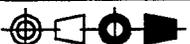


10	Bucha de enroscado	Acabamento	Comprado
09	Parafuso e porca M10		Comprado
08	Faca direita da enxada		Comprado
07	Faca esquerda da enxada		Comprado
06	Porca M14x1,5		Comprado
05	Tampa com furo	Acabamento	Comprado
04	Parafuso M14x1,5	Acabamento	Comprado
03	Faca enxada modificada		Comprado
02	Bucha para rosca 2-1/2		Comprado
01	Roda 2-1/2 passo-3/8 com 20 dentes		Comprado
UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA LABORATORIO DE PRODUTO			
17 Implemento para preparo e adubacao de sulcos			
MATERIAL		UNIVERSIDADE	
Nome	DATA	UNIDADE	
Assinatura	DATA	UNIDADE	
	DATA	UNIDADE	
	DATA	UNIDADE	
	DATA	UNIDADE	

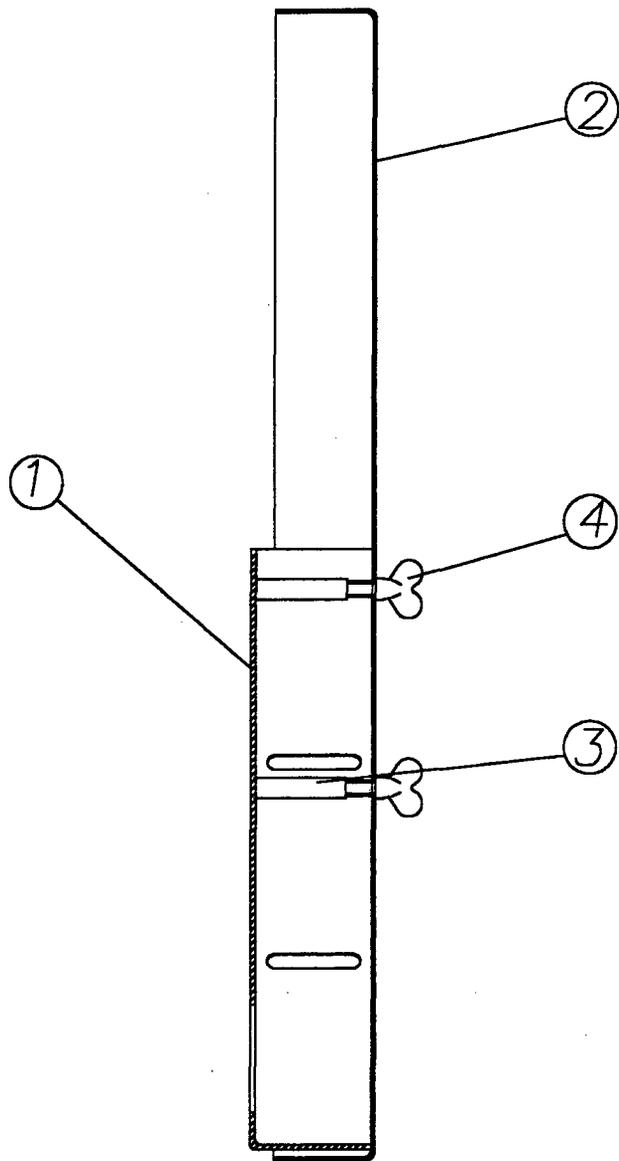


NOTA:
 A peça 7 e' fixada atraves de solda ponto, ver disposicao no desenho do paralamo montado.
 A peça 6 e' calandrada de acordo com a forma das chapas laterais.

7	Cantoneira de fixacao em L	52	AcoABNT1020	espessura = 1mm
6	Chapa de cobertura (140x1.5x900)	2	AcoABNT1020	
5	Suporte n.1 da protecao	1	AcoABNT1020	ver des. detalhes
4	Suporte n.2 da protecao	2	AcoABNT1020	ver des. detalhes
3	Chapa lateral externa tipo 1	1	AcoABNT1020	
2	Chapa lateral interna	2	AcoABNT1020	
1	Chapa lateral externa tipo 2	1	AcoABNT1020	

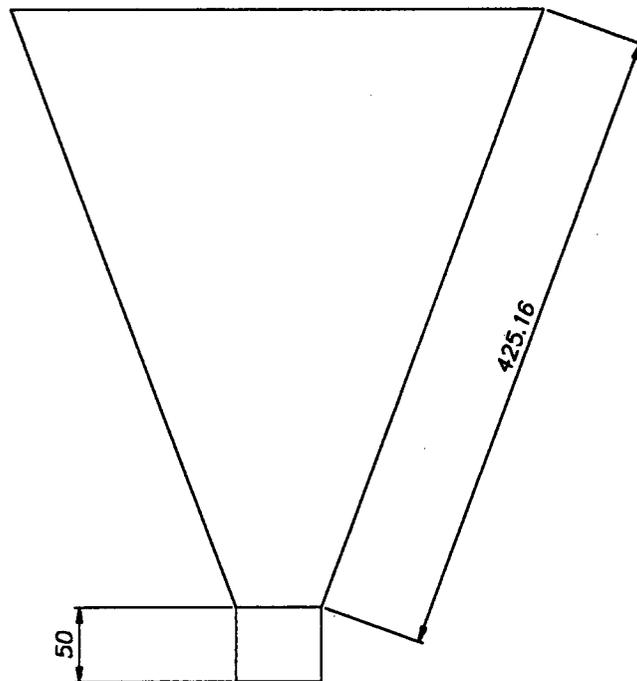
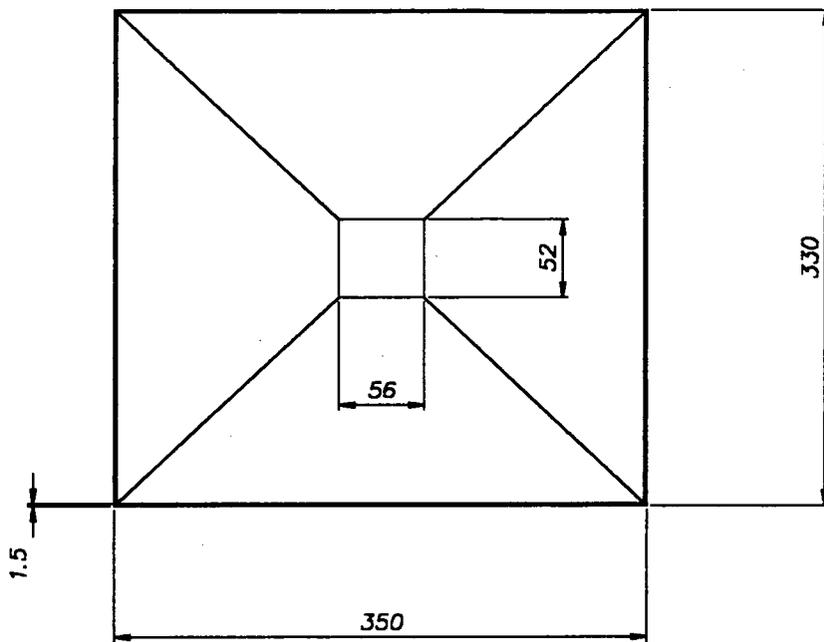
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO		NOME	DES N°	
			DATA	SUBS.POR	
			VISTO	EM SUBS.DE	
			DATA	UNIDADE	mm
			ESCALA 1:4	APROV.	

Implemento de preparo e adubacao de sulcos



04	PORCA BORBOLETA 5/16"	02		COMPRADO
03	PARAFUSO 5/16"x 3 1/2"	02		COMPRADO
02	PROTECAO EXTERNA	01	ACO ABNT 1020	
01	PROTECAO INTERNA	01	ACO ABNT 1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	NOME	DES N°	
		DATA	SUBS.POR	
LP	IMPLEMENTO PARA PREPARO E ADUBACAO DE SULCOS	VISTO	EM SUBS.DE	
		DATA	UNIDADE	mm
		ESCALA 1:3	APROV.	



8	Reservatorio de adubo	2	AcoGalvanizado	ver planificacao	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	NOME		DES N°	
		DATA		SUBS.POR	
	<i>Implemento para preparo e adubacao de sulcos</i>	VISTO		EM SUBS.DE	
		DATA		UNIDADE	mm
		ESCALA 1:1	APROV.		

APÊNDICE 2
DESENHOS DE CONJUNTO DO MICROTRATOR

4º dígito : informações sobre a forma inicial da peça bruta

- 0 : peça comprada pronta (rolamentos, anéis elásticos, parafusos, etc.);
- 1 : chapa fina (espessura < 5 mm);
- 2 : chapa grossa (espessura ≥ 5 mm);
- 3 : perfil de seção circular (ferro redondo, tubo, etc.);
- 4 : perfil de seção não-circular (cantoneira, perfil em U, etc.);
- 5 : outros tipos de materiais (borracha, fibra, etc.);
- 6 : desenho composto de várias peças para montagem ou soldagem.

5º e 6º dígitos : principais operações de fabricação

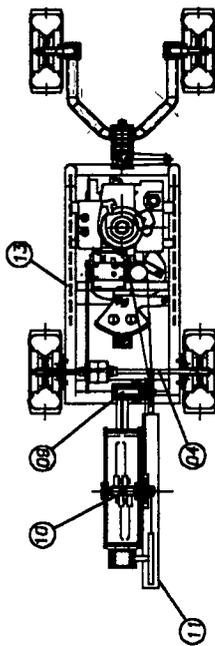
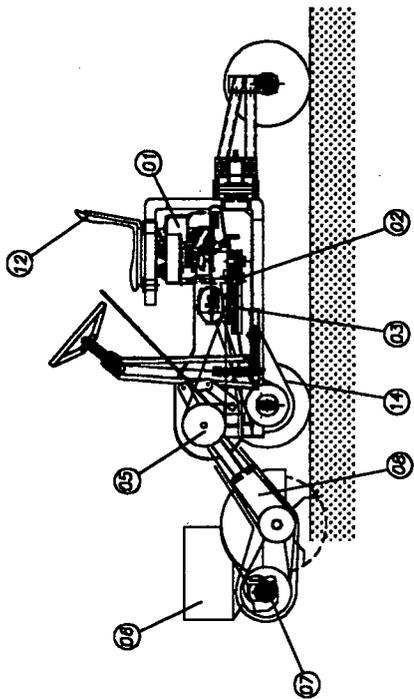
- C : cortar;
- D : dobrar;
- S : soldar;
- O : furar;
- R : rebitar;
- F : fresar;
- H : chanfrar;
- L : limar;
- T : torneiar;
- Q : rosquear;
- X : cortar com oxigênio;
- M : mandrilhar;
- A : ajustar;
- E : engraxar;
- U : lubrificar.

7º e 8º dígitos : correspondem ao nº do item na lista de peças,

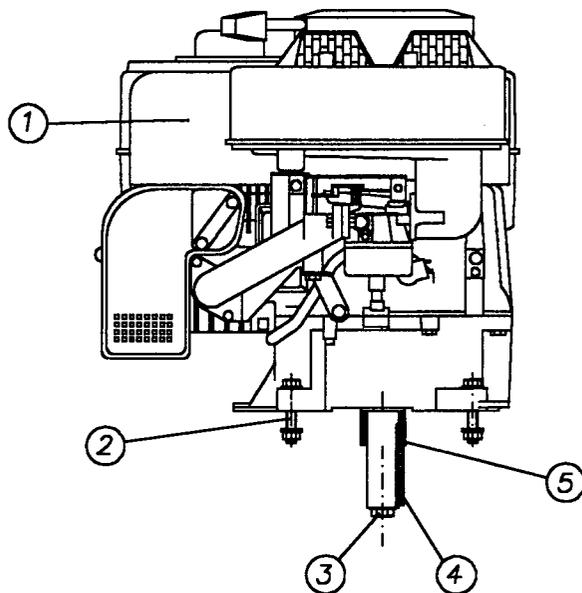
ou: "LP" quando for um desenho de conjunto com lista de peças,

"CT" quando for um desenho de conjunto cotado,

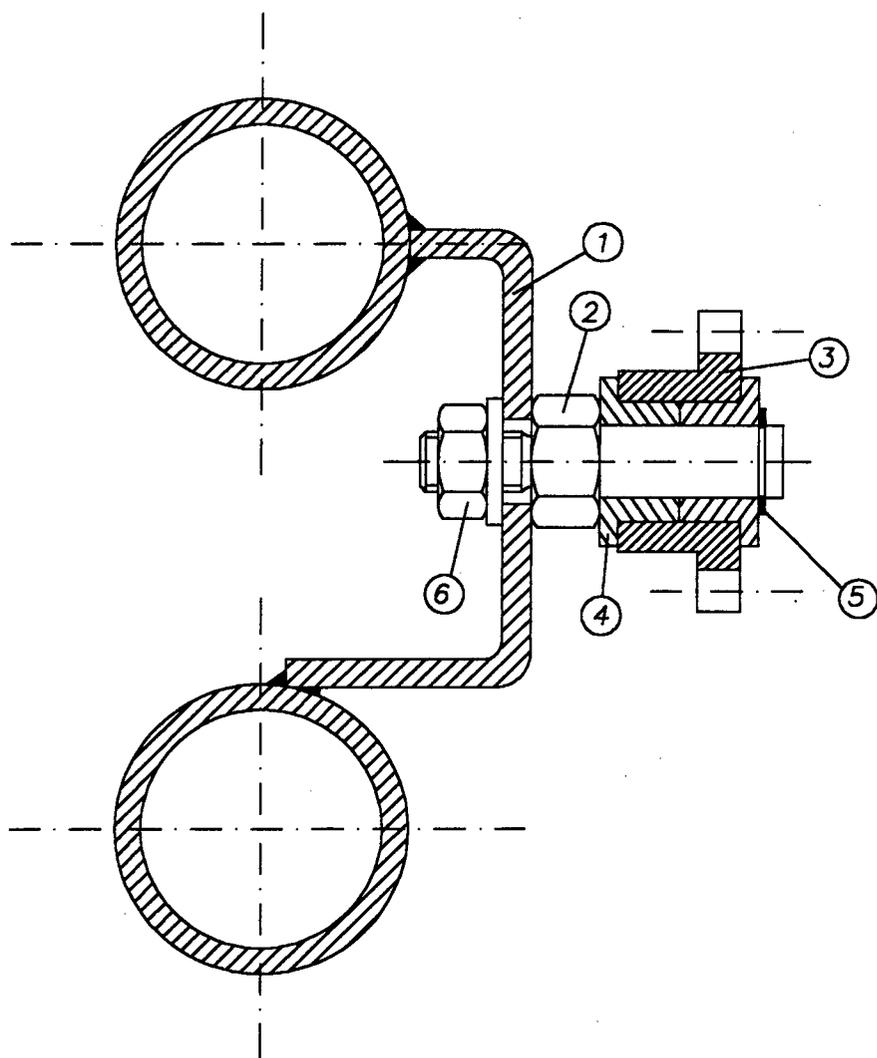
"D1" quando for um desenho de detalhe.



14	PROTEÇÃO DO FUNDO				DES. COD. EF08RFLP
13	SUBCONJUNTO CHASSIS DIANTEIRO				DES. COD. E0408SLP
12	SUBCONJUNTO BANCO				DES. COD. C4808SLP
11	SUBCONJ. PROTEÇÃO DAS CORREIAS				DES. COD. EP1000CZ
10	SUBCONJUNTO ENXADAS ROTATIVAS				DES. COD. S1808SLP
09	SUBCONJUNTO ARTICULAÇÃO				DES. COD. S0408SLP
08	SUBCONJUNTO GAIRO				DES. COD. S0208SLP
07	SUBCONJUNTO DOSADOR DE ADUBO				DES. COD. S4080SLP
06	SUBCONJUNTO RESERVATÓRIO DE ADUBO				DES. COD. S4808RFL
05	SUBCONJ. TRANSM. POT. PRETARO DE SILCOS				DES. COD. PT3080SLP
04	SUBCONJUNTO TRACAO NAS RODAS				DES. COD. PT1080SLP
03	SUBCONJUNTO EIXO INTERMEDIARIO				DES. COD. PT8080SLP
02	SUBCONJUNTO EMBREAGEM				DES. COD. PE808SLP
01	SUBCONJUNTO MOTOR				DES. COD. PM080SLP
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA			DES. N°	
	LABORATORIO DE PROJETO			SUBS.POR	
				EM	SUBS.DE
				UNIDADE	mm
				ESCALA	APROV.
LP TRATOR DE PEQUENO PORTE					



05	ANEL ESPACADOR Ø36	01	ACO ABNT 1020	DES.COD. PMM3CT05
04	CHAVETA 6X6X48	01	ACO ABNT 1020	COMPRADA
03	PARAFUSO E ARRUELA 3/8" ROSCA FINA	01	ACO ABNT 1020	COMPRADO
02	PARAFUSO, PORCA E ARRUELAS M8X40	01	ACO ABNT 1020	COMPRADO
01	MOTOR A GASOLINA TVXL 195	01		DES.COD. PMMOUA01
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	NOME	WELLINGTON	DES.COD. PMMOAULP
		DATA	03/03/94	SUBS.POR
LP	TRATOR DE PEQUENO PORTE MODULO DE TRANSMISSÃO DE POTENCIA CONJUNTO DE PRODUÇÃO DE POTENCIA	VISTO	VALDIERO	EM SUBS.DE
		DATA	14/04/94	UNIDADE
		ESCALA	1:5	mm
		APROV.		



06	BUCHA E ARRUELA DE PRESSAO M10	01		COMPRADO
05	ANEL SEEGER 501.012	01		COMPRADO
04	BUCHA PARTIDA	02	NYLON	DES.COD. PTE3T004
03	RODA DENTADA, 11 DENTES, PASSO=12.7mm	01		DES.COD. PTE00T03
02	EIXO COM SEXTAVADO	01	ACO ABNT 1020	DES.COD. PTE3TF02
01	APOIO COM RASGO	01	ACO ABNT 1020	DES.COD. PTE4CF01
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

NOME WELLINGTON DES.COD. PTE6ASLP

DATA 21/02/94 SUBS.POR

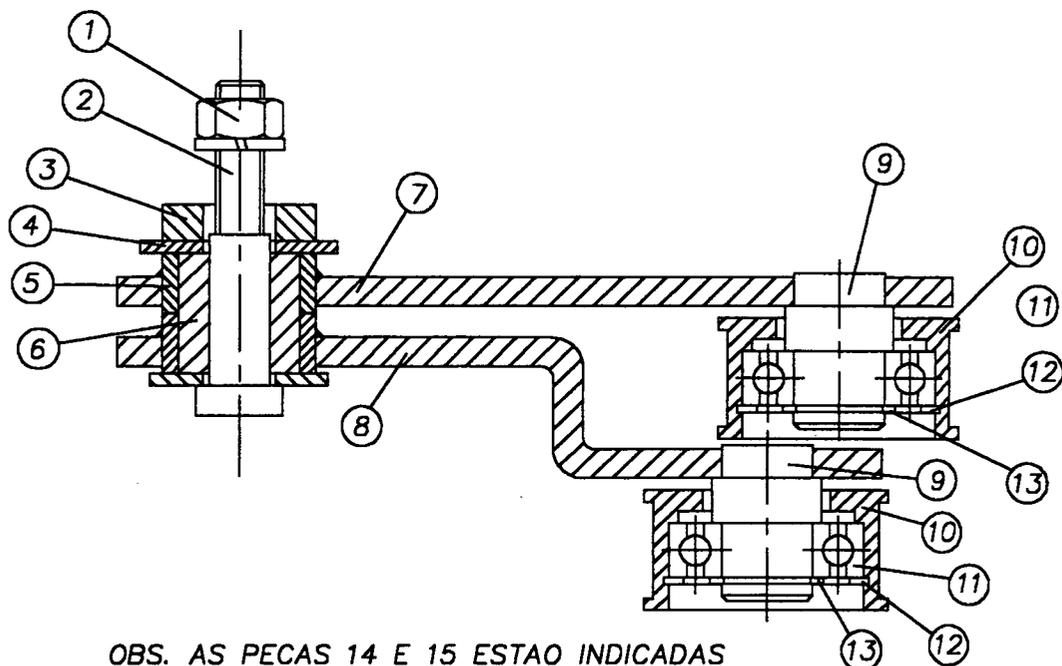
VISTO VALDIERO EM SUBS.DE

DATA 25/04/94 UNIDADE mm

ESCALA 1:1 APROV.

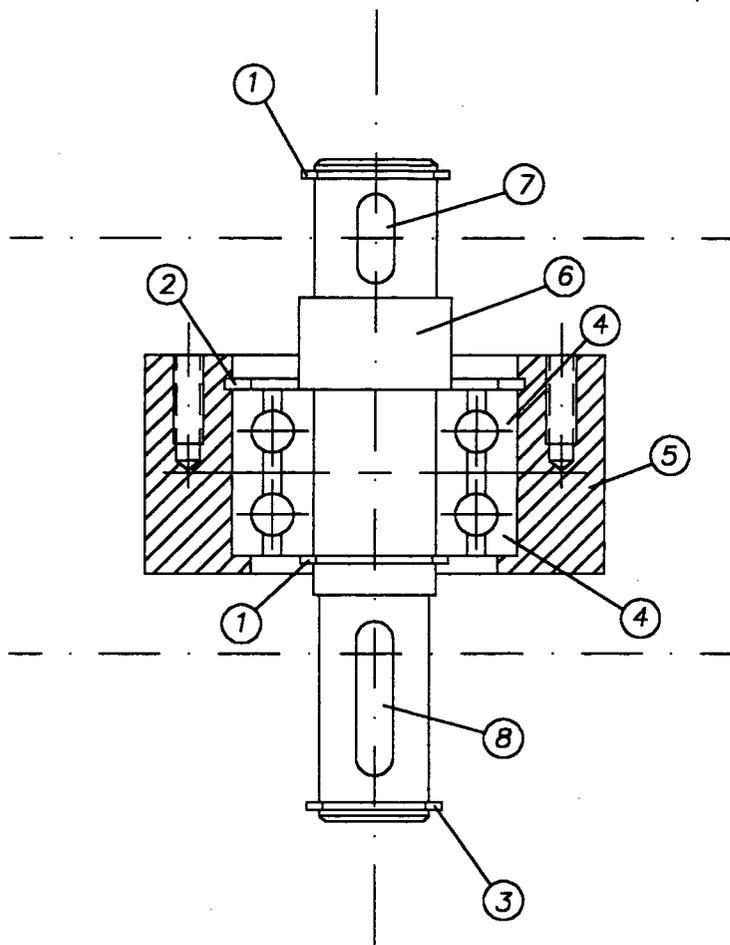


TRATOR DE PEQUENO PORTE
MODULO DE TRANSMISSAO DE POTENCIA
SUBCONJ. ESTICADOR DE CORRENTE



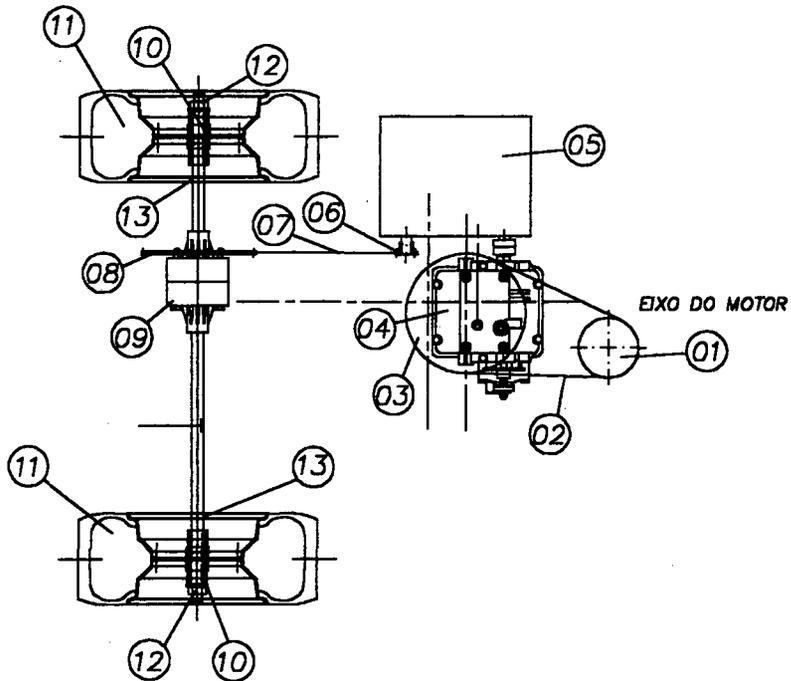
OBS. AS PECAS 14 E 15 ESTAO INDICADAS NOS DESENHOS PARA SOLDAGEM (DES.COD. PEE6ASD1 E PEE6ASD2)

15	BRACO 1	01	ACO ABNT 1020	DES.COD. PEE4C015			
14	BRACO 2	01	ACO ABNT 1020	DES.COD. PEE4C014			
13	ANEL SEEGER 501.015	02		COMPRADO			
12	ANEL SEEGER 502.032	02		COMPRADO			
11	ROLAMENTO SKF 6002-2Z	02		COMPRADO			
10	ROLETE	02	ALUMINIO	DES.COD. PEE3CT10			
09	EIXO DO ROLAMENTO	02	ACO ABNT 1020	DES.COD. PEE3CT09			
08	BRACO DOBRADO 3/16"X1/4"(4,7X31.7)	01	ACO ABNT 1020	DES.COD. PEE4C008			
07	BRACO RETO 3/16"X1/4"(4,7X31.7)	01	ACO ABNT 1020	DES.COD. PEE4C007			
06	BUCHA NYLON	01	NYLON	DES.COD. PEE3CT06			
05	MANCAL	02	ACO ABNT 1020	DES.COD. PEE3CT05			
04	TAMPA LATERAL	02	ACO ABNT 1020	DES.COD. PEE3C004			
03	ANEL ESPACADOR	01	ACO ABNT 1020	DES.COD. PEE3C003			
02	EIXO PRINCIPAL	01	ACO ABNT 1020	DES.COD. PEE3T002			
01	PORCA E ARRUELA DE PRESSAO M8	01	ACO ABNT 1020	COMPRADO			
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO			
UFSC			ENGENHARIA MECÂNICA	NOME	WELLINGTON	DES.COD. PEE6ASLP	
			LABORATORIO DE PROJETO	DATA	08/12/93	SUBS.POR	
	TRATOR DE PEQUENO PORTE		VISTO	VALDIERO	EM SUBS.DE		
	MODULO DE TRANSMISSAO DE POTENCIA		DATA	26/01/94	UNIDADE	mm	
	SUBCONJUNTO ESTICADORES DE CORREIA		ESCALA	1:1	APROV.		



08	CHAVETA 6X6	01	ACO ABNT 1020	DES.COD.PTS4CL08
07	CHAVETA 6X6	01	ACO ABNT 1020	DES.COD.PTS4CL07
06	EIXO	01	ACO ABNT 1020	DES.COD.PTS3TF06
05	MANCAL	01	ACO ABNT 1020	DES.COD.PTS3TQ05
04	ROLAMENTO SKF 6204-2Z	02		
03	ANEL SEEGER COD.501.018	01		
02	ANEL SEEGER COD.502.047	01		
01	ANEL SEEGER COD.501.020	02		

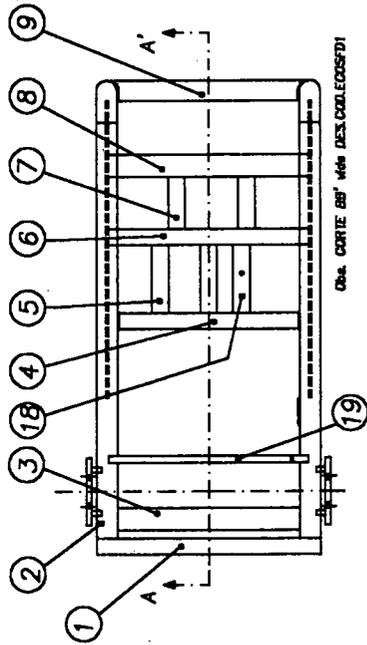
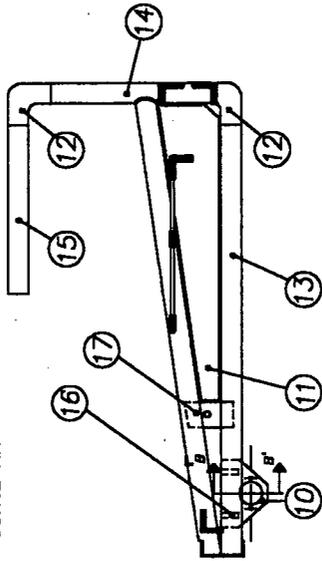
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO			NOME WELLINGTON DES.COD.PTS6ALLP DATA 17/02/94 SUBS.POR	
LP	TRATOR DE PEQUENO PORTE MODULO DE TRANSMISSAO DE POTENCIA SUBCONJUNTO PREPARO DE SULCOS		VISTO VALDIERO EM SUBS.DE	
			DATA 14/04/94 UNIDADE mm	
			ESCALA APROV.	
		1:1		



13	ROLAMENTO PFT 47	02		COMPRADO
12	PORCA CASTELO M16X2	02		DES.COD.PTT0EA12
11	RODA (ARO+CAMARA DE AR+PNEU)	02		DES.COD.PTT4CL11
10	CHAVETA	02		DES.COD.PTT0TQ10
09	DIFERENCIAL	01		DES.COD.PTT0OF09
08	RODA DENTADA	01		COMPRADA
07	CORRENTE DE ROLOS	01		DES.COD.PTT0OF07
06	RODA DENTADA	01		VER DES.COD.PTT6SULP
05	REDUTOR OPCIONAL DE BAIXA VELOCIDADE	01		
04	CAIXA DE VELOCIDADES	01		VER DES.COD.PTT0EA04
03	POLIA TIPO A ($\varnothing 200\text{mm}$)	01	ALUMINIO FUNDIDO	DES.COD.PTT0OF03
02	CORREIA GOODYEAR MULTI-V 3-T A-38	01		COMP.=1000mm
01	POLIA TIPO A ($\varnothing 100\text{mm}$)	01	ALUMINIO FUNDIDO	DES.COD.PTT0OF01
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	NOME	WELLINGTON	DES.COD.PTT6AELP
		DATA	10/09/94	SUBS.POR
LP	TRATOR DE PEQUENO PORTE MODULO DE TRANSMISSAO DE POTENCIA SUBCONJUNTO TRACAO RODAS	VISTO	VALDIERO	EM SUBS.DE
		DATA	14/04/94	UNIDADE
		ESCALA	1:10	APROV.

CORTE AA'

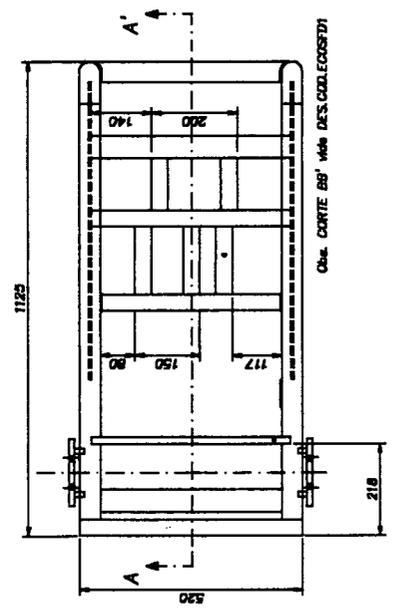
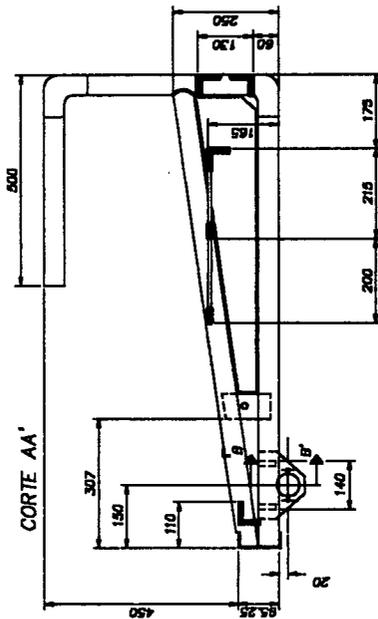


Obs. CORTE BB' ver. DES.COL.EC03CH01

19	CANTONEIRA GUA DO CABO DOS PEDAIS	01	ACO ABNT 1020	
18	BAIRRA CHATA	01	ACO ABNT 1020	
17	PLACA DE FIXAÇÃO DO EIXO DOS PEDAIS	01	ACO ABNT 1020	
16	MEIA-LUA DE FIXAÇÃO	04	ACO ABNT 1020	DES.COL.EC03CH15
15	PERFIL TUBULAR Ø 48.25	02	ACO ABNT 1020	DES.COL.EC03CH15
14	PERFIL TUBULAR Ø 48.25	02	ACO ABNT 1020	DES.COL.EC03CH14
13	PERFIL TUBULAR Ø 48.25	02	ACO ABNT 1020	DES.COL.EC03CH15
12	CURVA 90° P/ PERFIL TUBULAR	04	ACO ABNT 1020	COMPRADO
11	CHAPA GROSSA 3/16"	02	ACO ABNT 1020	DES.COL.EC03MH11
10	CHAPA GROSSA 1/2"	02	ACO ABNT 1020	DES.COL.EC03BL10
09	CANTONEIRA DE ABAS IGUAIS 3/8"x2"	03	ACO ABNT 1020	DES.COL.EC04CH08
08	CANTONEIRA DE ABAS IGUAIS 3/8"x2"	01	ACO ABNT 1020	DES.COL.EC04CH08
07	BAIRRA CHATA 5/16"x11/2"	02	ACO ABNT 1020	DES.COL.EC04CH07
06	BAIRRA CHATA 5/16"x11/2"	01	ACO ABNT 1020	DES.COL.EC04CH08
05	BAIRRA CHATA 5/16"x11/2"	02	ACO ABNT 1020	DES.COL.EC04CH08
04	BAIRRA CHATA 5/16"x11/2"	01	ACO ABNT 1020	DES.COL.EC04CH04
03	CANTONEIRA DE ABAS IGUAIS 3/8"x2"	01	ACO ABNT 1020	DES.COL.EC04CH03
02	PERFIL TUBULAR Ø 48.25	02	ACO ABNT 1020	DES.COL.EC04CH02
01	PERFIL EM "U" 100X38	01	ACO ABNT 1020	DES.COL.EC04CH01
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO			
			NOME	WELLINGTON DES.COL.EC03SFLF
			DATA	08/10/83
			VISTO	EM SUBSLDE
			DATA	16/01/84
			UNIDADE	mm
			ESCALA	1:10
			APROV.	

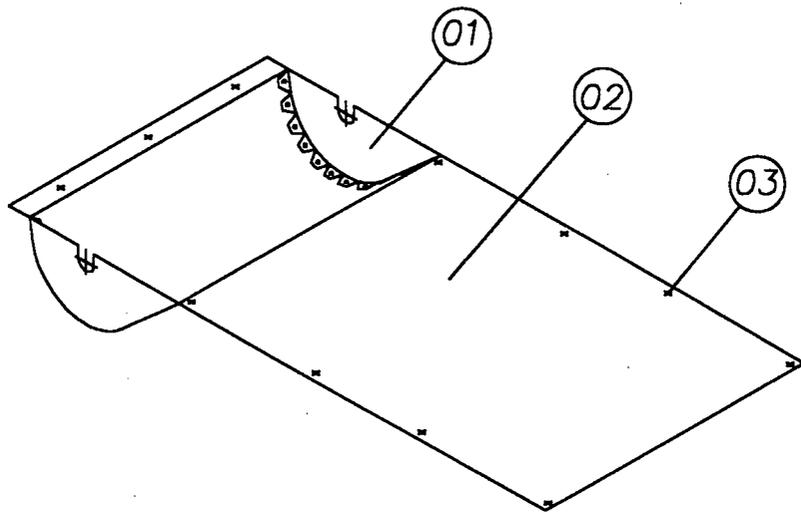
4

TRATOR DE PEQUENO PORTE
MÓDULO ESTRUTURAL DIANTEIRO
CONJUNTO CHASSIS

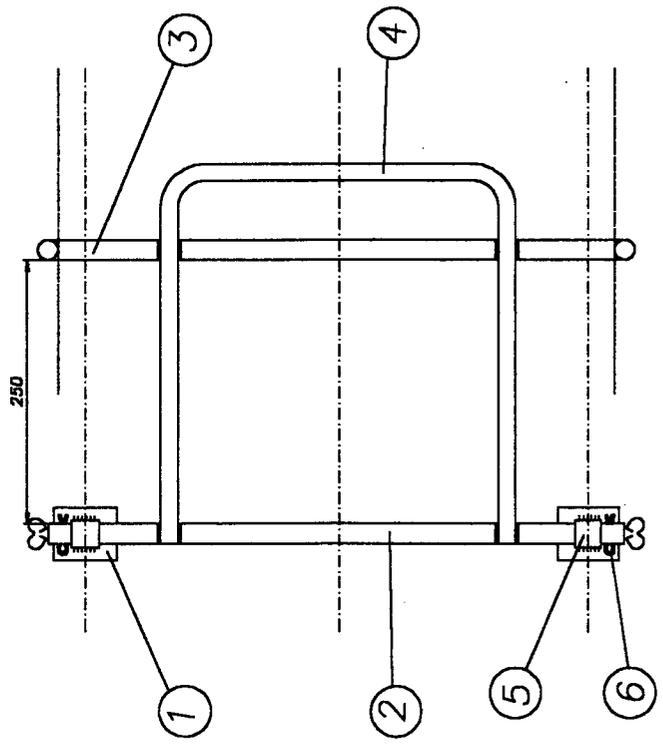
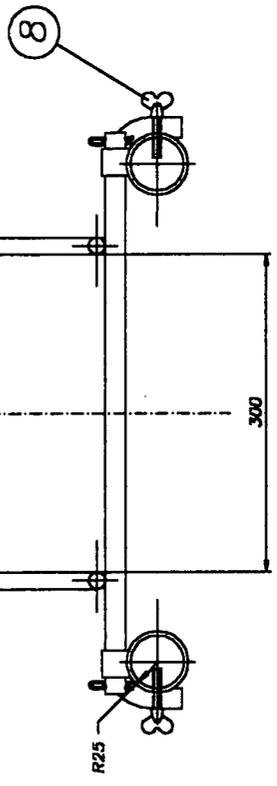
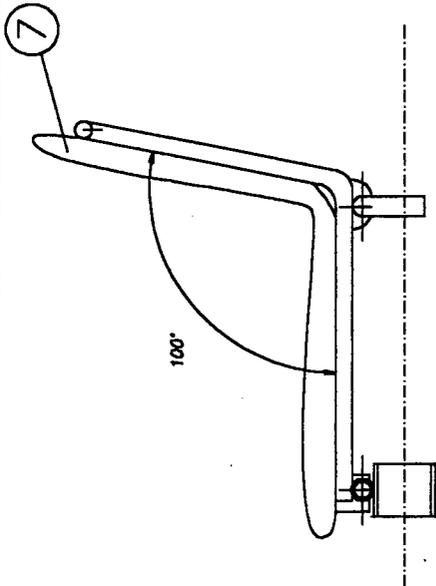


Obs. CORTE BB' não descolocar!

00	CHASSIS	01			
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATÓRIO DE PROJETO			NOME	DES. COO. E CORRETE
	TRATOR DE PEQUENO PORTE MÓDULO ESTRUTURAL DIANTEIRO CONJUNTO CHASSIS			DATA	08/10/83
				VISTO	VALDNERO EM SUBSDE
				DATA	19/01/84
				ESCALA	1:10
				APROV.	

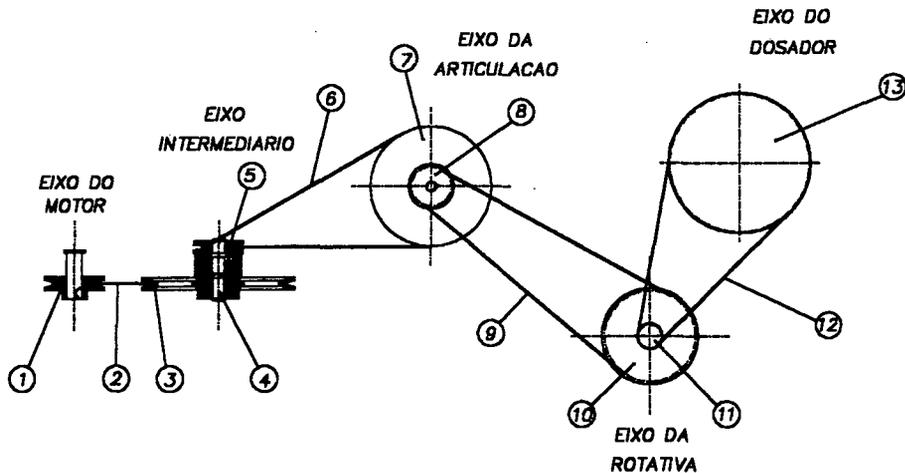


03	PARAFUSO E ARRUELA DE PRESSAO M5	11	ACO ABNT 1020	COMPRADO
02	CHAPA PRINCIPAL	01	ACO GALVANIZADO	DES.COD. EPF1CD02
01	CHAPA LATERAL	02	ACO GALVANIZADO	DES.COD. EPF1CD01
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC LP	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO		NOME	WELLINGTON DES.COD. EPF6RFLP
			DATA	03/04/94 SUBS.POR
			VISTO	EM SUBS.DE
			DATA	UNIDADE mm
			ESCALA	APROV.
TRATOR DE PEQUENO PORTE CONJUNTO DE PROTECOES SUBCONJ. PROTECAO DO FUNDO			1:10	



08	PARAFUSO BORBOLETA	02	ACO	COMPRADO
07	ASSENTO DE CADEIRA	01	PLASTICO	COMPRADO
06	PINO #3	02	ACO	COMPRADO
05	BUCHA DE ARTICULACAO	02	ACO ABNT 1020	DES.COD. CAB30004
04	APIO P/ ENCOSTO	01	ACO ABNT 1020	DES.COD. CAB30004
03	EIXO APOIO TRASEIRO	01	ACO ABNT 1020	DES.COD. CAB30003
02	EIXO ARTICULACAO	01	ACO ABNT 1020	DES.COD. CAB30002
01	BUCHA-APOIO ASSENTO	02	ACO ABNT 1020	DES.COD. CAB30001
PEÇA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO				
NOME		WELLINGTON		DES.COD. CABRASA/P
DATA		27/03/04		SUBS.POR
VISTO				EM SUBS.DE
DATA				UNIDADE
ESCALA		1:4		APROV.

TRATOR DE PEQUENO PORTE
MODULO DE COMANDO E CONTROLE
SUBCONJ. ASSENTO E ENCOSTO



13	RODA DENTADA DE 76 DENTES, PASSO = 9,525mm	01		DES.COD. PTS0TF13
12	CORRENTE DE ROLOS DE PASSO=9,525mm	01		COMPRADA
11	RODA DENTADA DE 13 DENTES, PASSO=9,525mm	01		DES.COD. PTS0TF11
10	RODA DENTADA DE 30 DENTES, PASSO=15,88mm	01		DES.COD. PTS0TF10
09	CORRENTE DE ROLOS DE PASSO=15,88mm	01		COMPRADA
08	RODA DENTADA DE 13 DENTES, PASSO=15,88mm	01		DES.COD. PTS0TF08
07	POLIA TIPO A (Ø200mm)	01	ALUMINIO FUNDIDO	DES.COD. PTS00F07
06	CORREIA GOODYEAR MULTI-V 3-T A68	01		COMP. 1760mm
05	POLIA TIPO A (Ø80mm)	01	ALUMINIO FUNDIDO	DES.COD. PTS00F05
04	EIXO INTERMEDIARIO	01		VER DES.COD. PTS60QLP
03	POLIA TIPO A (Ø250mm)	01	ALUMINIO FUNDIDO	DES.COD. PTS00F03
02	CORREIA GOODYEAR MULTI-V 3-T A42	01		COMP. 1100mm
01	POLIA TIPO A (Ø100mm)	01	ALUMINIO FUNDIDO	DES.COD. PTS00F01
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

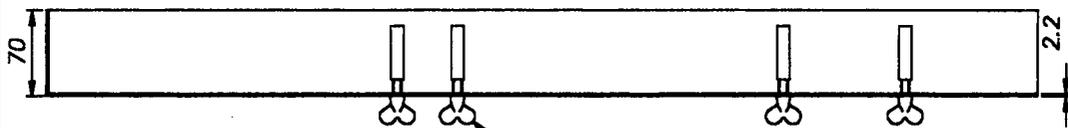
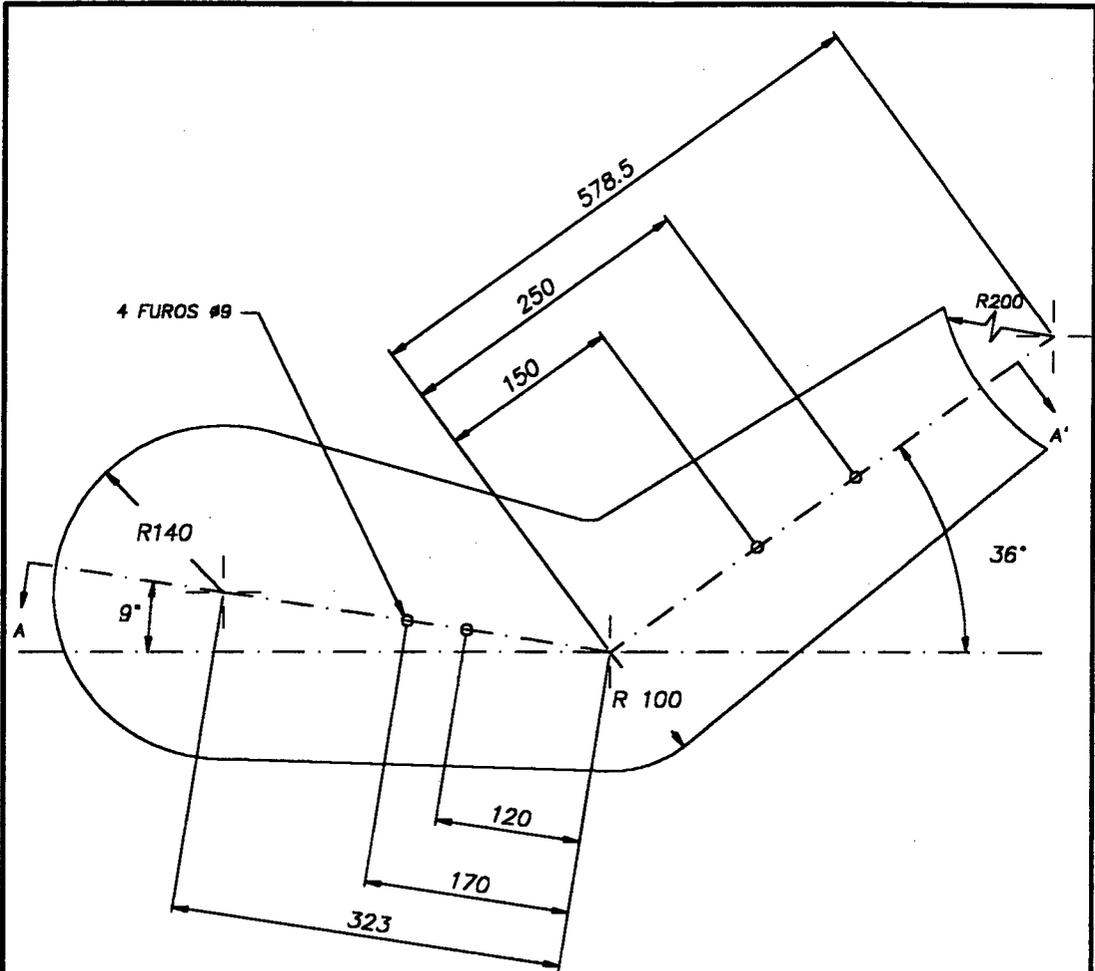
UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO



TRATOR DE PEQUENO PORTE
MODULO DE TRANSMISSAO DE POTENCIA
SUBCONJUNTO PREPARO DE SULCOS

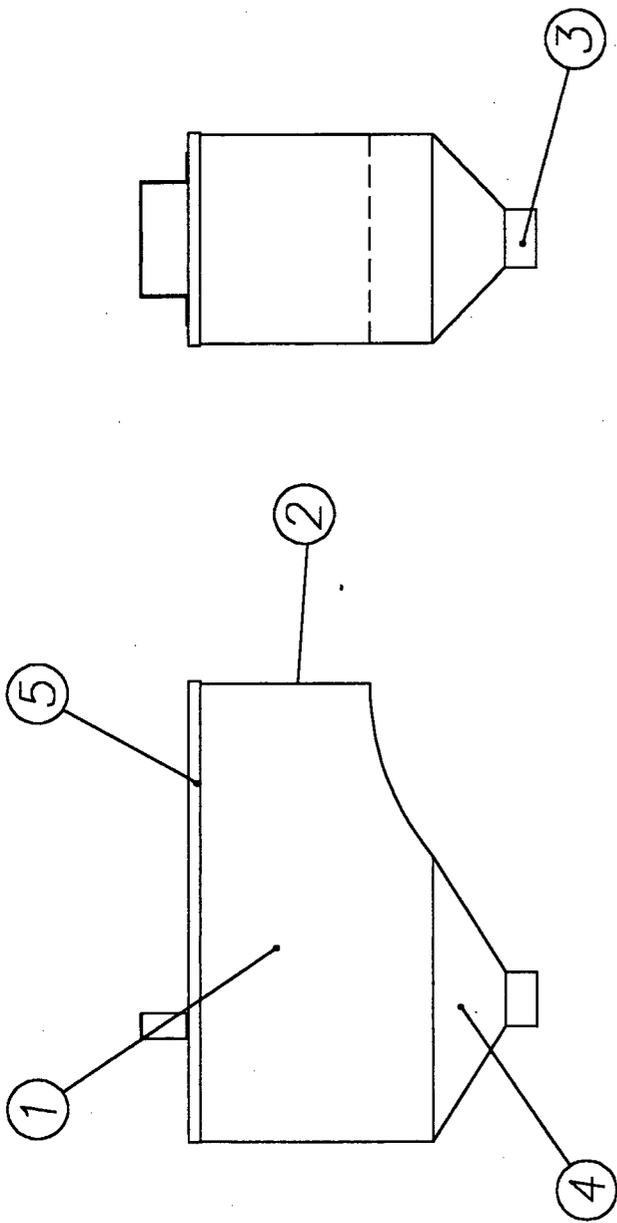
NOME	WELLINGTON	DES.COD.	PTS6AELP
DATA	09/02/94	SUBS.POR	
VISTO	VALDIERO	EM SUBS.DE	
DATA	14/04/94	UNIDADE	mm
ESCALA	1:10	APROV.	



CORTE AA'

4 PARAFUSOS COM PORCA
BORBOLETA 5/16" X 3/4"

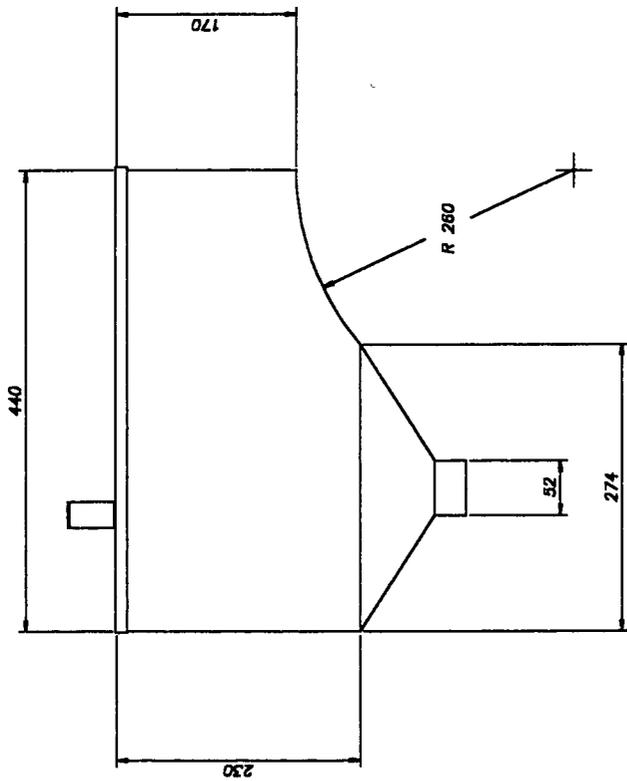
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO		NOME	WELLINGTON
			DATA	18/03/94
LP	TRATOR DE PEQUENO PORTE CONJUNTO DE PROTECOES SUB. CONJ. PROTECAO DAS CORRENTES		VISTO	EM SUBS.DE
			DATA	UNIDADE
			ESCALA	mm
			1:5	APROV.



5	TAMPA DO RESERVATORIO	01	ACD GALVANIZADO	DES.COD. SARTICOD01
4	PEÇA 4 DO RESERVATORIO	01	ACD GALVANIZADO	DES.COD. SARTICOD2
3	PEÇA 3 DO RESERVATORIO	01	ACD AMNT 1020	DES.COD. SARTICOD3
2	PEÇA 2 DO RESERVATORIO	01	ACD GALVANIZADO	DES.COD. SARTICOD4
1	PEÇA 1 DO RESERVATORIO	01	ACD GALVANIZADO	DES.COD. SARTICOD5
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA		NOME	DES.COD. SARTICOD6
	LABORATORIO DE PROJETO		DATA	DES.COD. SARTICOD7
			09/10/83	SIES.POR
			NOME	EM SUBLIDE
			DATA	02/03/84
			UNIDADE	mm
			ESCALA	1:4
			APROV.	

LP

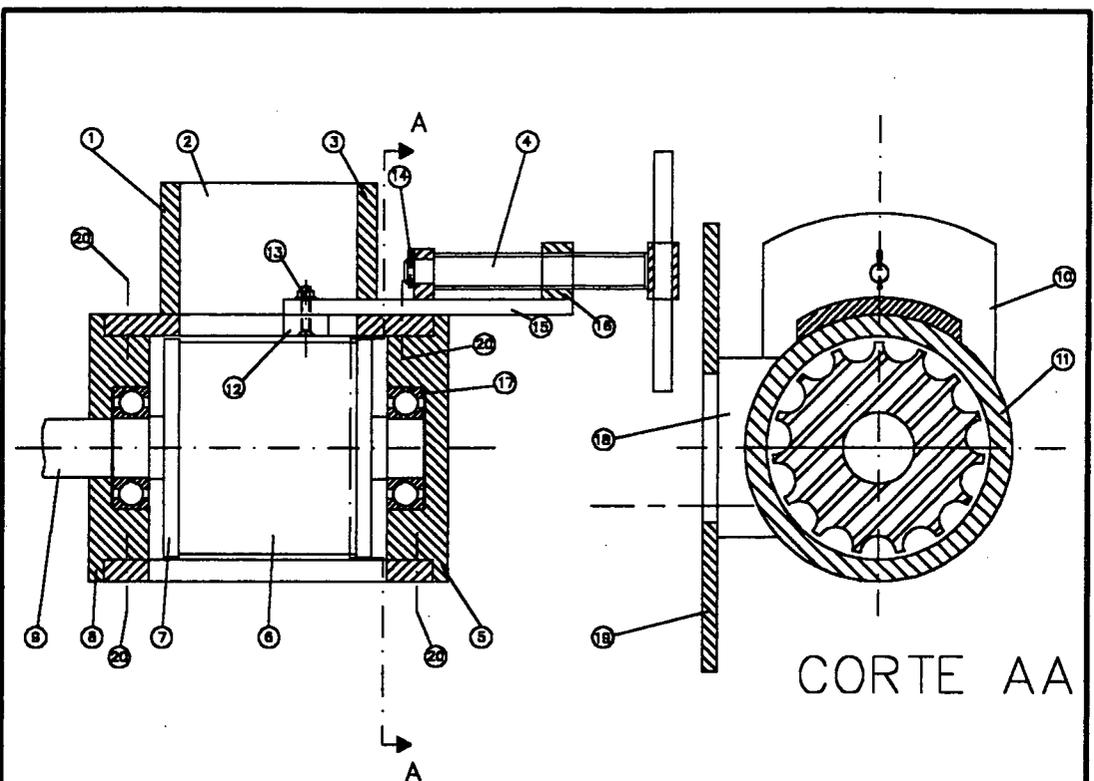
MODULO DE PREPARO PORTE
CONJ. ADUBACAO/SUBCONJ. RESERVATORIO



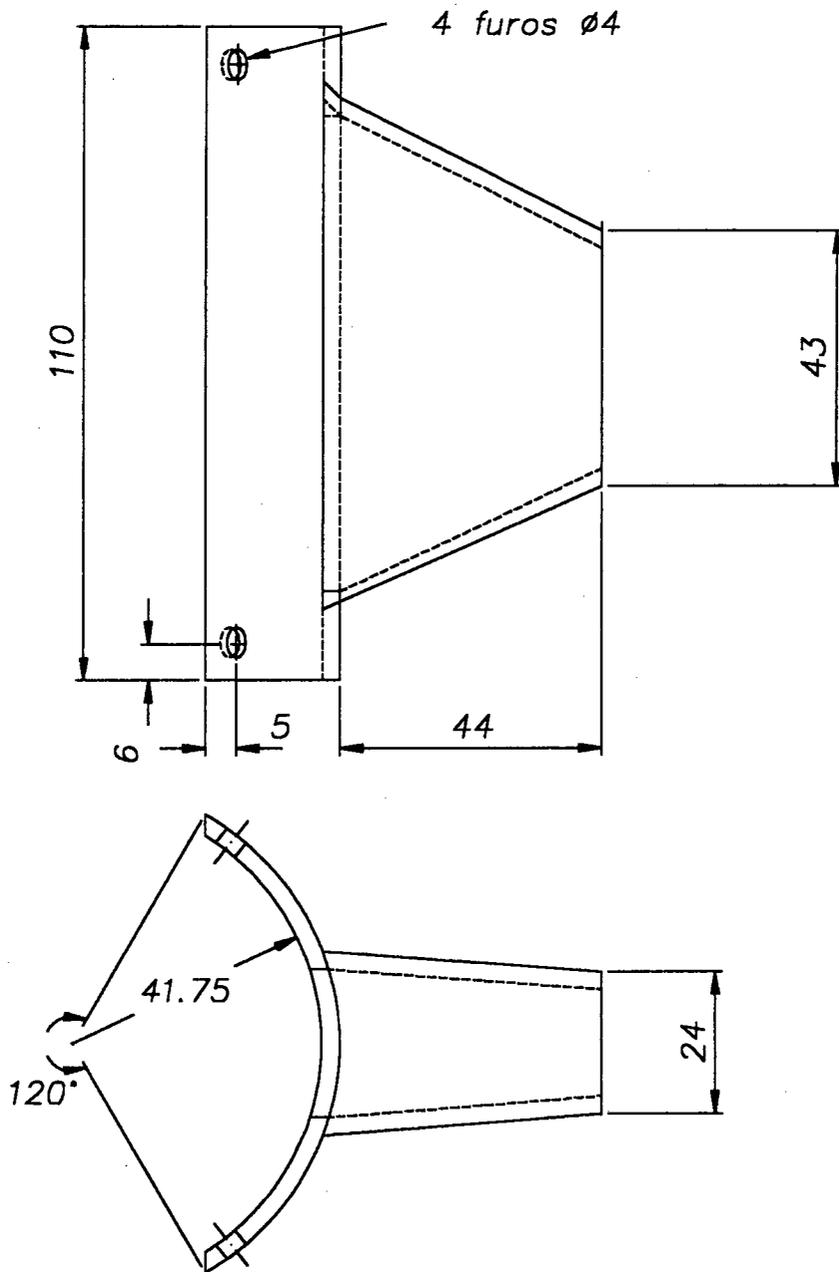
NOTA: AS DIVERSAS PECAS SAO UNIDAS POR REBITES.

PEÇA	CONJUNTO DO RESERVATORIO DENOMINAÇÃO	Q1	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO		WELINGTON	DES. CDR. SARGENT
	TRATOR DE PEQUENO PORTE		DATA 09/10/83	SUBS.POR
	MODULO DE PREPARO DE SULCOS		WELINGTON	EM SUBS.DE
	CONJ. ADUBACAO/SUBCONJ. RESERVATORIO		DATA 02/03/84	UNIDADE
			ESCALA 1:4	mm
			APROV.	

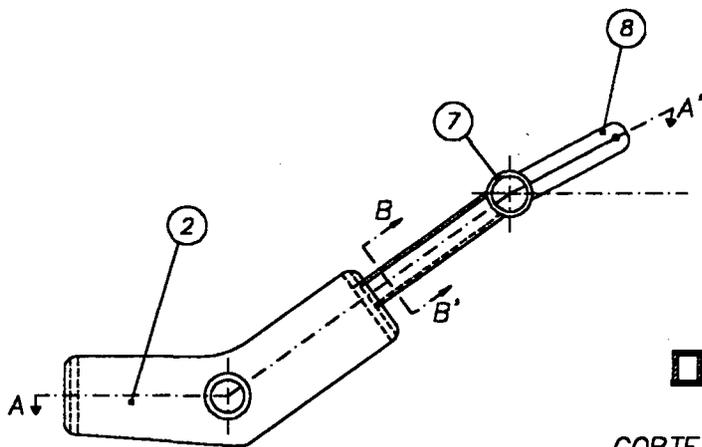
4



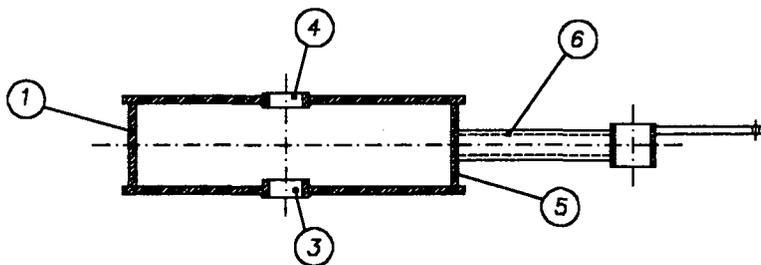
20	Parafuso M3	8		COMPRADO	
19	Placa de apoio	1	ACO ABNT 1020	DES.COD. SAD2CF19	
18	Meia-Lua	2	ACO ABNT 1020	DES.COD. SAD2CH18	
17	Rolamento SKF 6004-2Z	2		COMPRADO	
16	Porca M10	1	ACO	COMPRADO	
15	Gaveta de Regulagem	1	ACO ABNT 1020	DES.COD. SAD3CL15	
14	Contrapino 1.5x10 DIN94	1	ACO	COMPRADO	
13	Parafuso M3 cabeça escareada arruela e porca	2		COMPRADO	
12	Vedacao da Regulagem	1	NYLON	DES.COD. SAD5CL12	
11	Carcaca do Rotor	1	Aco ABNT1020	DES.COD. SAD3CF11	
10	Chapa de Ajuste	1	Aco ABNT1020	DES.COD. SAD2CH10	
9	Eixo do Rotor	1	Aco ABNT1020	DES.COD. SAD3CT09	
8	Tampa da Carc. do Rotor c/ F. Cen.	1	Aco ABNT1045	DES.COD. SAD3CT08	
7	Placas Laterais do Rotor	2		DES.COD. SAD3TO07	
6	Rotor	1	ferro fundido	DES.COD. SAD3TF06	
5	Tampa da Carcaca do Rotor	1	Aco ABNT1045	DES.COD. SAD3CT05	
4	Parafuso M10	1	Aco ABNT1020	DES.COD. SAD3CT04	
3	Chapa Posterior	1	Aco ABNT1020	DES.COD. SAD2CH03	
2	Chapa Lateral	2	Aco ABNT1020	DES.COD. SAD2CH02	
1	Chapa Anterior	1	Aco ABNT1020	DES.COD. SAD2CH01	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	NOME	WELLINGTON	DES.COD. SAD6SQLP	
		DATA	12/11/93	SUBS.POR	
LP	TRATOR DE PEQUENO PORTE MODULO DE PREPARO DE SULCOS CONJ. ADUBACAO/SUBCONJ. DOSADOR	VISTO	VALDIERO	EM SUBS.DE	
		DATA	28/02/94	UNIDADE	mm
		ESCALA	1:2	APROV.	



01	BOCAL DO DOSADOR	01	Aço ABNT 1020		
PEÇA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO	
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	NOME	WELLINGTON	DES. COD. SAB3CS01	
		DATA	18/11/93	SUBS. POR	
LP	TRATOR DE PEQUENO PORTE MODULO DE PREPARO DE SULCOS CONJ. DOSADOR/SUBCONJ. BOCAL	VISTO	VALDIERO	EM SUBS. DE	
		DATA	28/02/94	UNIDADE	mm
		ESCALA	1:1	APROV.	



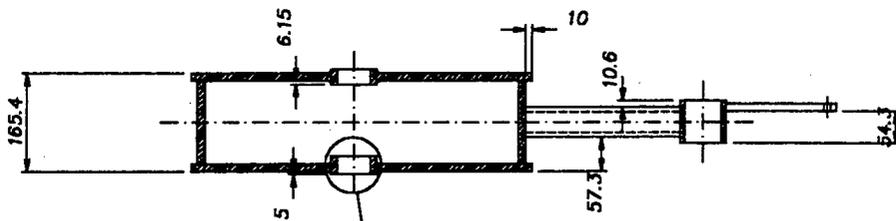
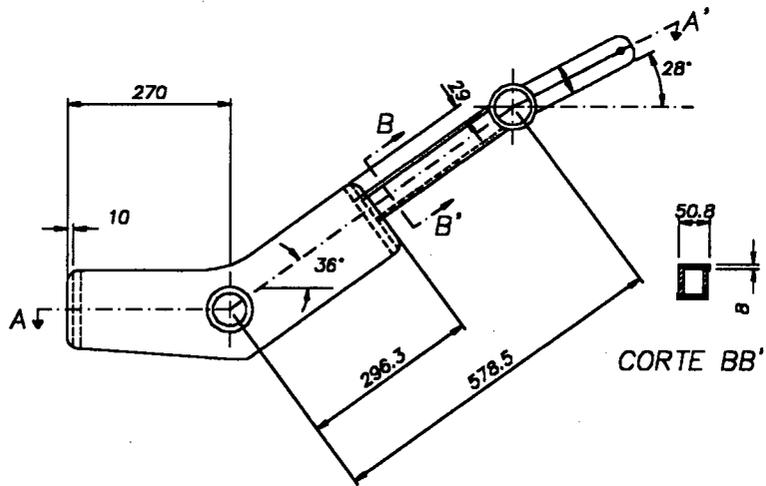
CORTE BB'



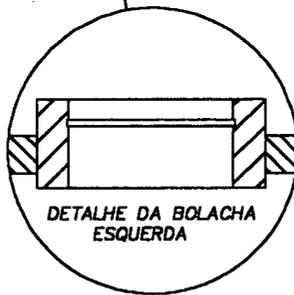
CORTE AA'

08	BRACO DE ARTICULACAO 3/16"X2"	01	ACO ABNT 1020	DES.COD.SEG4CT08
07	LUVA DO GARFO	01	ACO ABNT 1020	DES.COD.SEG3CT07
06	HASTE	01	ACO ABNT 1020	DES.COD.SEG4CH06
05	CHAPA TRASEIRA	01	ACO ABNT 1020	DES.COD.SEG2CH05
04	BOLACHA DIREITA	01	ACO ABNT 1020	DES.COD.SEG3CT04
03	BOLACHA ESQUERDA	01	ACO ABNT 1020	DES.COD.SEG3CT03
02	BRACO	02	ACO ABNT 1020	DES.COD.SEG2XL02
01	CHAPA DIANTEIRA	01		DES.COD.SEG2CH01
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

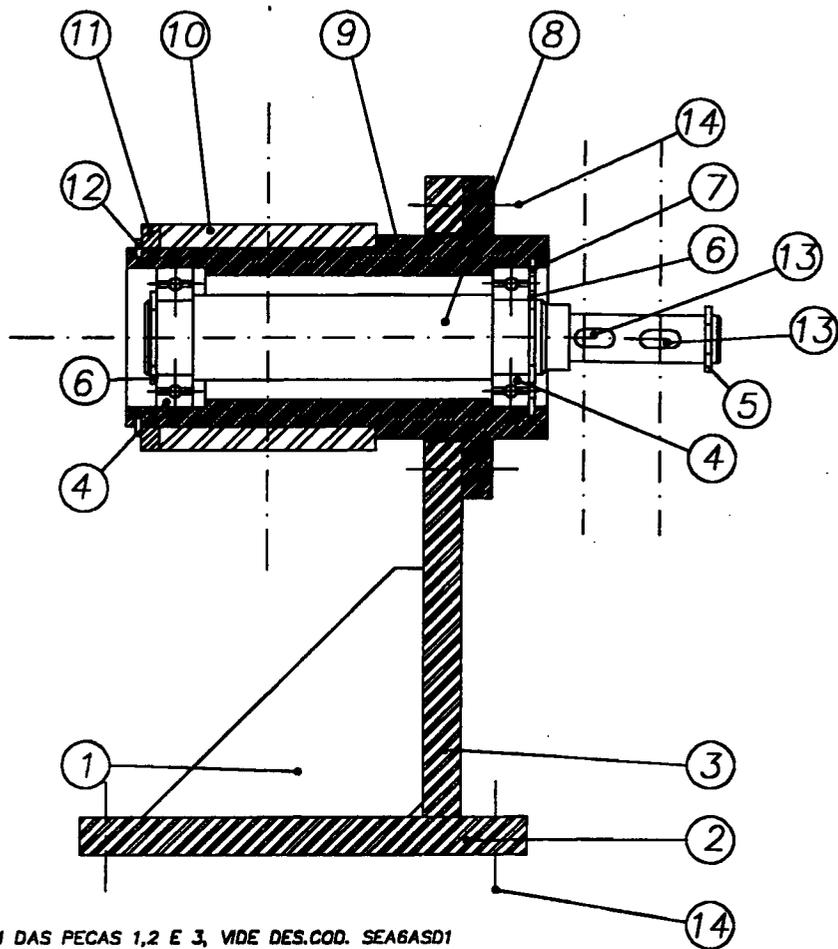
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	NOME	WELLINGTON	DES.COD.SEG6SMLP
		DATA	27/10/93	SUBS.POR
LP	TRATOR DE PEQUENO PORTE MODULO DE PREPARO DE SULCOS CONJ. ESTRUTURAL/SUBCONJ. GARFO	VISTO	VALDIERO	EM SUBS.DE
		DATA	28/02/94	UNIDADE
		ESCALA	1:10	mm
		APROV.		



CORTE AA'

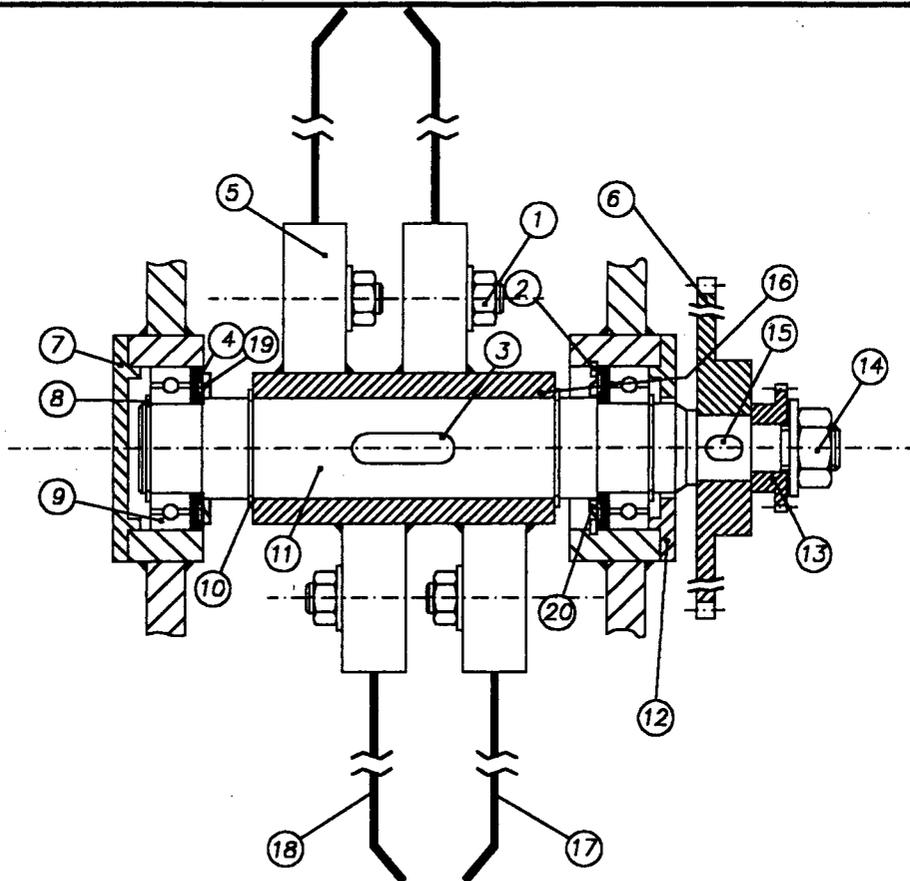


00	CONJUNTO DO GARFO	01			
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	NOME	WELLINGTON	DES.COD. SEG8SMCT	
		DATA	27/10/93	SUBS.POR	
LP	TRATOR DE PEQUENO PORTE MODULO DE PREPARO DE SULCOS CONJ. ESTRUTURAL/SUBCONJ. GARFO	VISTO	VALDIERO	EM SUBS.DE	
		DATA	28/02/94	UNIDADE	mm
		ESCALA	1:10	APROV.	



OBS. SOLDAGEM DAS PECAS 1,2 E 3, VIDE DES.COD. SEA6ASD1

14	PARAFUSO E PORCA M10	08		COMPRADO
13	CHAVETA SECAO QUADRADA 5X5X10	02	ACO ABNT 1020	DES.COD. SEA5CL13
12	ANEL DE RETENCAO P/ EIXO SEEGER	01		CODIGO 501.060
11	ANEL	01	FERRO FUNDIDO	DES.COD. SEA3TL11
10	LUVA DO GARFO	01	ACO ABNT 1020	VER SEG6SMLP
09	BUCHA DA ARTICULACAO	01	FERRO FUNDIDO	DES.COD. SEA3TF08
08	EIXO PRINCIPAL	01	ACO ABNT 1020	DES.COD. SEA3TF08
07	ANEL DE RETENCAO P/ FURO SEEGER	01		CODIGO 502.047
06	ANEL DE RETENCAO P/ EIXO SEEGER	02		CODIGO 501.025
05	ANEL DE RETENCAO P/ EIXO SEEGER	01		CODIGO 501.016
04	ROLAMENTO SKF 6005-2Z	02		COMPRADO
03	LATERAL DO MANCAL	01	ACO ABNT 1020	DES.COD. SEA2CH03
02	BASE DO MANCAL	01	ACO ABNT 1020	DES.COD. SEA2CL02
01	REFORCO DO MANCAL	01	ACO ABNT 1020	DES.COD. SEA2CH01
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC LP	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO		NOME WELLINGTON DATA 19/10/93 VISTO VALDIERO DATA 14/04/94 ESCALA 1:2	DES.COD. SEA6ASLP SUBS.POR EM SUBS.DE UNIDADE mm APROV.
	TRATOR DE PEQUENO PORTE MODULO DE PREPARO DE SULCOS SUBCONJUNTO ARTICULACAO			



20	ANEL NILOS 6006 ZJV	01		COMPRADO
19	ANEL NILOS 6006 ZAV	01		COMPRADO
18	FACA DIREITA DA ENXADA	02		FAB. KUBOTTA
17	FACA ESQUERDA DA ENXADA	02		FAB. KUBOTTA
16	PORTA ENXADA	01	ACO ABNT 1020	DES.COD.SLE3CF16
15	CHAVETA P/ RODA DENTADA MAIOR	01	ACO ABNT 1020	DES.COD.SLE5CL15
14	PORCA E ARRUELA DE PRESSAO M16	01		COMPRADO
13	RODA DENTADA Z=13 P=9.525	01	FAB. GREMAPA	DES.COD.PTS0TF11
12	TAMPA PROTECAO LATERAL COM FURO	01	ACO ABNT 1020	DES.COD.SLE3TF12
11	EIXO DA ROTATIVA	01	ACO ABNT 1020	DES.COD.SLE3TF11
10	ANEL SEEGER COD.501.034	02		COMPRADO
09	ROLAMENTO SKF 6006-2Z	02		COMPRADO
08	ANEL SEEGER COD.501.030	02		COMPRADO
07	TAMPA PROTECAO LATERAL SEM FURO	01	ACO ABNT 1020	DES.COD.SLE3TF07
06	RODA DENTADA Z=30 P=15.88	01	FAB. GREMAPA	DES.COD.PTS0TF10
05	ENCAIXE P/ FACA	04	ACO ABNT 1020	DES.COD.SLE5DS05
04	ANEL DE VEDACAO NILO 30X55 LSTO	02		COMPRADO
03	CHAVETA DO PORTA ENXADA	01	ACO ABNT 1020	DES.COD.SLE4CL03
02	ANEL SEEGER COD 502.055	01		COMPRADO
01	PARAFUSO E PORCA M10	04		COMPRADO
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

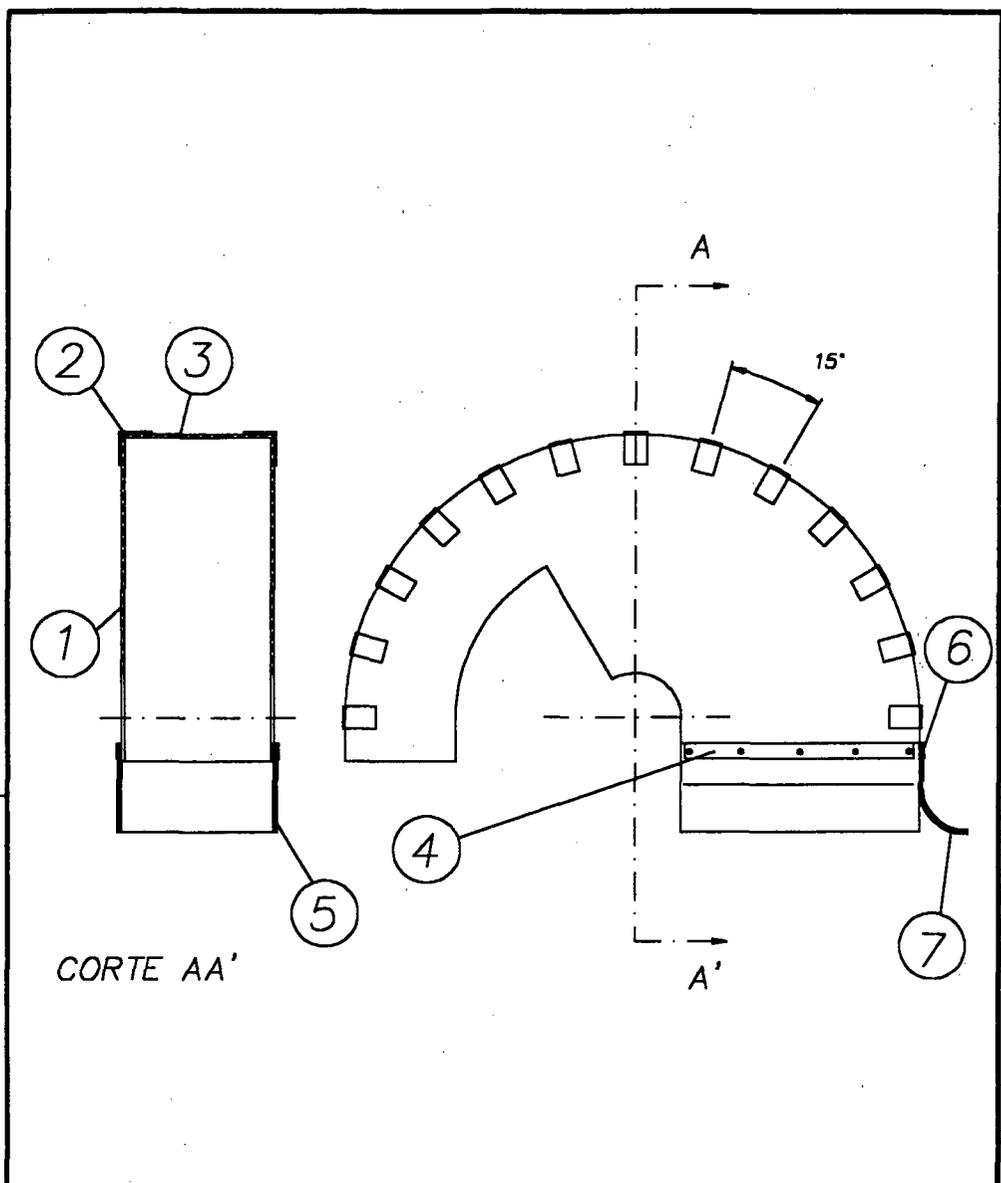
ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO



TRATOR DE PEQUENO PORTE
MODULO DE PREPARO DE SULCOS
SUBCONJUNTO ENXADAS ROTATIVAS

NOME	WELLINGTON	DES.COD.SLE6SQLP
DATA	28/10/93	SUBS.POR
VISTO	VALDIERO	EM SUBS.DE
DATA	14/04/94	UNIDADE mm
ESCALA	1:2	APROV.





07	SAIA TRASEIRA	01	BORRACHA	DES.COD. SLC5C007
06	PLACA DE FIXACAO TRASEIRA	01	ACO GALVANIZADO	DES.COD. SLC1CL06
05	SAIA LATERAL	02	BORRACHA	DES.COD. SLC5C005
04	PLACA DE FIXACAO LATERAL	02	ACO GALVANIZADO	DES.COD. SLC1CL04
03	CHAPA DE COBERTURA	01	ACO ABNT 1020	DES.COD. SLC1C003
02	CANTONEIRA DE FIXACAO EM L	26	ACO ABNT 1020	DES.COD. SLC1C002
01	CHAPA LATERAL	02	ACO ABNT 1020	DES.COD. SLC1CL01
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC			NOME	WELLINGTON
ENGENHARIA MECÂNICA			DATA	02/12/93
LABORATORIO DE PROJETO			VISTO	VALDIERO
			DATA	28/02/94
			ESCALA	1:5
			APROV.	
			DES.COD.	SLC6SRLP
			SUBS.POR	
			EM SUBS.DE	
			UNIDADE	mm



TRATOR DE PEQUENO PORTE
 MODULO DE PREPARO DE SULCOS
 CONJ. LAVRA/SUBCONJ. PARALAMA