

SALETE DOS SANTOS

***Avaliação e melhoramento de equipamentos para
manejo mecânico de cobertura vegetal***

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

Orientador: Prof. Nelson Back, Ph. D.

Coorientador: Prof. Fernando Ant^o Forcellini, Dr. Eng.

FLORIANÓPOLIS, DEZEMBRO DE 1997

AVALIAÇÃO E MELHORAMENTO DE EQUIPAMENTOS PARA
MANEJO MECÂNICO DE COBERTURA VEGETAL

SALETE DOS SANTOS

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

ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO
GESTÃO DO DESIGN E DO PRODUTO, APROVADA EM SUA FORMA FINAL
PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.



Prof. Nelson Back, Ph. D.
Orientador

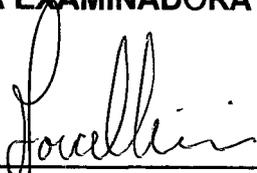


Prof. Fernando A. Forcellini, Dr.Eng.
Coorientador



Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph. D.
Coordenador

BANCA EXAMINADORA



Prof. Fernando A. Forcellini, Dr.Eng.
Presidente



Prof. Ingeborg Sell, Dr. Rer. Nat.



Prof. Paul R.M. Miller, Ph. D.



Osmar de Moraes, M. Sc.

Dedicatória

À memória de meu pai Geraldo, à minha mãe Clara e toda minha família, ao Carlyle e às Guerreiras Mágicas, Mariana, Carolina e Beatriz, minhas maiores bençãos.

Agradecimentos

Aos Professores Nelson Back, Fernando Antonio Forcellini, Augusto Weiss, Ingeborg Sell, e Rick Miller pela orientação.

À EPAGRI, representada pelos Eng^{os} Agrônomos Carlyle, Dalponte, Moraes e Zanini.

Aos produtores da região dos rios Tijucas/Madre.

À Behno Klava pela amizade e total dedicação a todas as fases do projeto.

À Maria Goreti pelo incentivo.

Aos técnicos dos laboratórios: Nedip, Numa, Labsolda, Labmotores e Usicon.

À ITIS Informática pelo programa de CAD, Microstation.

À CAPES pelo apoio financeiro.

À UFSC, por tornar possível a realização deste trabalho.

Enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, a minha gratidão.

“Surpreenderá a todos não por ser exótico, mas pelo fato de poder ter sempre estado oculto, quando terá sido o óbvio.”

(Caetano Veloso – O Índio)

SUMÁRIO

Dedicatória.....	iii
Agradecimentos.....	iv
Sumário.....	v
Lista de figuras.....	viii
Lista de tabelas.....	x
Resumo.....	xi
Abstract.....	xii
CAPÍTULO I	
1 - Introdução.....	1
CAPÍTULO II	
2 - Revisão Bibliográfica.....	4
2.1 - Introdução.....	4
2.2 - Aspectos conceituais.....	4
2.3 - Histórico.....	5
2.4 - Plantio direto.....	6
2.5 - Cultivo mínimo.....	7
2.6 - Manejo da fitomassa.....	7
2.7 - Benefícios da manutenção da cobertura vegetal.....	8
2.7.1 – Agrônômico.....	8
2.7.2 – Econômico.....	10
2.8 - Equipamentos para manejo.....	11
2.8.1 - Rolo-facas.....	11
2.8.2 - Rolo-discos.....	13
2.8.3 - Cortadoras e picadoras rotativas horizontais.....	16
2.8.4 - Cortadoras e picadoras rotativas de facas verticais.....	17
2.8.5 - Grade de discos.....	18
2.8.6 - " Kit cultivo mínimo"	20
2.8.7 - Pulverizador.....	21
2.9 - Considerações ao estado da arte de equipamentos.....	21
CAPÍTULO III	
3 - Esclarecimento da tarefa.....	25
3.1 - Introdução.....	25
3.2 - Levantamento de necessidades.....	25
3.2.1 – Levantamento de campo.....	25
3.2.2 - Testes dos equipamentos.....	26
3.2.3 - Avaliação do rolo-facas.....	27
3.2.4 - Avaliação do rolo-discos.....	28
3.3 – Interpretação de requisitos.....	29
3.3.1 - Requisitos de projeto.....	30
3.3.2 - Desdobramento dos requisitos de projeto.....	30
3.4 - Especificações de projeto.....	32

CAPÍTULO IV

4 - Projeto conceitual.....	33
4.1 - Introdução.....	33
4.2 - Modelo.....	34
4.3 - Estabelecimento da estrutura de funções.....	35
4.4 - Busca por princípios de solução.....	37
4.4.1 - Descrição dos elementos da matriz morfológica.....	38
4.5 - Combinação de princípios de solução.....	39
4.6 - Seleção das combinações adequadas.....	39
4.7 - Geração das concepções.....	40
4.7.1 - Concepção I.....	41
4.7.2 - Concepção II.....	42
4.7.3 - Concepção III.....	43
4.7.4 - Concepção IV.....	44
4.8 - Considerações finais sobre as concepções.....	45

CAPÍTULO V

5 - Projeto preliminar.....	46
5.1 - Introdução.....	46
5.2 - Modelos icônicos.....	46
5.2.1 - Sistema de encaixe rápido.....	46
5.2.2 - Acamador "tipo zorra".....	48
5.3 - Modelos matemáticos.....	49
5.4 - Dimensão longitudinal e distribuição dos elementos de corte.....	49
5.5 - Escolha do material para fabricação dos elementos de corte.....	50

CAPÍTULO VI

6 - Projeto detalhado.....	51
6.1.- Introdução.....	51
6.2 - Módulos que compõem o produto.....	51
6.2.1. - Módulo I - Módulo estrutural.....	51
6.2.2. - Módulo II - Módulo de transporte.....	52
6.2.3. - Módulo III - Módulo rolo-facas.....	52
6.2.4. - Módulo IV - Módulo rolo-discos.....	53
6.2.5. - Módulo V – Módulo rolo liso.....	53
6.2.6. - Módulo VI - Módulo acamador.....	54
6.3 - Construção do Protótipo.....	54

CAPÍTULO VII

7 - Testes, recomendações e modificações de projeto.....	57
7.1 - Introdução.....	57
7.2 - Concepção I.....	57
7.3 - Concepção II.....	60
7.4 - Concepção III.....	60
7.5 - Concepção IV.....	61
7.6 - Modificações de projeto.....	61

CAPÍTULO VIII**Conclusões..... 63****Anexo 1****Modelos matemáticos..... 68****Anexo 2****Desenhos detalhados..... 78**

Lista de figuras

Figura 2.1 - Ciclo de interação dos principais efeitos das plantas de cobertura [10].....	9
Figura 2.2 - Comportamento da produtividade de milho.....	10
Figura 2.3 - Rolo-facas tração animal ou mecânica.....	12
Figura 2.4 - Rolo-facas tração mecânica.....	12
Figura 2.5 - Detalhes de diferentes tipos de fixações de elementos de corte.....	13
Figura 2.6 - Rolo-discos [10]	14
Figura 2.7 - Vista superior do rolo-discos [10]	14
Figura 2.8 - Rolo-discos:(A) vista lateral; (B) corte A-B da Figura 2.7 - [10].....	15
Figura 2.9 - Rolo-discos.....	15
Figura 2.10 - Cortadoras e picadoras rotativas de facas horizontais.....	16
Figura 2.11 - Detalhe da fixação dos elementos de corte de uma cortadora e picadora de facas horizontais.....	17
Figura 2.12 - Cortadora e picadora de facas verticais.....	18
Figura 2.13 - Detalhe da fixação dos elementos de corte de uma cortadora e picadora de facas verticais.....	18
Figura 2.14 - Grade de discos.....	19
Figura 2.15 - Grade de discos adaptada para manejo de coberturas vegetais.....	20
Figura 2.16 - “ Kit cultivo mínimo”	20
Figura 2.17.- Pulverizador.....	21
Figura 2.18 - Mucuna.....	22
Figura 3.1 - Estrutura de modelos para elaboração das especificações [15].....	24
Figura 3. 2 - Área de testes.....	26
Figura 3.3 - Rolo-facas tração animal ou mecânica.....	27
Figura 3.4 - Rolo-discos.....	28
Figura 3.5 - Casa da qualidade.....	29
Figura 3. 6 - Especificações de Projeto.....	32
Figura 4.1 - O projeto conceitual no processo de projeto [15].....	33
Figura 4.2 - Etapas do projeto conceitual segundo PAHL & BEITZ [17].....	34
Figura 4.3 - Função total.....	35
Figura 4.4 – Funções parciais.....	35
Figura 4.5 - Estrutura de funções.....	36
Figura 4.6 - Matriz morfológica.....	37
Figura 4.7 - Princípios de soluções parciais - concepção I.....	41
Figura 4.8 - Concepção I.....	42
Figura 4.9 - Princípios de soluções parciais - concepção II.....	42
Figura 4.10 - Concepção II.....	43
Figura 4.11 - Princípios de soluções parciais - concepção III.....	43
Figura 4.12 - Concepção III.....	44
Figura 4.13 - Princípios de soluções parciais - concepção IV.....	44
Figura 4.14 - Concepção IV.....	45
Figura 5.1 - Conjunto encaixe/faca.....	46
Figura 5.2 - Dimensões do rasgo do elemento de corte para modelo.....	47
Figura 5.3 - Solução final das dimensões para rasgo do elemento de corte.....	47
Figura 5.4 - Modelo do acamador tipo “ zorra”	48
Figura 5.5 - Solução final para acamador “ tipo zorra”	48
Figura 5.6 - Módulo rolo-facas - vista planificada.....	49

Figura 6.1 - Módulo estrutural.....	51
Figura 6.2 - Módulo de transporte.....	52
Figura 6.3 - Módulo rolo-facas.....	52
Figura 6.4 - Tratamento dos elementos de corte - visualização.....	52
Figura 6.5 - Módulo rolo-discos.....	53
Figura 6.6 - Módulo rolo liso.....	53
Figura 6.7 - Módulo acamador.....	54
Figura 6.8 - Soldagem do cilindro do rolo-facas.....	55
Figura 6.9 - Cilindro e seus componentes fixos.....	55
Figura 6.10 - Detalhe do fixador dos discos.....	56
Figura 6.11 - Detalhe do aparador dos discos.....	56
Figura 7.1 - Área 1 de testes com a concepção I.....	58
Figura 7.2 - Área manejada pela concepção I.....	59
Figura 7.3 - Área 2 de testes com a concepção I.....	59
Figura 7.4 - Distância entre estrutura e elementos de corte.....	62
Figura 7.5 - Aveia.....	62
Figura 01 - Vista do mancal em corte.....	69
Figura 02 - Forças que influenciam no corte.....	73
Figura 03 - Acionamento do sistema de transporte.....	74
Figura 04 - Forças que agem durante o acionamento do sistema de transporte.....	74
Figura 05 - Forças que agem na condição de destravamento da faca.....	76

Lista de tabelas

Tabela 3. 1 - Fontes de potência na pequena propriedade.....	25
Tabela 3. 2 - Requisitos de projeto e desdobramentos.....	31

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi avaliar equipamentos para manejo de cobertura vegetal utilizados em pequenas propriedades no estado de Santa Catarina. Após esta avaliação, o segundo passo foi procurar por alternativas de solução para os problemas encontrados nos equipamentos testados. Finalmente realizou-se um reprojeto objetivando o desenvolvimento de um produto que atendesse às necessidades de mercado.

Abstract

The goal of the present work was to evaluate equipments used by small farmers in Santa Catarina to manipulate the growing cover. After that evaluation, the second step was to search for alternative solutions for problems found in the tested equipments. Finally, a redesign was carried out in order to develop a product that could really accomplish the market necessities.

CAPÍTULO I

Introdução

O estado de Santa Catarina, possuindo apenas 1,13% do território nacional, ocupa o quinto lugar na produção de alimentos segundo Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina CEPA [1].

A pequena propriedade é o modelo econômico símbolo de Santa Catarina, e vive de contrastes. Segundo NADAL [2], são 212 mil propriedades com menos de 50 ha, o que representa 90% do total de propriedades rurais do estado. Ocupam apenas 40% da área e respondem por 70% do valor total da produção agrícola e por 72% do valor total da produção animal do estado.

Habitando e trabalhando a pequena propriedade estão quase 30% dos catarinenses. Mais de um milhão de produtores rurais pertencentes à pequena propriedade se alimentam com o resultado de seu trabalho e ainda comercializam 81% do leite consumido no estado, 73% da produção de arroz, 79% da produção de feijão, 86% da produção de mandioca, 81% do milho e 50% da soja, segundo dados da Fundação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística FIBGE [3].

O relevo acidentado submetido a constantes e intensas precipitações (principalmente nos meses de primavera e verão) e a carência de capital caracterizam a pequena propriedade catarinense.

Essas características, aliadas a um manejo do solo que não tem levado em consideração as necessárias práticas conservacionistas, vêm ocasionando uma acelerada degradação dos solos das regiões produtoras e agravando o processo de erosão hídrica nas áreas manejadas inadequadamente, COSTA et al [4].

Após as colheitas, milhares de toneladas de restos culturais são deixados sobre o solo agrícola. Comumente esse material pode ter vários destinos: alguns produtores o queimam, outros o aproveitam como fonte alternativa de alimentação animal, havendo ainda aqueles que o deixam no terreno, incorporando-o quando do preparo do solo ou simplesmente deixando-o na superfície como cobertura morta [4].

A manutenção da cobertura vegetal é uma das práticas mais viáveis no sentido de se alcançar êxito em termos de conservação de solo, bem como uma otimização de seu potencial produtivo. Tal prática tem custos relativamente reduzidos, pois diminui a dependência de adubos químicos e influi positivamente na produtividade dos cultivos econômicos conduzidos em consórcio ou em sucessão aos adubos verdes/cultivos de cobertura [4].

No I Encontro Nacional sobre adubação verde, realizado no Rio de Janeiro, em 1983, técnicos da EMBRAPA já definiam como prioridade em pesquisa na área de mecanização agrícola para a região Sul, a adaptação ou desenvolvimento de implementos que picassem e distribuíssem uniformemente o material vegetal cortado sobre a superfície do solo, CARGILL [5].

De posse dos dados aqui apresentados e na nova abordagem de transferência de tecnologia proposta por PINHEIRO & PEARSON & ISON [6] onde pesquisadores e técnicos consultam produtores rurais visando entender melhor seus objetivos, atitudes e circunstâncias sócio-econômicas, a EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia) estabeleceu um convênio com a Universidade Federal de Santa Catarina visando adequar equipamentos agrícolas à realidade do pequeno produtor.

Diante desse fato efetuou-se um levantamento de campo junto aos usuários das máquinas agrícolas a serem reprojatadas. Em seguida fez-se a avaliação e análise dos dados de levantamento de campo, surgindo algumas evidências de equipamentos com potencial de uso na pequena propriedade e entre eles os de manejo de cobertura vegetal.

Os equipamentos foram submetidos a testes e avaliações ficando evidenciada a necessidade de seu melhoramento, tornando-os mais adequados ao cumprimento de sua função.

O trabalho inicia-se no presente capítulo, com a introdução, mostrando num sentido mais amplo a importância do estudo.

O capítulo II traz a revisão bibliográfica dando maior profundidade ao tema cobertura vegetal e, na sequência, trata do estado da arte dos equipamentos para seu manejo encontrados no mercado.

O capítulo III trata da fase que deflagra e guia o processo de projeto, o “esclarecimento da tarefa”, que culmina na elaboração das especificações de projeto do protótipo em estudo.

Criado o embasamento necessário, passa-se ao projeto conceitual, o Capítulo IV que trata da geração de soluções para o problema, utilizando-se das ferramentas fornecidas pela metodologia de projetos industriais. Na sequência são avaliadas as concepções geradas nesta etapa.

No capítulo V tem-se o projeto preliminar, seguido do capítulo VI onde a forma geométrica, dimensões, materiais para fabricação do produto e todos os seus módulos são especificados e expostos em desenhos de conjuntos e desenhos de detalhes.

O capítulo VII trata dos testes dos protótipos, com recomendações e modificações de projeto e finaliza-se no Capítulo VIII com as conclusões a respeito do projeto e da metodologia utilizada bem como sugestões para futuras pesquisas.

CAPÍTULO II

2 - Revisão bibliográfica

2.1 - Introdução

A revisão bibliográfica a seguir apresentada, aborda inicialmente o tema cobertura vegetal e sua relação com o plantio direto e cultivo mínimo, posteriormente explora-se o estado da arte em equipamentos agrícolas encontrados atualmente no mercado e que se prestam ao manejo de coberturas vegetais. O capítulo é finalizado com considerações a respeito dos princípios de funcionamento destes equipamentos.

2.2 - Aspectos conceituais

Segundo CALEGARI & WILDNER & FREITAS [7] existem aspectos conceituais ligados ao tema cobertura vegetal que devem ser esclarecidos a fim de que se tornem devidamente conhecidos e utilizados. Objetivou-se com isto uniformizar estes conceitos, acompanhando a evolução da utilização da cobertura vegetal como base para uma agricultura sustentável.

De acordo com os estudos de KIEHL [8], denomina-se adubo verde a planta cultivada, ou não, que incorporada ao solo objetiva elevar seu potencial produtivo.

Com o uso generalizado de adubos verdes a partir dos anos 80, também para outras finalidades e com outros objetivos o conceito de adubação verde foi aperfeiçoado. O conceito emitido por COSTA et al. [4], considera que a adubação verde está associada a quatro pontos básicos nos diferentes sistemas agrícolas:

1. cobertura e proteção do solo;
2. manutenção e/ou melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo;
3. aração biológica e introdução de microvida em profundidade no solo;
4. uso eventual da fitomassa produzida na alimentação animal ou em outras finalidades.

Desta maneira, tanto a denominação quanto o próprio conceito passaram a ser vistos de maneira diferente:

1. De apenas adubos verdes passaram para adubos verdes/cultivos de cobertura ou adubos verdes/plantas de cobertura do solo (AVCC);
2. De adubação verde para adubação verde/cobertura do solo;
3. O conceito ampliado caracteriza a adubação verde/cultivos de cobertura como a utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com as culturas, incorporando-as ao solo ou deixando-as na superfície, visando-se a proteção superficial, bem como a manutenção e melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo. Eventualmente, partes das plantas utilizadas como adubos verdes podem ter outras destinações como, por exemplo, produção de sementes, fibras, alimentação animal, etc. COSTA et al [4].

Existem variantes do conceito acima apresentado; no entanto, todos concordam com os pontos básicos, acrescentando apenas algumas idéias que, procuram explicar ou ilustrar mais detalhadamente o conceito.

2.3 - Histórico

O histórico a seguir apresentado baseou-se no trabalho de COSTA et al [4] que destaca o tema adubação verde no sul do Brasil.

A adubação verde é uma prática milenar que teve sua contribuição na história de muitos povos. Os chineses, gregos e romanos, antes da era cristã, já a utilizavam com sucesso na agricultura.

No Brasil, já no início deste século (1919), DUTRA em seu trabalho intitulado *Adubação Verde: sua produção e modo de emprego*, mostra o efeito melhorador dos adubos verdes e recomenda a sua utilização.

Pelo estudo dos hábitos das colonizações européias nos estados do sul do Brasil, a adubação verde teve ênfase nas décadas de 40 e 50, constituindo prática habitual nas zonas coloniais.

No final da década de 50 e início da década de 60, com o advento da *modernização* da agricultura, quando as políticas oficiais estimularam o uso da mecanização, da adubação mineral e dos agrotóxicos, a adubação verde sofreu

grande desestímulo, a ponto dos agricultores abandonarem essa prática, anteriormente incorporada a seus sistemas de produção. A modernização do setor agrícola ocorreu sem qualquer cuidado conservacionista, fazendo com que os solos agricultados sofressem rápida degradação, principalmente pela erosão.

A década de 70 ficou marcada pela expansão da agricultura, mas afloraram sérios problemas de erosão, degradação da capacidade produtiva dos solos e conseqüente empobrecimento dos agricultores, pelo aumento dos custos de produção e estagnação ou mesmo decréscimo de produtividade. Essa situação fez com que voltassem à tona as práticas anteriormente tradicionais nas propriedades agrícolas como adubação verde, adubação orgânica e rotação de culturas.

Entre as alternativas para o controle da erosão em declividades acentuadas destaca-se, pela economia, simplicidade e eficiência, a cobertura do solo.

Atualmente têm-se ampliado os esforços dos órgãos de pesquisa e extensão rural no sentido de implementar, na prática, a diversificação de culturas envolvendo espécies de adubos verdes, e novos enfoques têm sido considerados nessa formulação.

A inexistência de pesquisas para o desenvolvimento de equipamentos adequados para o manejo de cobertura vegetal têm levado pequenos produtores interessados na adoção da prática a resolver suas dificuldades através de adaptações feitas por oficinas mecânicas locais.

2.4 - Plantio direto

Corresponde ao sistema de semeadura, no qual a semente é colocada diretamente no solo não revolvido, usando-se máquinas especiais. Somente é aberto um pequeno sulco (ou cova) de profundidade e largura suficientes para garantir uma boa cobertura e contato da semente com o solo, sendo que não mais de 25 a 30% da superfície do solo são preparadas CURTI [9].

O plantio direto é o único sistema de cultivo que oferece a possibilidade de uma cobertura do solo ininterrupta por plantas em crescimento ou restos vegetais protegendo-o do impacto das gotas de chuva e assim da erosão. Uma cobertura do solo adequada geralmente só é obtida através de rotação de culturas apropriadas e

pela inclusão de espécies de adubos verdes produtores de massa vegetal abundante.

2.5 - Cultivo mínimo

No cultivo mínimo utiliza-se o mínimo de operações de preparo do solo necessárias para dar condições à germinação das sementes e estabelecimento das plantas, CURI [9].

Quando da utilização de plantas de cobertura, a única operação de preparo do solo é a abertura de um sulco, no espaçamento em que se fará a semeadura da cultura posterior. Nas entrelinhas o solo permanece protegido. Neste sistema a cobertura vegetal é parcialmente incorporada por ocasião do sulcamento (20 a 40%). O restante da cobertura poderá ser mantida em superfície ou ainda, total ou parcialmente incorporada por ocasião da adubação nitrogenada ou controle de plantas daninhas, MONEGAT [10].

2.6 - Manejo da fitomassa

O termo fitomassa é atribuído à quantidade de massa verde utilizada como adubo verde/cultura de cobertura (AVCC) para uma dada cultura. A época tradicionalmente recomendada para seu manejo é por ocasião da floração plena do adubo verde/cultura de cobertura. É nesta fase que, para as plantas de crescimento determinado, ocorre o máximo acúmulo de fitomassa e nutrientes. Quando realizado antecipadamente, a velocidade de decomposição da fitomassa será maior e os níveis de nutrientes dispensáveis para manutenção do solo menores. Quando retardado o manejo, as plantas tornar-se-ão mais lenhosas (relação Carbono/Nitrogênio maior), e a decomposição será mais lenta. A opção por esta ou aquela época de manejo estará em função, principalmente, da época de semeadura da cultura de sucessão CALEGARI & WILDNER & FREITAS [7].

A quantidade de fitomassa a ser produzida em determinada área de exploração agrícola depende, basicamente, do interesse e objetivo do agricultor. O tempo de permanência da cobertura vegetal é definido tomando-se por base o sistema de produção adotado na propriedade, podendo ser maior ou menor do que

aquele até então preconizado por essa prática agrícola. O que não deve-se prescindir é da cobertura do solo sob cultivo, em qualquer época do ano, com vistas à manutenção de sua integridade física, química e biológica WUTKE [11].

Assim sendo, o agricultor pode optar por três sistemas básicos de manejo:

1. incorporação total da fitomassa, caracterizando a tradicional adubação verde;
2. incorporação parcial da fitomassa, caracterizando o chamado cultivo mínimo;
3. manejo da fitomassa, sem incorporação ao solo, caracterizando o plantio direto.

2.7 - Benefícios da manutenção da cobertura vegetal

2.7.1 Agronômicos

A adubação verde/culturas de cobertura aliada ao plantio direto ou cultivo mínimo participa de um conjunto de ações integradas, que proporciona aos sistemas agrícolas, benefícios duradouros, o que é comprovado por estudos científicos e evidências práticas [4].

A seguir estão relacionadas as funções que essa prática pode cumprir:

- proteger o solo das chuvas de alta intensidade. A cobertura vegetal dissipa a energia cinética das gotas da chuva, impedindo o impacto direto e a consequente desagregação do solo, evitando a formação de crostras superficiais;
- manter a taxa de infiltração de água no solo em níveis adequados pelo efeito combinado do sistema radicular com a cobertura vegetal;
- promover grande e contínuo aporte de fitomassa, de maneira a manter ou até mesmo elevar, ao longo dos anos, o teor de matéria orgânica do solo;
- aumentar a capacidade de retenção de água do solo;
- atenuar as oscilações térmicas das camadas superficiais do solo e diminuir a evaporação, aumentando a disponibilidade de água para as culturas;
- recuperar solos degradados através de uma grande produção de raízes;
- promover mobilização e reciclagem mais eficiente de nutrientes;
- diminuir a lixiviação de nutrientes como o nitrogênio;
- reduzir a população de ervas invasoras dado o crescimento rápido e agressivo dos adubos verdes (efeito supressor e/ou alelopático*);

* A alelopatia é a inibição química exercida por uma planta (viva ou morta) sobre a germinação ou o desenvolvimento de outras. O efeito supressor é atribuído à ação de impedimento físico.

- apresentar potencial de utilização múltipla na propriedade agrícola;
- melhorar a eficiência dos fertilizantes minerais;
- fornecer cobertura vegetal para preparos conservacionistas de solo;
- criar condições ambientais favoráveis ao incremento da vida biológica do solo .

Essas funções não são fáceis de serem desempenhadas por outras tecnologias e insumos (práticas mecânicas e fertilizantes químicos) comumente utilizados na agricultura convencional, tornando-se assim o uso da cobertura vegetal uma das técnicas indispensáveis para a agricultura de hoje.

A figura 2.1 mostra a interação dos principais efeitos das plantas de cobertura do solo.

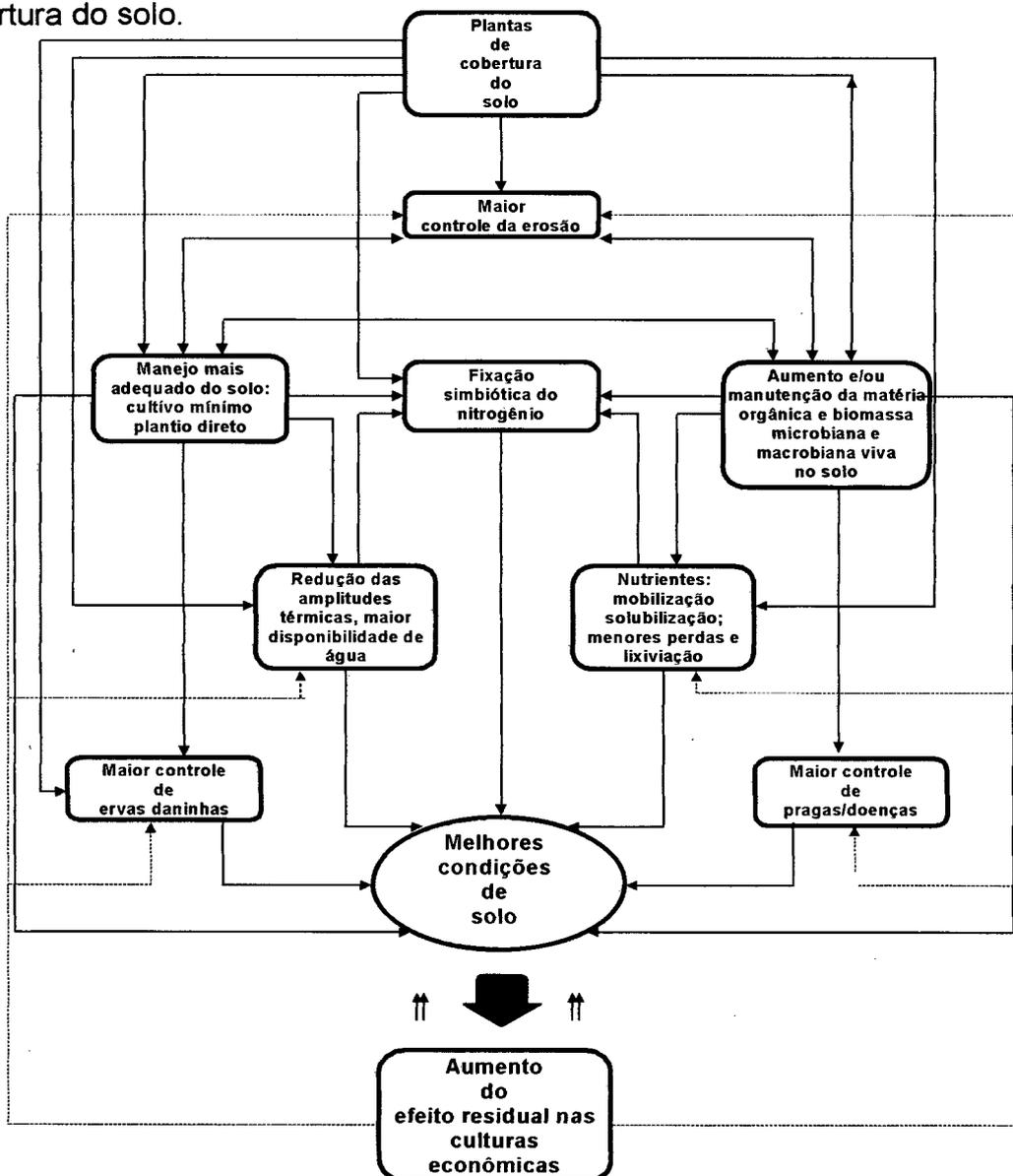


Figura 2. 1 - Ciclo de interação dos principais efeitos das plantas de cobertura do solo (Adaptado de MONEGAT [10]).

2.7.2 - Econômico

Em seus estudos FARIAS [12], constata que o plantio direto aliado à rotação de culturas balanceadas que incluem a adubação verde, oferece não só uma proteção eficiente contra a erosão, mas também se constitui em alternativa economicamente interessante quando analisado o comportamento da produtividade do sistema. A área utilizada pelo autor deste estudo para o desenvolvimento dos trabalhos foi descompactada com subsolador antes de iniciar o plantio direto no ano de 1987. Anualmente de março a junho foi semeada aveia e ervilhaca. Nos meses de outubro/novembro a palhada foi dessecada com herbicidas. Após esta operação, a palhada foi tombada com rolo-facas de tração animal, para em seguida realizar o plantio direto do milho.

O somatório de todas as tecnologias de produção associadas às práticas conservacionistas do solo foi responsável pela evolução constante da produtividade do milho, permitindo atingir até 120 sacos/ha, partindo do patamar de 55 sacos/ha, conforme mostra a figura 2.2.

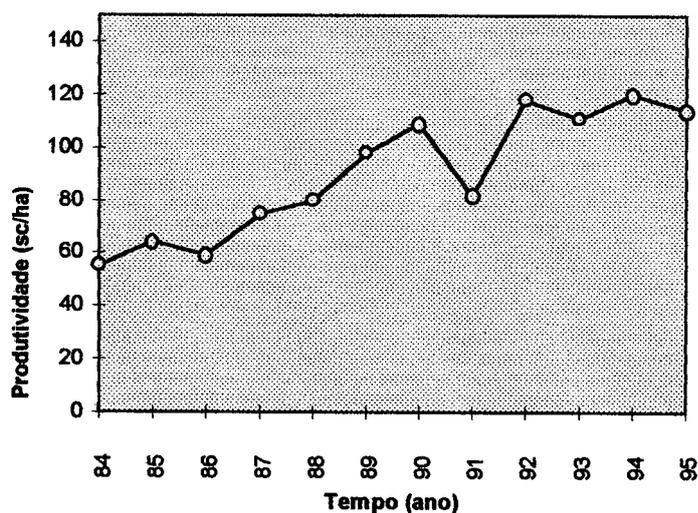


Figura 2. 2 - Comportamento da produtividade de milho em plantio direto, tração animal, sobre palhada de aveia com ervilhaca (Fonte: EPAGRI - Microbacias/BIRD)

Segundo SORRENSON & MONTOYA citados por CALEGARI, WILDNER e FREITAS [7], numa estimativa de área de 300 mil hectare no ano de 1984, com plantio direto associado ao uso de rotação de culturas comerciais com adubação

verde de inverno, os benefícios adicionais foram da ordem de U\$ 55 milhões/ano, decorrentes de :

- diminuição de perdas de solo (15 t/ha/ano, U\$ 9 milhões);
- aumento da produtividade das lavouras comerciais (U\$ 6 milhões);
- economia com combustíveis (U\$ 2 milhões);
- economia com fertilizantes (nitrogenados U\$ 21 milhões e fosfatados U\$ 8 milhões);
- economia nos custos de replantio (U\$ 6 milhões);
- economia nos custos com terraceamento (U\$ 3 milhões).

Uma estimativa de área atual do Paraná de mais de 2,5 milhões de hectares com plantio direto, implica numa economia, com a adoção deste sistema, a ordem aproximada de U\$ 433 milhões em todo o estado [7].

2.8 - Equipamentos para manejo

2.8.1 - Rolo-facas

O rolo-facas constitui-se de tambores de aço ou troncos de madeira com lâminas de aço dispostas transversalmente em sua superfície. Podem ser acionados por tração animal, microtratores ou por tratores de maior porte, tendo a finalidade de acamar e cortar a massa vegetal sobre a qual passam, impedindo a circulação de seiva nas plantas ocasionando assim sua morte. Na operação, todo o peso do equipamento recai somente sobre uma faca, imediatamente após o impacto, reforçando o corte da massa vegetal.

Podem ser compostos de um só cilindro ou de um conjunto de dois ou mais cilindros, ligados em série ou em paralelo.

Em pequenas propriedades são utilizados rolos-facas de um cilindro, acionados por microtratores ou animais. A figura 2.3 mostra um rolo-facas utilizado na Estação Experimental da EPAGRI S/A, em Ituporanga-SC. Já os de mais de um cilindro podem ser encontrados em médias e grandes propriedades. A figura 2.4 mostra um rolo-facas com três rolos, com peso próprio de 1910 kg, cada rolo recebe

365 litros de água como lastro a fim de aumentar o peso do equipamento; esse tipo de equipamento é acionado por tratores de médio e grande porte.

As facas são fixadas ao cilindro através de soldas ou parafusadas a cantoneiras soldadas no cilindro. A figura 2.5 mostra os tipos de fixação de facas encontrados na revisão bibliográfica.

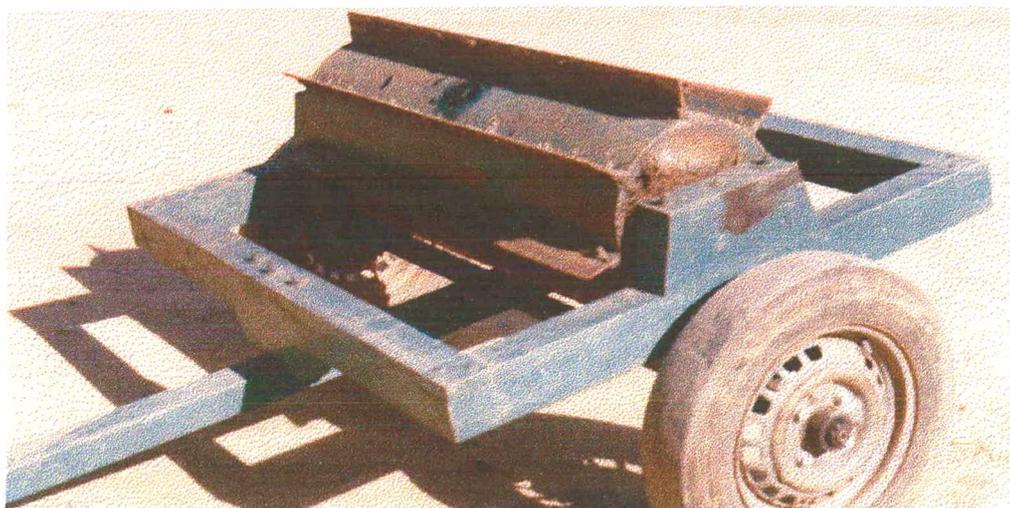


Figura 2. 3 - Rolo-facas tração animal ou mecânica.
(Fonte: Estação experimental de Ituporanga)



Figura 2. 4 - Rolo-facas tração mecânica.
(Fonte: Catálogo IMASA).

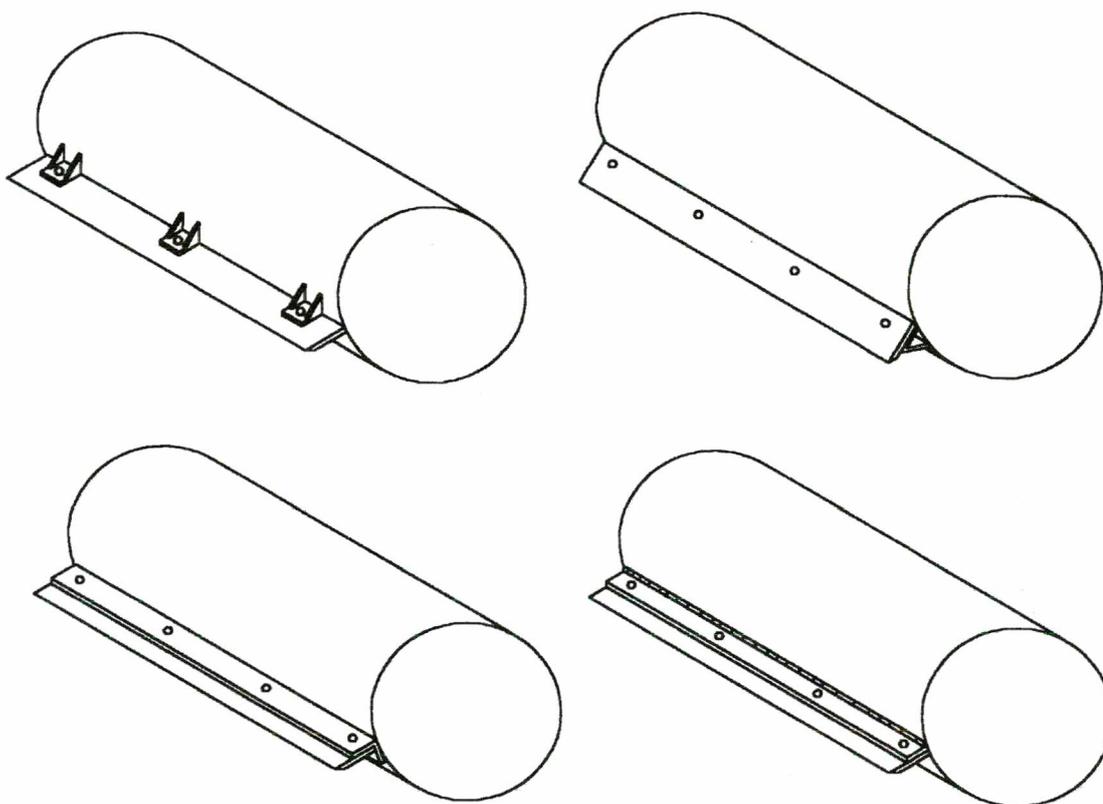


Figura 2.5 - Detalhes de diferentes tipos de fixações dos elementos de corte do rolo-facas.

2.8.2 - Rolo-discos

De acordo com TEIXEIRA citado por MONEGAT [10], o rolo-discos (Figuras 2.6 a 2.8) consiste numa espécie de zorra, movido a tração animal, com 1900 mm x 1500 mm, tendo na parte frontal um rolo de madeira, que serve para acamar a cobertura vegetal, e na parte posterior um eixo com 6 discos, que servem para cortar as plantas já acamadas.

Uma outra variação de rolo-discos foi desenvolvida pelos pequenos produtores rurais atendidos pelo Projeto Microbacias de Canelinha-SC que fabricaram o rolo-discos a partir da estrutura de uma seção de grade de discos, com a substituição dos discos côncavos por discos retos, em um suporte barra porta ferramentas do enleirador de tração animal. A figura 2.9 mostra o referido equipamento.

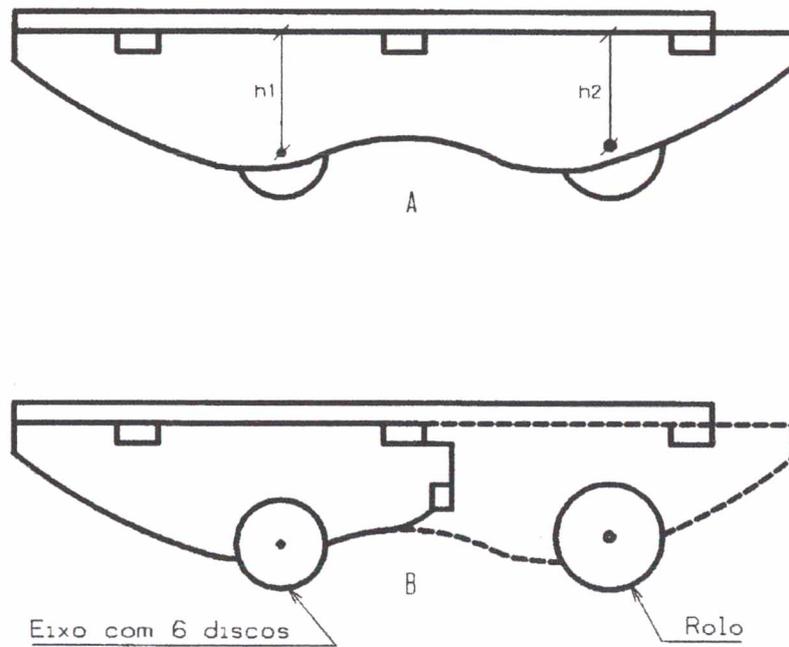


Figura 2. 8 - Rolo-discos:(A) vista lateral; (B) corte A-B da Figura 2.7
(Fonte: MONEGAT [10]).

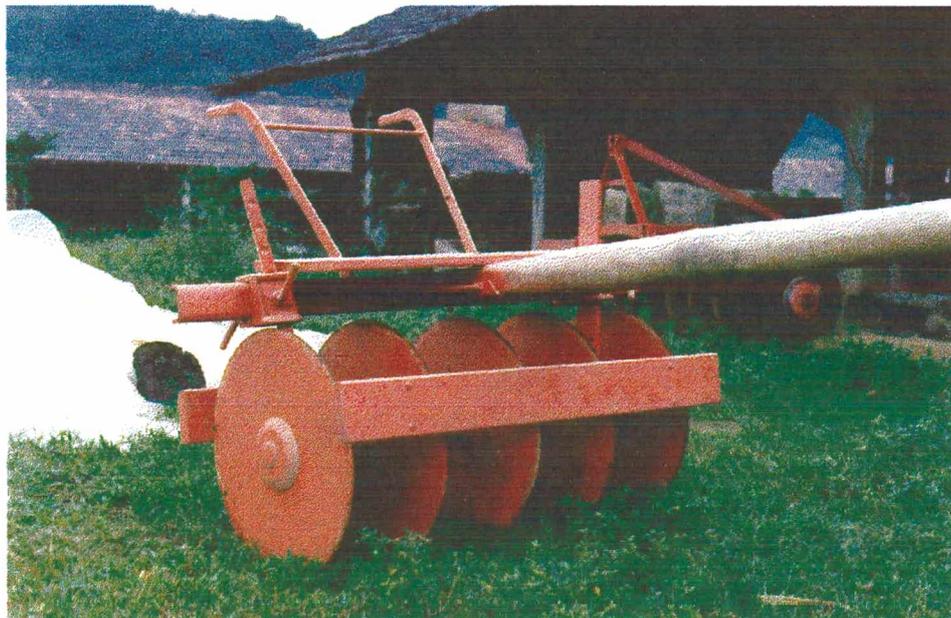


Figura 2. 9 - Rolo-discos (Fonte: Prefeitura Municipal de Canelinha).

2.8.3 - Cortadoras e picadoras rotativas horizontais

É comum a utilização desse tipo de equipamento, mais conhecido como roçadora de engate (figura 2.10), para o corte do adubo verde. As facas com movimento de rotação horizontal são fixas num eixo vertical (figura 2.11) que é acionado pela tomada de potência. As rodas, quando existem, são providas apenas para suportar a máquina a uma distância definida do solo, não sendo usadas para acionamento.

A tomada de potência aciona uma caixa de transmissão, formada por engrenagens cônicas, a qual através de uma transmissão de correias e polias aciona o rotor que contém as facas. Neste caso as próprias correias funcionam como um dispositivo de segurança. Se a transmissão não for feita por correias e polias, há necessidade de se colocar algum mecanismo de segurança, normalmente uma embreagem, cujo disco deve ser ajustado para transmitir o movimento em condições normais e deslizar se ocorrer algum impacto.

O requerimento de potência para essas segadoras fica entre 7360 e 8096 watts (10 e 11 cv respectivamente) para uma largura de corte de 1500 mm.



Figura 2. 10 - Cortadoras e picadoras rotativas de facas horizontais.

(Fonte: Catálogo JAN)

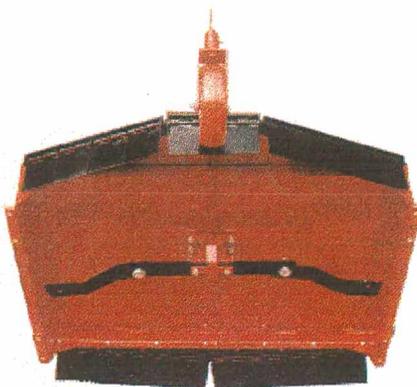


Figura 2. 11 - Detalhe da fixação dos elementos de corte de uma cortadora e picadora de facas horizontais. (Fonte: Catálogo JAN)

2.8.4 - Cortadoras e picadoras rotativas de facas verticais

O desenvolvimento de cortadoras e picadoras rotativas de facas verticais (figura 2.12) é considerado bastante recente, existindo poucos modelos disponíveis no mercado. Sabe-se que apenas duas empresas JAN e BALDAN, comercializam estes equipamentos.

Nessas máquinas a ação de corte deve-se à alta velocidade de rotação das facas, (1750 rpm) dispostas verticalmente em um cilindro. O cilindro opera paralelo ao solo e perpendicular à linha de deslocamento do trator. Em alguns modelos o eixo roda contrário à direção de deslocamento, as facas próximas ao solo se movimentam na mesma direção que a máquina está se deslocando, porém contra as plantas. Seu acionamento é feito da mesma forma que as picadoras rotativas de facas horizontais, ou seja, pela tomada de potência. Além de facas oscilantes utilizadas no rotor a espaços regulares (figura 2.13), as seções de corte podem consistir de martelos (em forma de T ou Y) indicados para as espécies de maior resistência.

O requerimento de potência para as cortadoras e picadoras rotativas de facas verticais fica em torno de 3680 a 7360 watts (5 a 10 cvs respectivamente) para cada 300 mm de largura de corte. Desta forma, uma máquina com um rotor de 1800 mm de largura de corte requer 22080 a 44160 watts (30 a 60 cvs respectivamente) para velocidades de operação de 1,4 a 2,8 m/s.



Figura 2. 12 - Cortadora e picadora de facas verticais. (Fonte: Catálogo Baldan)

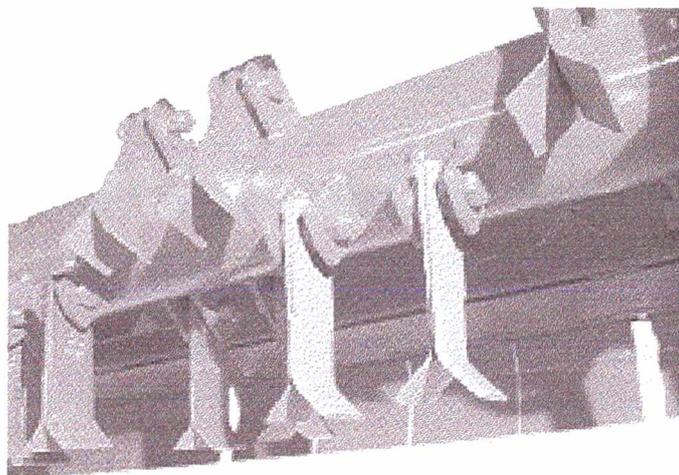


Figura 2. 13 - Detalhe da fixação dos elementos de corte de uma cortadora e picadora de facas verticais. (Fonte: Catálogo Baldan)

2.8.5 - Grade de discos

Na ausência de outro equipamento mais adequado o manejo da cobertura vegetal pode também ser feito com grade de discos em preparo convencional e preparo mínimo. Elas se constituem de um chassi, das secções de discos, dos limpadores dos discos e, dependendo do tipo de grade, de rodas de suporte para transporte.

As secções de discos se constituem de um eixo quadrado, de uma calota de encosto, de dois mancais, do suporte dos mancais, dos discos (lisos ou recortados), e dos carretéis espaçadores.

Quanto ao engate à fonte de potência podem ser denominadas de:

- grade montada - o acoplamento à fonte é feito unicamente por meio do sistema de engate de três pontos;
- grade semimontada: o acoplamento é feito por meio de dois pontos do engate;
- grade de arrasto - é dotada de barra de engate para tração.

Quanto à disposição das seções a grade pode ser de simples ação ou de dupla ação:

- simples ação - é constituída por duas ou mais seções dispostas lado a lado, de forma a movimentar o solo uma única vez em sentidos opostos;
- dupla ação - as seções são dispostas de forma a movimentar o solo duas vezes, uma em cada sentido.

Podem ainda ser subdivididas em :

- tandem (simétrica ou assimétrica) e
- excêntrica (em "V").

A grade em tandem é composta de quatro seções, duas dianteiras e duas traseiras, dispostas de forma simétrica ou assimétrica em relação à linha de tração. A figura 2.14 mostra uma grade de discos montada de dupla ação em tandem.

Vale lembrar que no manejo de coberturas vegetais qualquer que seja o tipo de grade utilizado deverá ser regulado de forma a trabalhar mais a cobertura vegetal e menos o solo. A figura 2 15 mostra uma grade adaptada para o manejo de coberturas vegetais.



Figura 2. 14 - Grade de discos (Fonte: Catálogo Marchesan).



Figura 2. 15 - Grade de discos adaptada para manejo de coberturas vegetais.

2.8.6 - “Kit cultivo mínimo”



Figura 2.16 - “Kit cultivo mínimo”

O “kit cultivo mínimo” (figura 2.16) consiste em uma adaptação feita a partir da enxada rotativa com o objetivo de difundir o cultivo mínimo da cebola. Da enxada rotativa são retirados três jogos de facas, permanecendo apenas dois jogos de facas com distância regulável de acordo com o espaçamento entre as linhas de plantio. Atrás dos jogos de facas fixa-se um anteparo com o objetivo de depositar o solo sobre o

sulco. Desta forma são produzidos sulcos de aproximadamente 80 a 100 mm de largura e 100 mm de profundidade, aptos ao transplantes de mudas. Sobre a estrutura das facas rotativas é colocado um suporte onde são colocados dois depósitos de fertilizante. Através de traquéias conectadas aos depósitos, o fertilizante é conduzido até a parte anterior das enxadas, sendo incorporado ao solo pelo movimento das mesmas.

2.8.7 - Pulverizador

Uma das formas mais usuais de manejo de cobertura vegetal é o dessecamento com herbicidas. O equipamento mais comumente utilizado é o pulverizador, que consiste basicamente em um reservatório para o herbicida líquido uma mangueira de ligação entre reservatório e bico pulverizador. A pulverização acontece através do aumento de pressão no reservatório feita manualmente através de uma alavanca de pressão, que força a saída do líquido através do bico pulverizador. Devido a problemas de intoxicação dos usuários com o pulverizador costal manual, existem tentativas no sentido de desenvolver equipamentos que tenham menos contato com o usuário (figura 2.17).



Figura 2.17 – Pulverizador

2.9 - Considerações ao estado da arte de equipamentos

O rolo-facas (figura 2.3) é elemento fundamental no emprego do plantio direto. Plantas de adubação verde como aveia preta, centeio e tremoço são depositadas uniformemente sobre o solo, e são pouco picadas. Isto é da maior importância no plantio direto, a decomposição das plantas é mais lenta de modo que a cobertura formada fornece uma proteção mais duradoura. Devido às suas vantagens e por permitir também o uso da tração animal, este implemento deveria ser usado preferencialmente DERPSH et al [13].

A fixação dos órgãos ativos deste equipamento merecem maiores estudos pois quando as lâminas são parafusadas em cantoneiras, fica facilitada a remoção para fins de afiação, podendo no entanto ocorrer o afrouxamento e a danificação dos parafusos, em decorrência dos impactos durante a operação.

O rolo-discos (figura 2.9) foi desenvolvido com a finalidade principal de cortar mucunas considerando o fato de que esta espécie de cobertura não é manejada satisfatoriamente pelo rolo-facas, pois a tendência dos cipós da mucuna é enrolar-se no cilindro do rolo-facas. A figura 2.18 mostra a arquitetura da mucuna.



Figura 2.18 - Mucuna

As roçadoras rotativas de facas horizontais (figura 2.10) embora apresentem um requerimento de potência relativamente alto, trabalham livres de bloqueios por embuchamentos. Quando possuem potência adequada cortam bem culturas acamadas e densas. A manutenção das facas é simples e até 40 hectares podem ser cortados entre afiações, dependendo das condições da cobertura do solo. Todavia, segundo BALASTREIRE [14] as facas são facilmente danificadas por pedras, e o requerimento de potência que fica ao redor de 8096 watts (11 cv) para uma largura de corte de 1500 mm, pode dobrar se as lâminas tornarem-se cegas.

As roçadoras de fabricação nacional proporcionam normalmente uma deposição em leiras. Os trilhos laterais dos implementos deixam, via de regra, marcas na superfície do solo. Nestes locais descobertos a germinação posterior de plantas daninhas é mais rápida. Muitos destes equipamentos incluem ainda um alto risco para o operador e terceiros por arremessar pedras e tocos.

As picadoras rotativas de facas verticais (figura 2.12) são uma boa opção para o médio e grande agricultor. Em função das ferramentas de corte com as quais são equipadas, são capazes de trabalhar com diversos tipos de resíduos vegetais como restos culturais de milho, girassol e cana-de-açúcar. Por outro lado, pelo efeito de trituração conferido a esse tipo de equipamento, espécies menos resistentes que as citadas se decompõem com muita rapidez, e isso não é desejável quando se objetiva proteger o solo contra erosão.

Quando no sistema de plantio direto não há disponibilidade de nenhum outro implemento pode-se, excepcionalmente também usar a grade de discos (Figura 2.14), verificando-se ainda sua adequação ao tipo de adubo verde (massa, espécie). Neste caso regula-se o implemento para que os discos praticamente rolem sobre a superfície do solo. Segundo DERPSH et al [13] o uso de grade de discos no sistema de plantio direto provoca a formação de ranhuras no solo pela ação dos discos e por esse motivo deveria ser evitado.

O chamado “kit cultivo mínimo” (Figura 2.16) é bastante utilizado em pequenas propriedades, contribuindo na redução de mão-de-obra no preparo e adubação do solo para o plantio da cebola. Seu maior inconveniente é atribuído ao “espelhamento” que ocorre no solo devido à ação das lâminas rotativas.

Atualmente os produtos agroecológicos (que recebem “selo verde”) possuem alto valor comercial. Esses produtos não utilizam agrotóxicos em nenhuma etapa de sua produção, nem mesmo no preparo do solo. Portanto o dessecamento com herbicidas consiste em manejo que além de causar intoxicações a trabalhadores e danos ao meio ambiente, diminui o valor comercial dos produtos agrícolas.

Constatou-se que o pequeno produtor catarinense dispõe de poucas opções de equipamentos no mercado. Ainda há muito a se trabalhar para oferecer alternativas que auxiliem no processo de difusão da adubação verde/cultivos de cobertura.

CAPÍTULO III

3 - Esclarecimento da tarefa

3.1 - Introdução

A fase de esclarecimento da tarefa serve de parâmetro para a avaliação da evolução do produto ao longo do seu projeto. O modelo de tarefa - normalmente já na forma de uma lista de especificações de projeto, dentro da abordagem adotada no trabalho de FERREIRA [15], é visto como a principal entrada do processo de projeto conceitual.

Neste capítulo será demonstrada a metodologia utilizada para a elaboração das especificações de projeto do protótipo em estudo. A figura 3.1 mostra a estrutura de modelos utilizada durante esta fase.

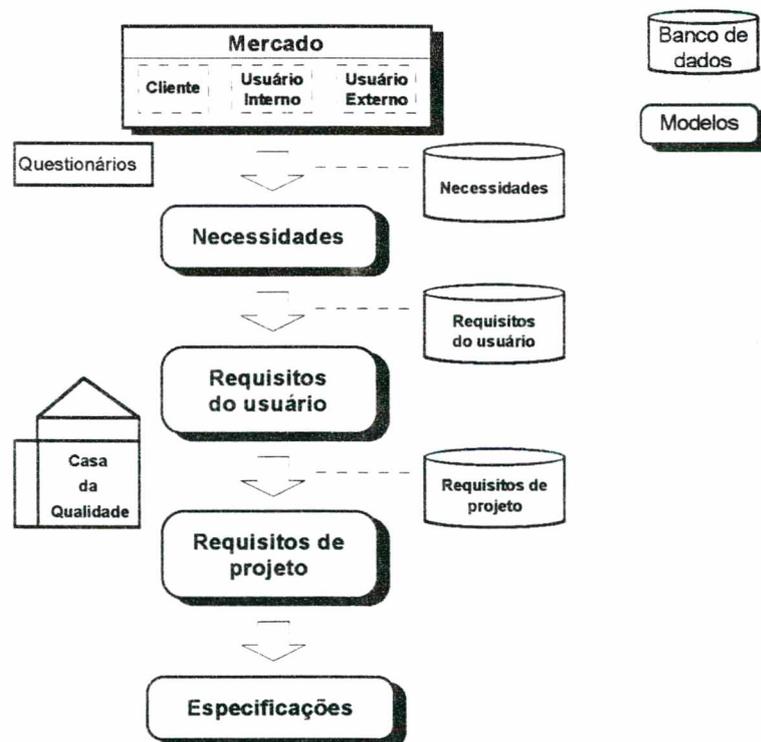


Figura 3. 1 Estrutura de modelos utilizada para elaboração das especificações [15].

3.2 - Levantamento de necessidades

A real necessidade de desenvolvimento de equipamentos adequados para a pequena empresa rural catarinense foi detectada pelo cliente a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina S.A. (EPAGRI).

3.2.1 – Levantamento de campo

As necessidades dos usuários foram captadas através de questionários de levantamento de campo aplicados a 81 propriedades de 11 municípios servidos pelos rios Tijucas e Da Madre. As propriedades estudadas são assistidas pelo projeto Microbacias-BIRD.

O levantamento de campo trouxe as seguintes informações relevantes:

- todos os municípios pesquisados fazem uso da adubação verde/cultivos de cobertura em pequenas áreas;
- os produtores da região analisada ainda utilizam meios pouco recomendados de manejo de cobertura vegetal como aração e gradagem;
- na maioria das propriedades pesquisadas são utilizados como fonte de potência, microtratores (tratores de rabiças), animais (bovinos e equinos) e tratores de médio porte são encontrados em número bastante reduzido como pode ser observado na tabela 3.1;
- a difusão do sistema, assim como o aumento da área cultivada com adubos verdes/cultivos de cobertura, são dependentes do desenvolvimento de equipamentos adequados à realidade do pequeno produtor, WEISS & dos SANTOS [16].

Tabela 3. 1 - Fontes de potência na pequena propriedade

FONTE DE POTÊNCIA	VALOR PERCENTUAL
Tração animal	36 %
Trator de rabiças + tração animal	33 %
Trator de rabiças	19 %
Trator 4 X 2	5 %
Trator 4 X 2 + tração animal	6 %
Trator 4 X 2 + trator de rabiças	1 %

FONTE: WEISS & SANTOS [16].

3.2.2 - Testes dos equipamentos

Valendo-se das argumentações coletadas no campo junto a usuários externos (produtores rurais) e internos (profissionais da área) pertencentes ao Projeto Microbacias, elegeu-se os equipamentos para manejo de coberturas vegetais denominados rolo-facas (figura 3.3) e rolo-discos (figura 3.4) para serem submetidos a testes e avaliações com o objetivo de coletar dados sobre seu desempenho e detectar pontos fracos que poderiam ser melhorados no reprojeto.

Aspectos observados:

- adequação do equipamento à tarefa;
- qualidade do trabalho;
- capacidade operacional;
- potência necessária para acionamento do equipamento;
- segurança de operação;
- acoplamento do equipamento;
- manutenção.

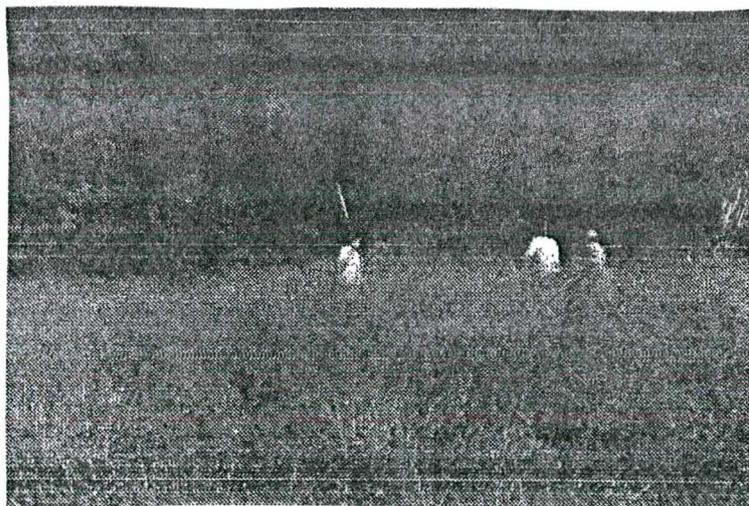


Figura 3 2 - Área de testes

A área de testes (figura 3.2) continha na ocasião, capim milhã, capim pé-de-galinha, mentrasto e picão preto, com 3,5 t/ha de massa verde ou 1,2 t/ha de massa seca, com topografia situando-se na faixa de 12 a 30% de declividade e utilizada anteriormente para a cultura do fumo. A umidade do solo situava-se em torno de 26% na ocasião dos testes, 85% da área foi representada por vegetação nativa com grande resistência a corte e presença de camalhões remanescentes da cultura anterior.

3.2.3 - Avaliação do rolo-facas

Para as condições de teste o rolo-facas (figura 3.3) não demonstrou bom desempenho operacional. A qualidade do trabalho foi considerada insatisfatória tendo em vista o acamamento parcial e o corte insignificante da cobertura vegetal. Fatores como estágio de crescimento das espécies, umidade do solo e irregularidade da área também contribuíram para este resultado.

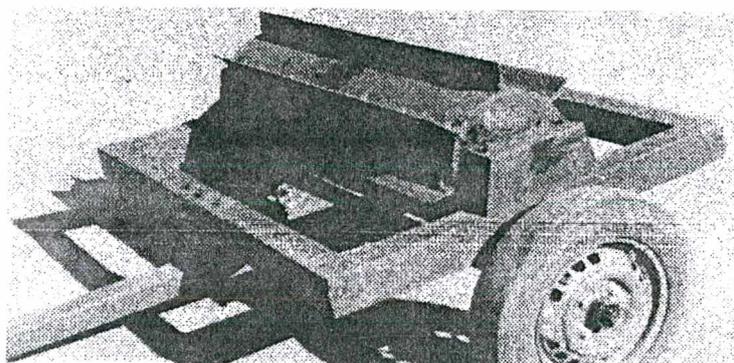


Figura 3.3 - Rolo-facas tração animal ou mecânica. (Fonte: Estação Experimental de Ituporanga)

Aspectos positivos do equipamento testado:

- facilidade de adaptação à fonte de potência animal ou mecânica;
- potência necessária – dois bois pesando aproximadamente 450 kg ou um microtrator de 8096 watts.

Aspectos negativos do equipamento testado:

- dificuldade de remoção dos elementos de corte para afiação;
- lâminas muito pesadas;
- número excessivo de parafusos de fixação;
- afrouxamento e danificação freqüente dos parafusos;
- elementos de corte sem proteção de segurança;
- peso excessivo do equipamento como um todo, tornando problemática sua manipulação.

Embora seu desempenho tenha deixado a desejar nas condições de campo em que foi testado, seu princípio de funcionamento foi considerado adequado, somando-se a isso a ampla aceitação do rolo-facas na pequena propriedade, conclui-se que se trata de equipamento com potencial para reprojeto.

3.2.4 - Avaliação do rolo-discos

O rolo-discos mostrou-se inadequado para a cobertura vegetal da área de testes (vegetação nativa com grande resistência ao corte). A qualidade do trabalho foi considerada insatisfatória tendo em vista o acamamento e corte insignificante da cobertura vegetal disponível. Os fatores estágio de crescimento, umidade do solo e irregularidade da área também contribuíram para este resultado.



Figura 3.4 - Rolo-discos (Fonte: Prefeitura Municipal de Canelinha).

Aspectos positivos do equipamento testado:

- adequado ao manejo de mucunas (figura 2.18);
- facilidade de adaptação à fonte de potência animal ou mecânica.

Aspectos negativos do equipamento testado:

- ausência de um mecanismo acamador que posicione o material vegetal perpendicularmente à linha de ação dos elementos de corte;
- baixo peso;
- dificuldade de remoção dos elementos de corte para afiação;
- discos de corte sem proteção de segurança.

Apesar do mau desempenho do rolo-discos na área de testes, sua difusão do é uma realidade. O grande inconveniente é o restrito número de espécies de adubo verde manejados pelo equipamento, com o risco de serem criadas monoculturas vindo a prejudicar o agroecossistema. Seu princípio de funcionamento pode ser melhorado objetivando o manejo de outras espécies diferentes das já citadas, e assim otimizar sua utilização na pequena propriedade rural.

3.3 – Interpretação de requisitos

O objetivo do reprojeto é atender aos requisitos básicos que estão listados na casa da qualidade (figura 3.5), o primeiro estágio do QFD (*Quality Function Deployment*), a ferramenta básica dessa estratégia gerencial, que estabeleceu as propriedades que o protótipo deveria possuir.

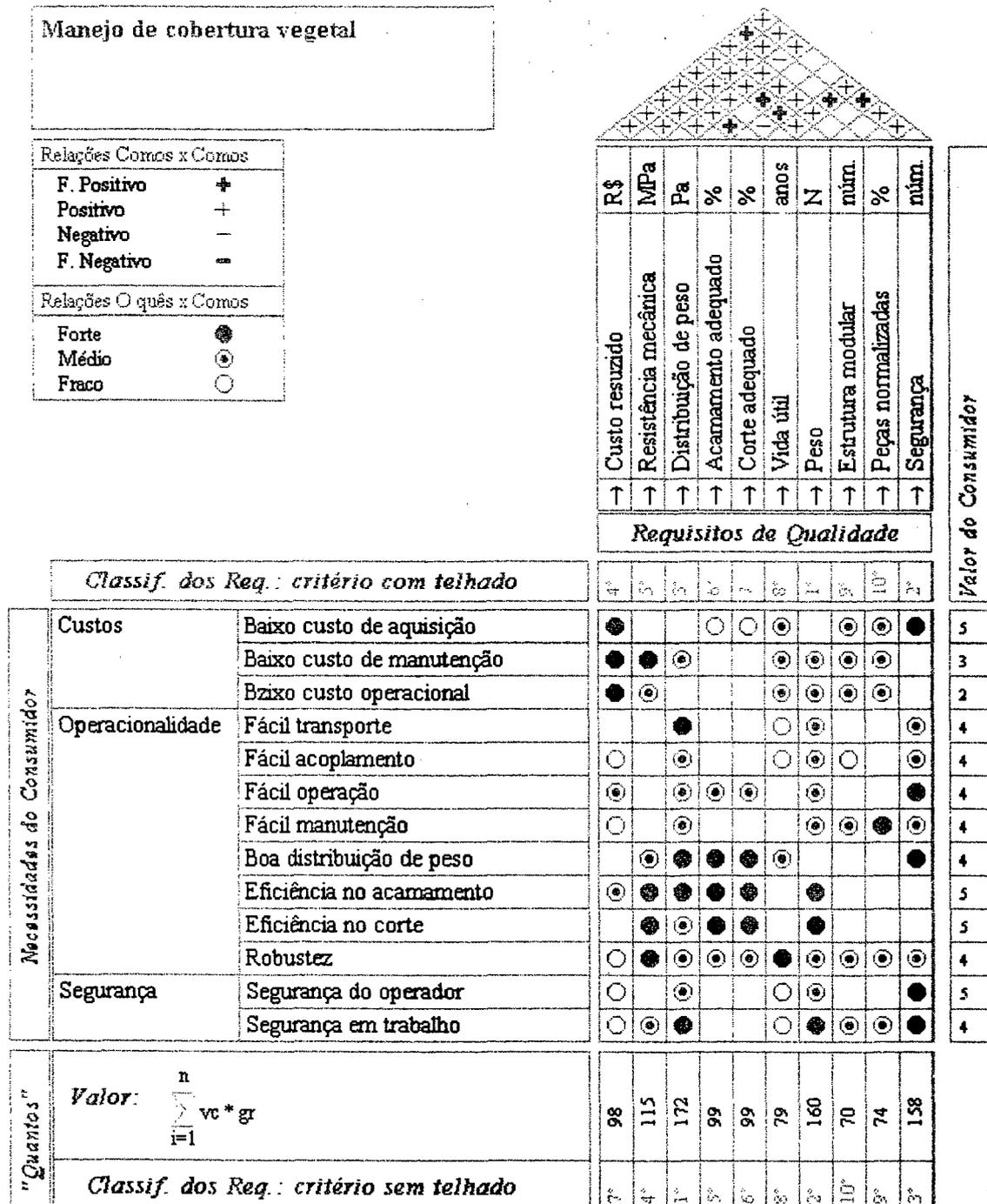


Figura 3.5 - Casa da qualidade.

Na casa da qualidade (figura 3.5), os requisitos do usuário são denominados de **O quês** e foram definidos com base no levantamento de campo. Nem todos os requisitos do usuário têm a mesma importância. Desta forma foram atribuídos valores a estes requisitos, procurando adequá-los a uma melhor análise.

3.3.1 - Requisitos de projeto

Os requisitos de projeto (ou de qualidade), resultam da tradução dos requisitos dos usuários. É o **como** fazer do projeto.

Para o preenchimento do corpo da casa da qualidade, os requisitos do usuário foram relacionados com os requisitos de projeto (ou de qualidade) do produto. Aos requisitos do usuário foram atribuídos valores (vc) e foram previstos graus de relacionamento (gr) entre os requisitos de usuário e requisitos de projeto, para verificar o quanto cada um poderia afetar no outro.

O telhado da casa da qualidade consiste em uma matriz que interrelaciona os requisitos de projeto, identificando seu grau de dependência que pode ser:

- fortemente positivo;
- positivo;
- negativo;
- fortemente negativo.

A casa da qualidade representa para os executivos de marketing "a voz do consumidor". Ela de fato encoraja os grupos de engenharia a trabalhar no sentido de melhor entender prioridades e metas alheias provendo meios para os participantes debaterem prioridades.

3.3.2 - Desdobramento dos requisitos de projeto

Os objetivos de cada requisito de projeto e seus respectivos desdobramentos (tabela 3.1) foram traçados com a finalidade de dar características concretas de engenharia e facilitar o trabalho do grupo de projeto.

Tabela 3.1 - Requisitos de projeto e desdobramentos

REQUISITOS DE PROJETO		DESDOBRAMENTOS
1. Custo reduzido (custo meta R\$ 700,00)	1a. custo de aquisição	número de peças processo de fabricação materiais de baixo custo componentes reaproveitados mão-de-obra " não especializada"
	1b. manutenção	menor número de operações de montagem ferramentas usuais de manutenção mão-de-obra " não especializada" mecanismos simples de lubrificação fixações por encaixe facilidade de afiação dos elementos de corte
	1c. operacional	número reduzido de operadores bom rendimento de área manejada eficiência de corte
2. Resistência mecânica		dimensionamento apropriado dos componentes especiais fixações rígidas na estrutura escolha apropriada dos perfis
3. Distribuição de peso		geometria apropriada para uma boa posição do centro de gravidade (plano das rodas de transporte) distribuição uniforme de peso sem manipulação de componentes
4. e 5. Acamamento e corte adequado		acamar e cortar cobertura vegetal em uma largura de 1200 mm, obtendo fragmentos de comprimento igual ou inferior a 300 mm escolher apropriadamente o material dos elementos de corte adequar tratamento térmico visando boa capacidade de afiação e resistência a impactos promover regulagem de peso posicionar adequadamente elemento de corte e cobertura vegetal diminuir área de corte aumentar " grau de recobrimento" dos elementos de corte no contato com a cobertura
6. Vida útil		escolher adequadamente o material para fabricação dos elementos de corte (visando afiação e resistência a impactos)
7. Peso		compatibilizar peso com fonte de tração disponível (dois bovinos com aproximadamente 450 kg cada, ou trator de rabiças de 8096 watts de potência (11 CV) possibilitar adição de massa para regulagem de peso em função da cobertura a ser manejada e fonte de tração disponível
8. Estrutura modular		possibilitar troca de componentes de acordo com a utilização do equipamento facilitar montagem/desmontagem
9. Peças normalizadas		possibilitar a aquisição de peças no mercado comum facilitar manutenção preditiva
10. Segurança		colocar proteção sobre os elementos de corte fornecer espaçamento adequado à manipulação de componentes possibilitar regulagem das rodas de transporte para as posições de trabalho e transporte livre simplificar o engate na fonte de potência

3.4 - Especificações de projeto

A lista de especificações de projeto (Figura 3.6) é o último e principal documento da fase de esclarecimento da tarefa. É a referência básica de projeto, pois além de servir de entrada para o processo de projeto conceitual, acompanha o projetista ao longo de todo o processo de projeto, [15].

REQUISITO	JUSTIFICATIVA	SENSOR	SAÍDAS INDESEJADAS	OBSERVAÇÕES / RESTRIÇÕES
Peso	Compatibilizar peso com eficiência de corte, transporte, manobrabilidade e custos.	Teste de campo e análise de projeto preliminar.	Peso excessivo ou baixo peso, comprometendo o adequado acamamento e corte da cobertura vegetal.	É prevista a adição de massa para adequar o peso ao tipo de cobertura a manejar.
Segurança	Obter segurança na montagem, manutenção e utilização do equipamento.	Avaliação da montabilidade e inspeção do projeto.	Acidentes na montagem, manutenção e utilização do equipamento.	
Distribuição de peso	Manter a estabilidade do conjunto.	Verificação preliminar do projeto e avaliação baseada em testes.	Instabilidade do equipamento / Acamamento e corte inadequado e heterogêneo sobre o solo.	
Custos	Preço máximo compatível com a realidade econômica do agricultor.	Custo máximo do produto US\$ 700,00.	Custo acima do previsto.	Descapitalização do agricultor.
Resistência mecânica	Diminuir o número de manutenções.	Verificação preliminar do projeto.	Interrupções no trabalho.	
Acamamento adequado	Acamar cobertura vegetal em uma largura de 1200 mm	Avaliação dos testes de campo.	Alta porcentagem de solo descoberto.	Cálculo efetuado em função da distribuição (%) da massa vegetal.
Corte adequado	Obter fragmentos de comprimento igual ou inferior a 300 mm	Avaliação dos testes de campo.	Alta porcentagem de fragmentos de tamanho inferior ao recomendado	Cálculo efetuado através da contagem de fragmentos em uma área de 1m ² .
Vida útil	Boa relação custo / benefício.	Afiação ou trocas de elementos de corte, trincas, folgas e corrosão.	Descarte abaixo do prazo previsto.	Sobrecarga, uso inadequado.
Estrutura modular	Módulos adaptáveis a diferentes tipos de cobertura vegetal e diferentes fontes de potência.	Verificação do projeto.	Dificuldade de adaptação à diferentes tipos de cobertura e diferentes fontes de potência.	
Peças normalizadas	Número reduzido de peças especiais.	Verificação de projeto.	Custos elevados.	

Figura 3. 6 - Especificações de Projeto

CAPÍTULO IV

4 - Projeto conceitual

4.1 - Introdução

Segundo FERREIRA [15], o projeto conceitual é a fase do processo de projeto que gera, a partir de uma necessidade detectada e esclarecida, um produto que atenda a estas necessidades da melhor maneira possível. Situa-se entre a fase de esclarecimento da tarefa e o projeto preliminar, como é ilustrado na figura 4.1.

No presente capítulo serão abordadas as etapas seguidas na busca de alternativas de solução para o equipamento a ser reprojetoado.

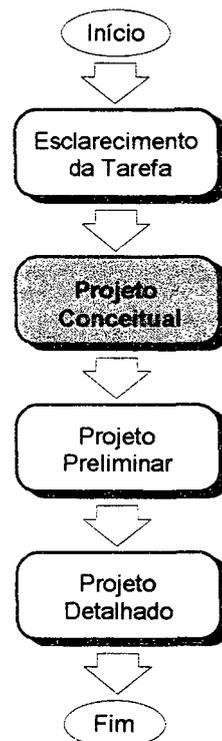


Figura 4. 1 - O projeto conceitual no processo de projeto [15]

4.2 - Modelo

Na fase de projeto conceitual, baseou-se no modelo apresentado por Pahl & Beitz [17], que estruturam o projeto conceitual em uma sequência de etapas a serem seguidas (figura 4.2) a fim de que se garanta a qualidade da concepção.

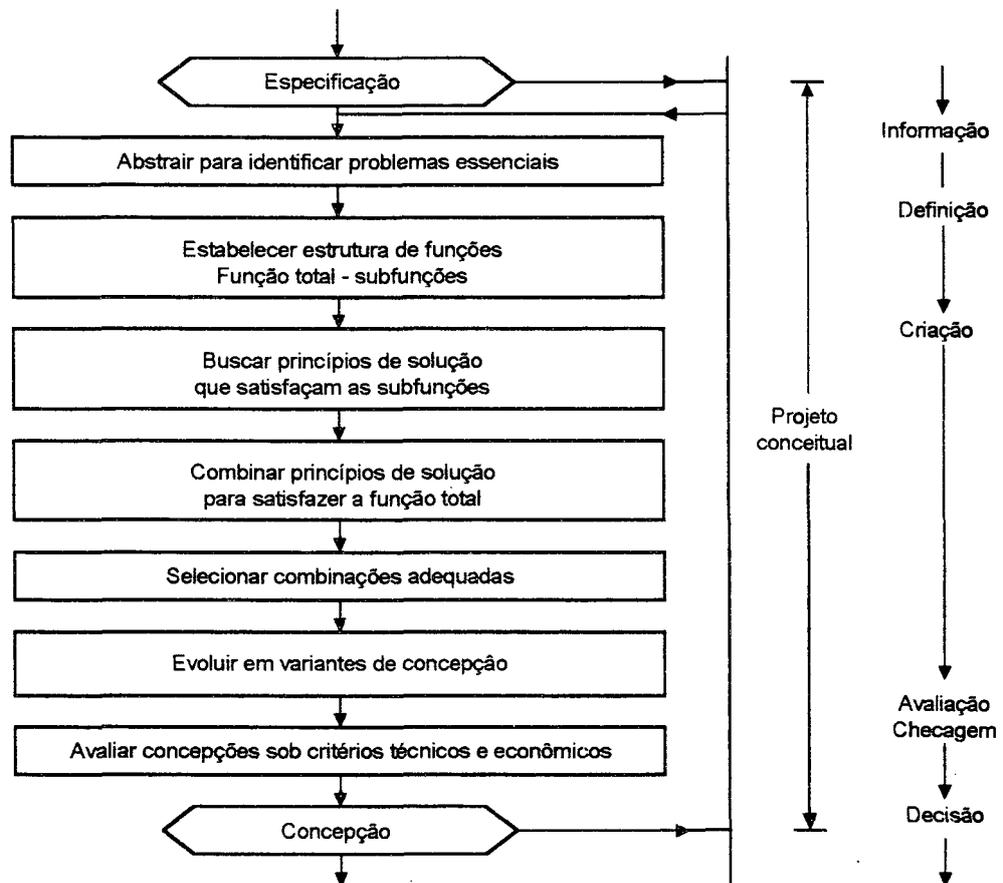


Figura 4. 2 - Etapas do projeto conceitual segundo PAHL & BEITZ [17].

A primeira etapa recomendada por PAHL & BEITZ [17] para o desenvolvimento do projeto conceitual é a análise da especificação de projeto (figura 3.6) com respeito às funções requeridas e às restrições de projeto. Esta análise, aliada a uma compassada abstração, revelará os aspectos gerais e características essenciais da tarefa.

4.3 - Estabelecimento da estrutura de funções

No projeto conceitual, o produto é primeiramente modelado em termos das funções que o produto deverá realizar, ou melhor, dos fluxos de energia, material e sinais manipulados pelo produto como um sistema. Para isso utilizou-se no presente trabalho o método da análise funcional.

O problema total de projeto é trabalhado na forma de uma “função total” que é decomposta, ou seja, analisada até que se obtenha uma estrutura de funções adequada. Para cada uma dessas funções, associam-se então princípios de solução, ou seja, meios de realizar as funções.

A estrutura funcional do equipamento para manejo de cobertura vegetal é relativamente simples, a cobertura vegetal necessita ser acamada e cortada de forma homogênea, visando a máxima cobertura do solo.

A função total é representada através da técnica da caixa preta da figura 4.3. Matéria entra como cobertura vegetal e sai como cobertura vegetal acamada e cortada. Necessita-se de energia para acamar e cortar a cobertura vegetal. Deve-se ainda controlar a velocidade e a força de corte.



Figura 4. 3 - Função total para equipamento de manejo de cobertura vegetal (2 possíveis representações).

Duas funções parciais, acamar e cortar, foram identificadas, pertencentes ao fluxo principal, ou seja, ao fluxo de matéria (cobertura vegetal) e está representada na figura 4.4.

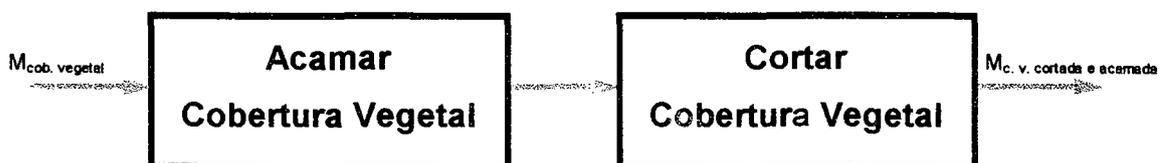


Figura 4. 4 - Funções parciais para equipamento de manejo de cobertura vegetal.

Às funções parciais da figura 4.4, acrescentam-se as funções auxiliares de controlar a força necessária para o corte e a função mover o conjunto que portará os elementos que realizarão as funções principais. Tem-se assim a estrutura de funções, figura 4.5, que serve de base para a montagem da estrutura de operações básicas.

Esta mesma estrutura de funções poderia ter sido elaborada pela análise de sistemas já existentes (rolo-facas e rolo-discos), tal como recomendado para os casos de reprojeto.

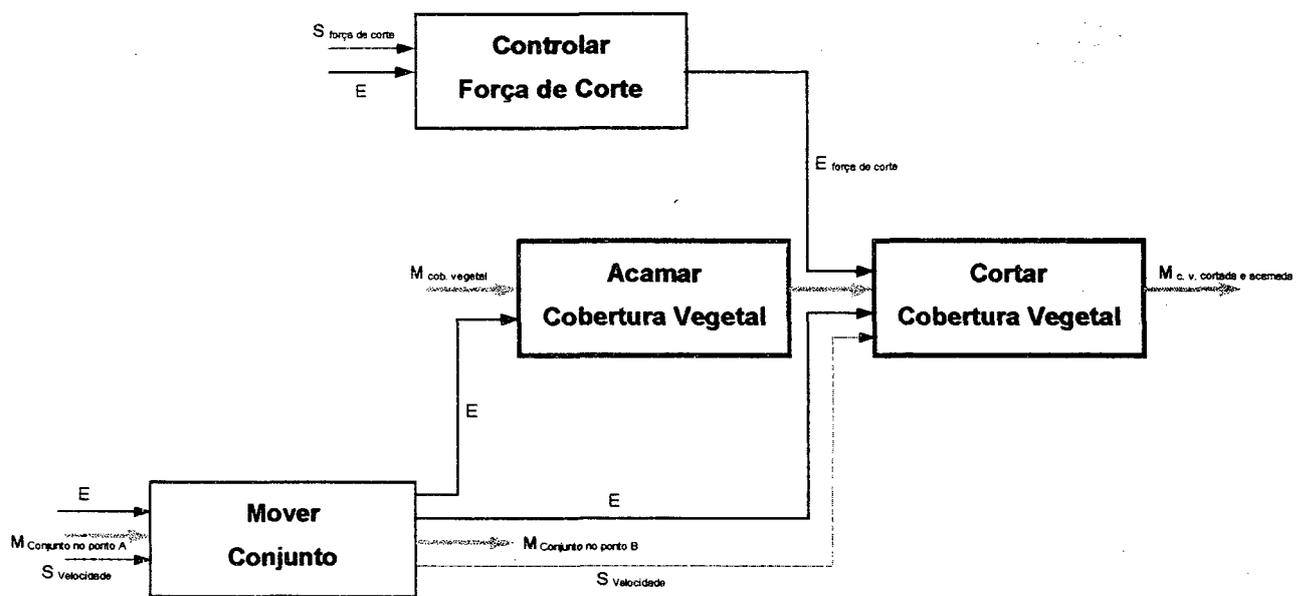


Figura 4. 5 - Estrutura de funções para equipamento de manejo de cobertura vegetal.

Note que a energia necessária tanto para o acamamento quanto para o corte deverão vir da mesma fonte que provê energia para o movimento do conjunto, portanto na matriz morfológica (figura 4.6) constam três ao invés de quatro funções, ou seja, um mesmo portador de efeito físico, atende a duas funções. Isto implica na construção de um equipamento simples sem motores acionando os dispositivos de acamamento e de corte.

4.4.1 - Descrição dos elementos da matriz morfológica

1. Módulo funcional - cortar cobertura vegetal

a. Subfunção - posicionar elementos de corte

Módulo construtivo:

1.a.1 - facas distribuídas longitudinalmente no cilindro;

1.a.2 - facas de pequena dimensão distribuídas no centro e nas extremidades do cilindro;

1.a.3 - facas de pequena dimensão distribuídas de forma helicoidal no cilindro;

1.a.4 - discos.

b. Subfunção - fixar elementos cortantes

Módulo construtivo:

1.b.1 - facas com um rasgo;

1.b.2 - parafusos;

1.b.3 - facas com dois furos;

1.b.4 - distanciadores.

2. Módulo funcional - acamar cobertura vegetal

a. Subfunção - controlar força de corte

Módulo construtivo:

2.a.1 - lastro de água;

2.a.2 - lastro de areia;

2.a.3 - adição de massa.

b. Subfunção - direcionar cobertura vegetal

Módulo construtivo:

2.a.1 - rolo liso acamador;

2.a.2 - rolo liso com sistema de acamamento lateral;

2.a.3 - acamador frontal.

3. Módulo funcional - mover conjunto

a Subfunção - tracionar conjunto

Módulo construtivo:

3.a.1 - tração animal: junta de bovinos;

3.a.2 - microtrator de rabiças;

3.a.3 - tração animal: junta de equinos;

b. Subfunção - transportar conjunto

Módulo construtivo:

3.b.1 - roda descendo por giro;

3.b.2 - roda descendo na vertical;

3.b.3 - inversão da estrutura.

c. Subfunção - suportar operador

Módulo construtivo:

3.c.1 - plataforma traseira;

3.c.2 - assento apoiado na estrutura de proteção.

4.5 - Combinação de princípios de solução

A combinação dos princípios de solução determina as várias concepções possíveis ao equipamento. O uso da matriz morfológica (figura 4.6) na combinação de princípios de solução, é particularmente útil. Ela representa as várias maneiras de se realizar as funções que foram definidas a partir da análise funcional. A cada arranjo tem-se uma possível concepção.

4.6 - Seleção das combinações adequadas

Na seleção das combinações adequadas procurou-se promover a montagem modular ou projeto básico. Este princípio encoraja o uso de uma base simples/única sobre a qual será realizada a composição do produto.

Considera-se como montagem modular a que emprega a conexão de módulos ao elemento-base. Módulos são grupos de componentes, com funções independentes, que quando combinados entre si, realizam várias funções globais. Dessa forma pode-se através da troca de módulos, obter diferentes produtos, MARIBONDO & BACK & FORCELLINI [18].

Os módulos básicos envolvidos no processo de desenvolvimento dos equipamentos para manejo de cobertura vegetal foram:

1. módulo estrutural;
2. módulo de transporte;
3. módulo rolo-facas;
4. módulo rolo-discos;
5. módulo rolo liso;
6. módulo acamador.

Importantes aspectos do princípio de funcionamento e restrições específicas da tarefa foram conhecidas durante as fases de revisão bibliográfica e esclarecimento da tarefa e tornaram-se ainda mais importantes na seleção das combinações de solução. Informações mais detalhadas foram recolhidas para as combinações mais promissoras e os dados necessários foram obtidos com o auxílio de:

- cálculos preliminares;
- esboços e desenhos em escala de leiaute, forma, compatibilidades;
- testes em modelos;
- simulação computacional e
- literaturas específicas.

4.7 - Geração das concepções

Através da matriz morfológica quatro concepções do equipamento para manejo de cobertura vegetal foram geradas procurando atender o objetivo de manejar o maior número possível de espécies de plantas de cobertura. O elemento-base constitui-se de módulo estrutural (1) e módulo de transporte (2).

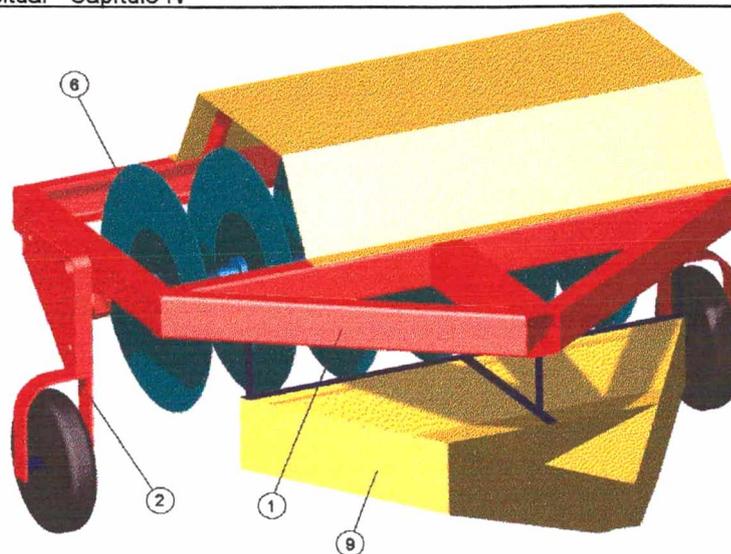


Figura 4.14 - Concepção IV (capô de proteção em corte).

4.8 - Considerações finais sobre as concepções

Todas as concepções geradas, tiveram por objetivo criar alternativas para a utilização de equipamentos disponíveis na pequena propriedade. No entanto, a concepção I, mostra-se como a mais promissora delas uma vez que, executa simultaneamente acamamento e corte sem necessidade de nenhum acamador, possibilita uma grande adição de lastro e pode manejar várias espécies de plantas de cobertura, inclusive mucunas. Aliada às vantagens de utilização dos mesmos mancais, estrutura, rodas de transporte e proteção dos elementos de corte para todas as concepções, está a simplicidade dos componentes facilitando a montagem/desmontagem e a utilização do equipamento, portanto as quatro concepções foram submetidas a teste. O acionamento do equipamento poderá ser feito através de fonte de potência animal (bovinos) ou mecânica (microtratores) atendendo a uma necessidade do consumidor.

A empresa interessada na fabricação do equipamento IADEL S. A., avaliou os custos de mercado da concepção I. O produtor poderá adquirir a concepção I por R\$ 500,00 (preço de mercado avaliado pela empresa).

O custo meta estimado foi de R\$ 700,00 baseando-se nos preços de mercado de produtos da mesma linha.

CAPÍTULO IV

4 - Projeto conceitual

4.1 - Introdução

Segundo FERREIRA [15], o projeto conceitual é a fase do processo de projeto que gera, a partir de uma necessidade detectada e esclarecida, um produto que atenda a estas necessidades da melhor maneira possível. Situa-se entre a fase de esclarecimento da tarefa e o projeto preliminar, como é ilustrado na figura 4.1.

No presente capítulo serão abordadas as etapas seguidas na busca de alternativas de solução para o equipamento a ser reprojetoado.



Figura 4. 1 - O projeto conceitual no processo de projeto [15]

4.2 - Modelo

Na fase de projeto conceitual, baseou-se no modelo apresentado por Pahl & Beitz [17], que estruturam o projeto conceitual em uma sequência de etapas a serem seguidas (figura 4.2) a fim de que se garanta a qualidade da concepção.

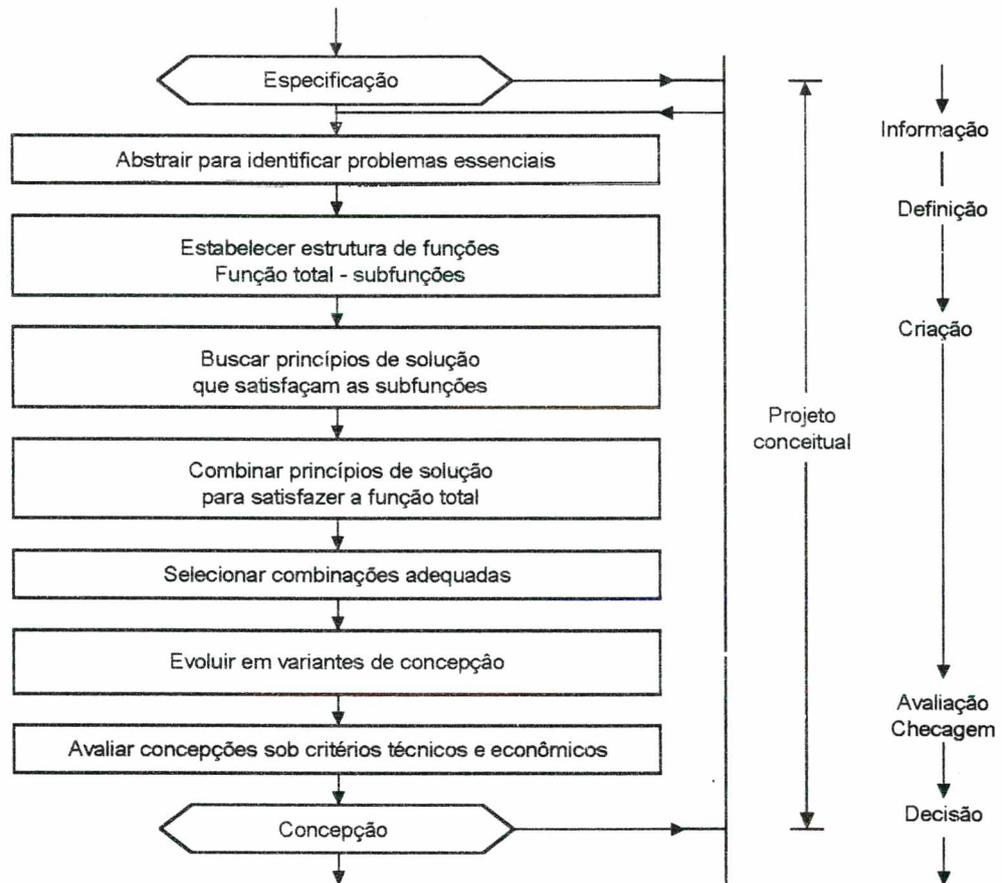


Figura 4. 2 - Etapas do projeto conceitual segundo PAHL & BEITZ [17].

A primeira etapa recomendada por PAHL & BEITZ [17] para o desenvolvimento do projeto conceitual é a análise da especificação de projeto (figura 3.6) com respeito às funções requeridas e às restrições de projeto. Esta análise, aliada a uma compassada abstração, revelará os aspectos gerais e características essenciais da tarefa.

4.3 - Estabelecimento da estrutura de funções

No projeto conceitual, o produto é primeiramente modelado em termos das funções que o produto deverá realizar, ou melhor, dos fluxos de energia, material e sinais manipulados pelo produto como um sistema. Para isso utilizou-se no presente trabalho o método da análise funcional.

O problema total de projeto é trabalhado na forma de uma “função total” que é decomposta, ou seja, analisada até que se obtenha uma estrutura de funções adequada. Para cada uma dessas funções, associam-se então princípios de solução, ou seja, meios de realizar as funções.

A estrutura funcional do equipamento para manejo de cobertura vegetal é relativamente simples, a cobertura vegetal necessita ser acamada e cortada de forma homogênea, visando a máxima cobertura do solo.

A função total é representada através da técnica da caixa preta da figura 4.3. Matéria entra como cobertura vegetal e sai como cobertura vegetal acamada e cortada. Necessita-se de energia para acamar e cortar a cobertura vegetal. Deve-se ainda controlar a velocidade e a força de corte.



Figura 4. 3 - Função total para equipamento de manejo de cobertura vegetal (2 possíveis representações).

Duas funções parciais, acamar e cortar, foram identificadas, pertencentes ao fluxo principal, ou seja, ao fluxo de matéria (cobertura vegetal) e está representada na figura 4.4.



Figura 4. 4 - Funções parciais para equipamento de manejo de cobertura vegetal.

Às funções parciais da figura 4.4, acrescentam-se as funções auxiliares de controlar a força necessária para o corte e a função mover o conjunto que portará os elementos que realizarão as funções principais. Tem-se assim a estrutura de funções, figura 4.5, que serve de base para a montagem da estrutura de operações básicas.

Esta mesma estrutura de funções poderia ter sido elaborada pela análise de sistemas já existentes (rolo-facas e rolo-discos), tal como recomendado para os casos de reprojeto.

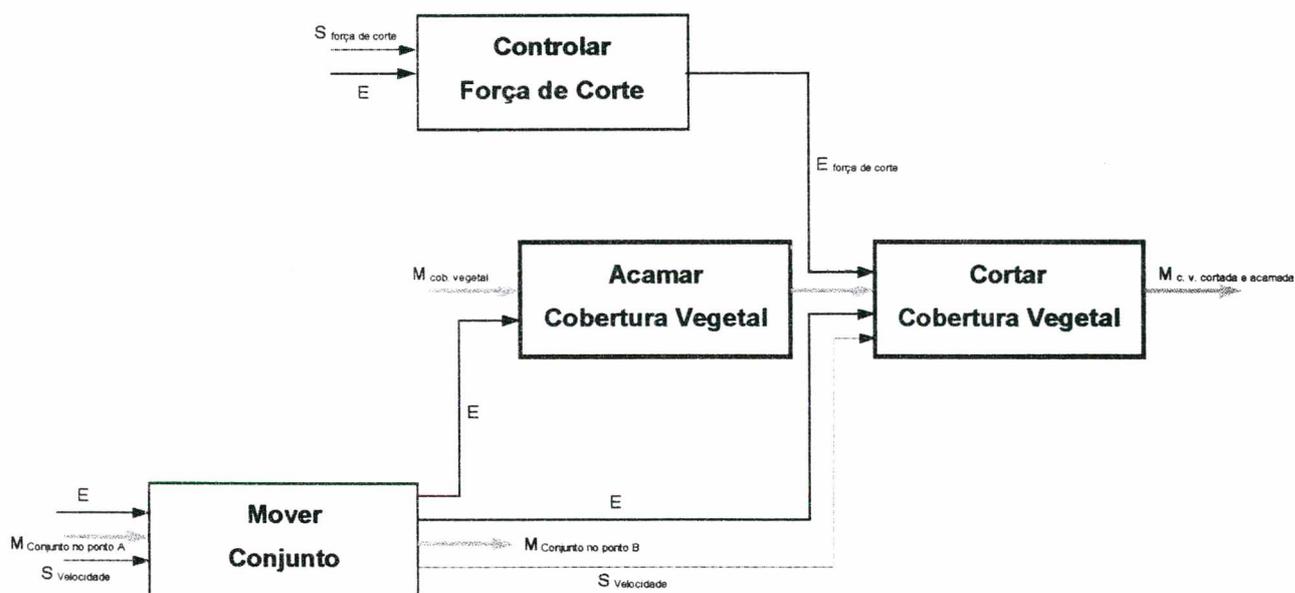


Figura 4.5 - Estrutura de funções para equipamento de manejo de cobertura vegetal.

Note que a energia necessária tanto para o acamamento quanto para o corte deverão vir da mesma fonte que provê energia para o movimento do conjunto, portanto na matriz morfológica (figura 4.6) constam três ao invés de quatro funções, ou seja, um mesmo portador de efeito físico, atende a duas funções. Isto implica na construção de um equipamento simples sem motores acionando os dispositivos de acamamento e de corte.

4.4 - Busca por princípios de solução

Após o estabelecimento da estrutura de funções, buscou-se princípios de solução para as várias subfunções. Um princípio de solução deve refletir o efeito físico requerido para o cumprimento da função bem como formas e materiais a serem empregados.

Os métodos e ferramentas utilizados na busca por princípios de solução foram:

- Métodos convencionais:
 - busca em literaturas;
 - análise de sistemas técnicos concorrentes.
- Métodos intuitivos:
 - Brainstorming.
- Métodos discursivos:
 - uso de esquemas de classificação - matriz morfológica (Figura 4.6)

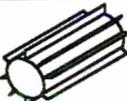
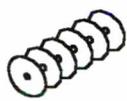
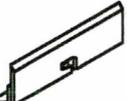
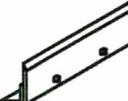
Matriz morfológica		Princípio de solução Sub funções	1	2	3	4
1	Cortar cobertura vegetal	Posicionar elementos cortantes a				
		Fixar elementos cortantes b				
2	Acomodar cobertura vegetal	Controlar força de corte a				
		Direcionar cobertura vegetal b				
3	Mover conjunto	Tracionar conjunto a				
		Transportar conjunto b				
		Suportar operador c				

Figura 4.6 - Matriz morfológica.

4.4.1 - Descrição dos elementos da matriz morfológica

1. Módulo funcional - cortar cobertura vegetal

a. Subfunção - posicionar elementos de corte

Módulo construtivo:

1.a.1 - facas distribuídas longitudinalmente no cilindro;

1.a.2 - facas de pequena dimensão distribuídas no centro e nas extremidades do cilindro;

1.a.3 - facas de pequena dimensão distribuídas de forma helicoidal no cilindro;

1.a.4 - discos.

b. Subfunção - fixar elementos cortantes

Módulo construtivo:

1.b.1 - facas com um rasgo;

1.b.2 - parafusos;

1.b.3 - facas com dois furos;

1.b.4 - distanciadores.

2. Módulo funcional - acamar cobertura vegetal

a. Subfunção - controlar força de corte

Módulo construtivo:

2.a.1 - lastro de água;

2.a.2 - lastro de areia;

2.a.3 - adição de massa.

b. Subfunção - direcionar cobertura vegetal

Módulo construtivo:

2.a.1 - rolo liso acamador;

2.a.2 - rolo liso com sistema de acamamento lateral;

2.a.3 - acamador frontal.

3. Módulo funcional - mover conjunto

a Subfunção - tracionar conjunto

Módulo construtivo:

3.a.1 - tração animal: junta de bovinos;

3.a.2 - microtrator de rabiças;

3.a.3 - tração animal: junta de equinos;

b. Subfunção - transportar conjunto

Módulo construtivo:

3.b.1 - roda descendo por giro;

3.b.2 - roda descendo na vertical;

3.b.3 - inversão da estrutura.

c. Subfunção - suportar operador

Módulo construtivo:

3.c.1 - plataforma traseira;

3.c.2 - assento apoiado na estrutura de proteção.

4.5 - Combinação de princípios de solução

A combinação dos princípios de solução determina as várias concepções possíveis ao equipamento. O uso da matriz morfológica (figura 4.6) na combinação de princípios de solução, é particularmente útil. Ela representa as várias maneiras de se realizar as funções que foram definidas a partir da análise funcional. A cada arranjo tem-se uma possível concepção.

4.6 - Seleção das combinações adequadas

Na seleção das combinações adequadas procurou-se promover a montagem modular ou projeto básico. Este princípio encoraja o uso de uma base simples/única sobre a qual será realizada a composição do produto.

Considera-se como montagem modular a que emprega a conexão de módulos ao elemento-base. Módulos são grupos de componentes, com funções independentes, que quando combinados entre si, realizam várias funções globais. Dessa forma pode-se através da troca de módulos, obter diferentes produtos, MARIBONDO & BACK & FORCELLINI [18].

Os módulos básicos envolvidos no processo de desenvolvimento dos equipamentos para manejo de cobertura vegetal foram:

1. módulo estrutural;
2. módulo de transporte;
3. módulo rolo-facas;
4. módulo rolo-discos;
5. módulo rolo liso;
6. módulo acamador.

Importantes aspectos do princípio de funcionamento e restrições específicas da tarefa foram conhecidas durante as fases de revisão bibliográfica e esclarecimento da tarefa e tornaram-se ainda mais importantes na seleção das combinações de solução. Informações mais detalhadas foram recolhidas para as combinações mais promissoras e os dados necessários foram obtidos com o auxílio de:

- cálculos preliminares;
- esboços e desenhos em escala de leiaute, forma, compatibilidades;
- testes em modelos;
- simulação computacional e
- literaturas específicas.

4.7 - Geração das concepções

Através da matriz morfológica quatro concepções do equipamento para manejo de cobertura vegetal foram geradas procurando atender o objetivo de manejar o maior número possível de espécies de plantas de cobertura. O elemento-base constitui-se de módulo estrutural (1) e módulo de transporte (2).

4.7.1 - Concepção I

A concepção I (figura 4.8) caracteriza-se pela inovação no sistema de fixação das facas e sua distribuição no cilindro. Os princípios de soluções parciais escolhidos para a concepção I estão representados na figura 4.7. Nela os elementos de corte estão distribuídos de forma helicoidal (3) executando simultaneamente o acamamento e corte da cobertura vegetal. Através da distribuição helicoidal das facas o animal sofrerá menos impacto sobre seu pescoço a cada corte da massa vegetal (como acontece na distribuição longitudinal de facas), diminuindo o cansaço e o estresse do animal. A diminuição do comprimento das facas aumenta a concentração de peso sobre as mesmas reforçando o corte. O encaixe rápido (4) possibilita a eliminação de parafusos na fixação dos elementos de corte facilitando sua retirada para fins de afiação. O processo de afiação é também facilitado pela diminuição do comprimento das facas (diminui-se o peso), do material escolhido para sua fabricação e tratamento térmico adequado.

A força de corte é controlada através da utilização de lastro (água) no interior do cilindro(5).

Matriz morfológica	Princípio de solução		CONCEPCAO I
	Sub-funcoes		
1	Cortar cobertura vegetal	Posicionar elementos cortantes	
		Fixar elementos cortantes	
2	Acamar cobertura vegetal	Controlar força de corte	
		Direcionar cobertura vegetal	
3	Mover conjunto	Tracionar conjunto	
		Transportar conjunto	
		Suportar operador	

Figura 4.7 - Princípios de soluções parciais escolhidos para a concepção I.

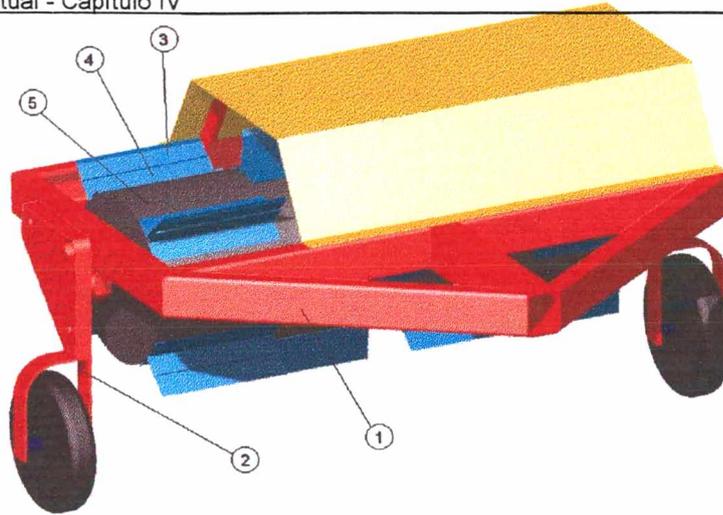


Figura 4.8 - Concepção I (capô de proteção em corte).

4.7.2 - Concepção II

A solução escolhida para a concepção II (figura 4. 10) tem por objetivo básico o manejo de mucunas (figura 2.18), apresentando grande simplicidade no sistema de fixação e suporte dos discos de corte, facilitando a montagem e desmontagem do conjunto para fins de manutenção dos discos (6). A regulação da força de corte se dá pela adição de massa ao equipamento. Os princípios de soluções parciais escolhidos para a concepção II estão representados na figura 4.9.

Matriz morfológica	Princípio de solução Sub-funções	CONCEPÇÃO II
1	Cortar cobertura vegetal Posicionar elementos cortantes	
	Fixar elementos cortantes	
2	Controlar força de corte	
	Direcionar cobertura vegetal	
3	Tracionar conjunto	
	Transportar conjunto	
	Suportar operador	

Figura 4.9 - Princípios de soluções parciais escolhidos para a concepção II

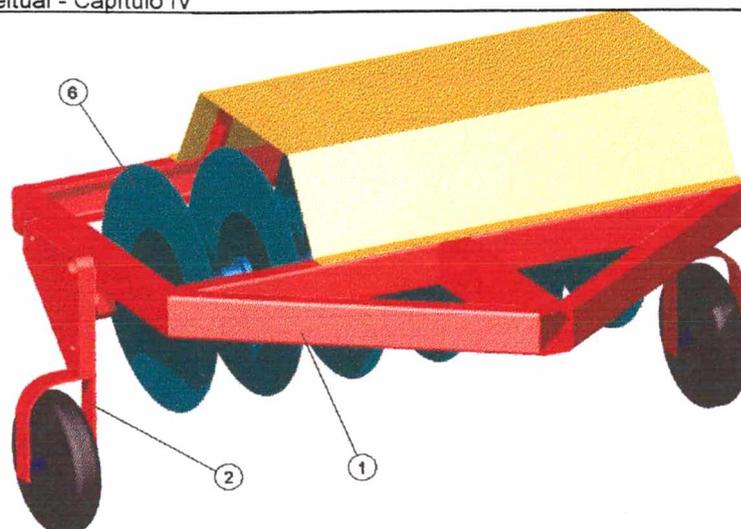


Figura 4.10 - Concepção II (capô de proteção em corte).

4.7.3 - Concepção III

A solução escolhida para a concepção III (figura 4.12) caracteriza-se pela inovação no sistema de acamamento que conta com um rolo liso (7) à frente do eixo de discos e do acamador (8) que tem por objetivo posicionar a cobertura vegetal perpendicularmente à linha de ação dos elementos de corte. Os princípios de soluções parciais escolhidos para a concepção III estão representados na figura 4.11.

Matriz morfológica		Princípio de solução Sub-funções	CONCEPÇÃO III
1	Cortar cobertura vegetal	Posicionar elementos cortantes	
		Fixar elementos cortantes	
2	Acamar cobertura vegetal	Controlar força de corte	
		Direcionar cobertura vegetal	
3	Llevar conjunto	Traicionar conjunto	
		Transportar conjunto	
		Suportar operador	

Figura 4.11 - Princípios de soluções parciais escolhidos para a concepção III

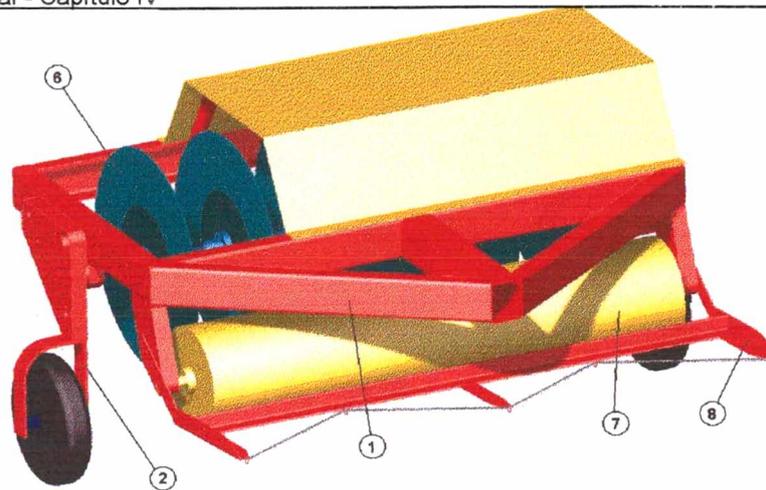


Figura 4.12 - Concepção III (capô de proteção em corte).

4.7.4 - Concepção IV

A concepção IV (figura 4.14) traz um acamador “tipo zorra” (9), como alternativa ao acamamento lateral da cobertura vegetal sem auxílio de rolo liso, utilizando um menor número de componentes, facilitando a fabricação e diminuindo custos. Através de mecanismos de quatro barras o acamador passa a acompanhar os desníveis do solo. A forma projetada para o sistema de acamamento lateral possibilita um adequado posicionamento do material para uma melhor ação dos elementos de corte. Os princípios de soluções parciais para a concepção IV estão representados na figura 4.13.

Matriz morfológica		Princípio de solução sua função	CONCEPÇÃO IV
1	Cortar cobertura vegetal	Posicionar elementos cortantes	
		Fixar elementos cortantes	
2	Acamar cobertura vegetal	Controlar força de corte	
		Direcionar cobertura vegetal	
3	Mover conjunto	Traçar conjunto	
		Transportar conjunto	
		Supportar operador	

Figura 4.13 - Princípios de soluções parciais escolhidos para a concepção IV.

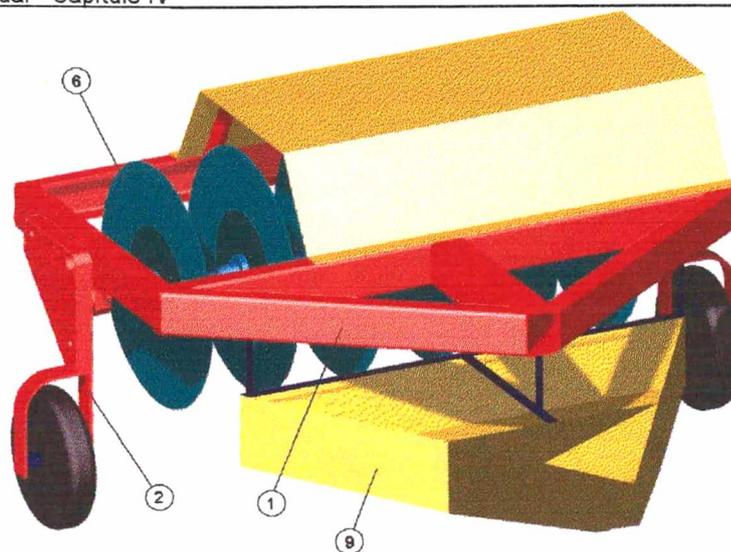


Figura 4.14 - Concepção IV (capô de proteção em corte).

4.8 - Considerações finais sobre as concepções

Todas as concepções geradas, tiveram por objetivo criar alternativas para a utilização de equipamentos disponíveis na pequena propriedade. No entanto, a concepção I, mostra-se como a mais promissora delas uma vez que, executa simultaneamente acamamento e corte sem necessidade de nenhum acamador, possibilita uma grande adição de lastro e pode manejar várias espécies de plantas de cobertura, inclusive mucunas. Aliada às vantagens de utilização dos mesmos mancais, estrutura, rodas de transporte e proteção dos elementos de corte para todas as concepções, está a simplicidade dos componentes facilitando a montagem/desmontagem e a utilização do equipamento, portanto as quatro concepções foram submetidas a teste. O acionamento do equipamento poderá ser feito através de fonte de potência animal (bovinos) ou mecânica (microtratores) atendendo a uma necessidade do consumidor.

A empresa interessada na fabricação do equipamento IADEL S. A., avaliou os custos de mercado da concepção I. O produtor poderá adquirir a concepção I por R\$ 500,00 (preço de mercado avaliado pela empresa).

O custo meta estimado foi de R\$ 700,00 baseando-se nos preços de mercado de produtos da mesma linha.

CAPÍTULO V

5 - Projeto preliminar

5.1 - Introdução

Após concluída a fase de concepção, iniciaram-se os estudos preliminares com o objetivo de tornar viável, física e economicamente, a solução proposta, através da escolha e dimensionamento dos principais parâmetros, de modo a atender os requisitos de projeto.

5.2 - Modelos icônicos

A fixação de elementos de corte através de encaixes rápidos no rolo-facas e o acamamento lateral da cobertura vegetal no rolo-discos, não possuem referências na literatura. Assim, foram construídos modelos de representação em escala real desses sistemas.

5.2.1 - Sistema de encaixe rápido

O encaixe rápido (figura 5.1) compõe-se de um conjunto de cantoneiras (perfil “L” de abas iguais) - (1), soldadas ao cilindro do rolo-facas e unidas por um pino de fixação (3), o qual fixará o elemento de corte (2). Seu objetivo é diminuir a mão-de-obra na colocação e retirada dos elementos de corte facilitando para a afiação.

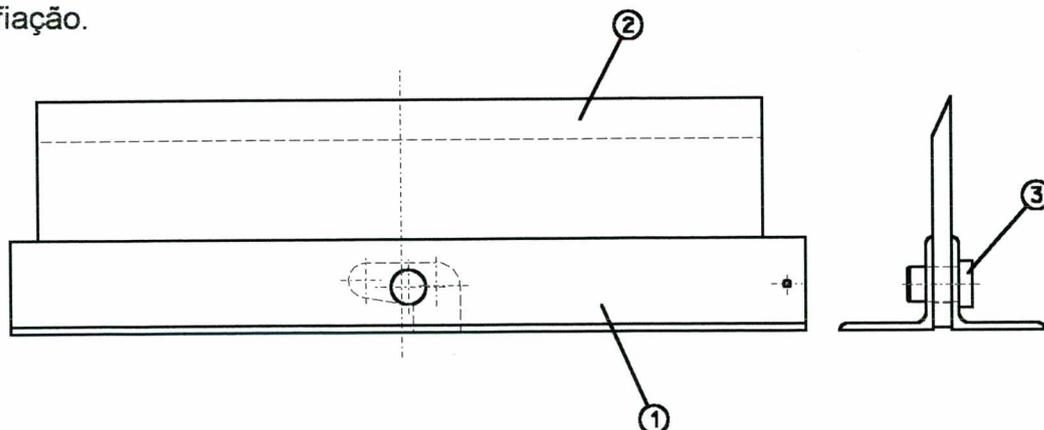


Figura 5. 1- Conjunto encaixe/faca

Para a construção do modelo estudou-se as dimensões para o elemento de corte de modo a obter eficiência no encaixe. A figura 5.2 mostra as dimensões do rasgo do elemento de corte.

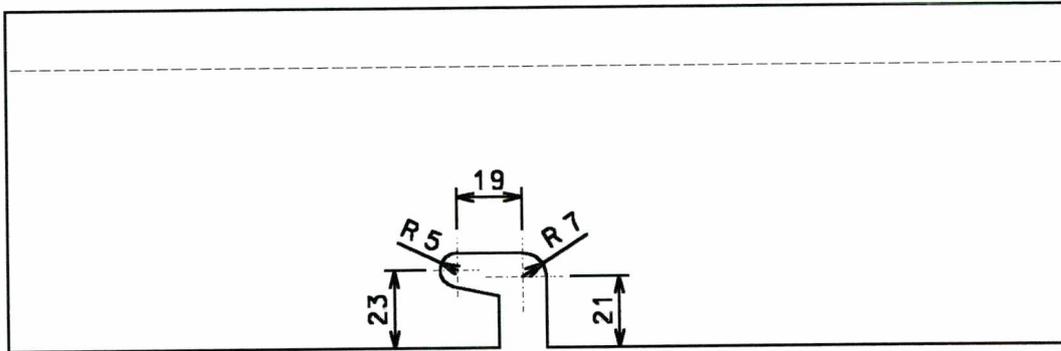


Figura 5. 2 - Dimensões do rasgo do elemento de corte para modelo

Os testes foram efetuados através de impactos do modelo contra uma barra de madeira devidamente fixada, simulando diferentes direções e intensidades de forças.

Constatou-se a partir dos referidos testes que:

- as dimensões do rasgo fabricado no elemento de corte eram insuficientes para dar estabilidade ao sistema e
- a necessidade da colocação de uma trava de segurança, evitando uma possível perda do elemento de corte.

Novas dimensões foram estudadas, chegando-se a solução mostrada na figura 5.3.

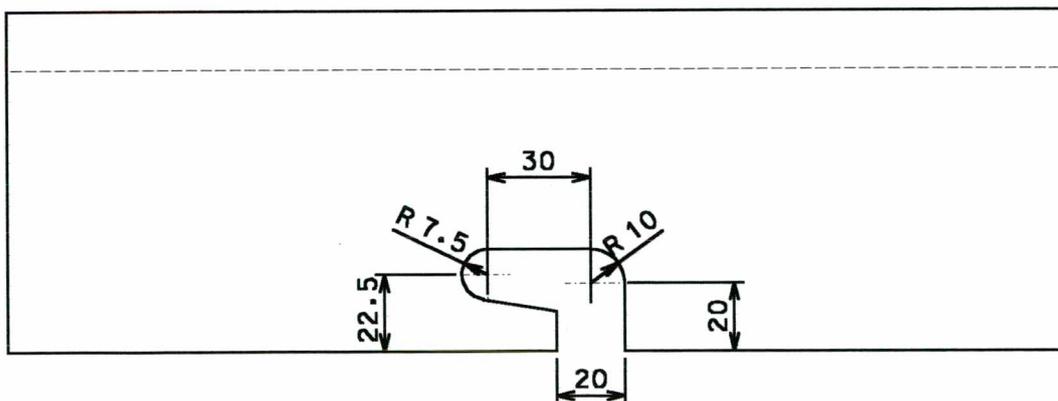


Figura 5. 3 - Solução final das dimensões para rasgo do elemento de corte

5.2.2 - Acamador “tipo zorra”

O acamador é um acessório adaptável ao módulo estrutural e sua função é auxiliar o rolo-discos no posicionamento adequado da cobertura vegetal, promovendo seu acamamento perpendicularmente à linha de ação dos discos de corte.

Para ajustar a melhor forma do sistema em função do propósito a ser alcançado, construiu-se um modelo de madeira em escala real (figura 5.4).

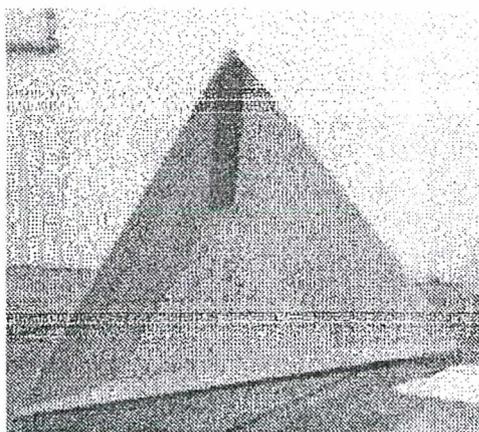


Figura 5. 4 - Modelo do acamador tipo “zorra”

Através da avaliação do modelo, optou-se por aumentar a área de contato entre acamador e cobertura vegetal, assegurando a chegada do material acamado até os discos. Portanto a área da base do acamador passou de triangular a trapezoidal. A solução final para o acamador é mostrada na figura 5.5.

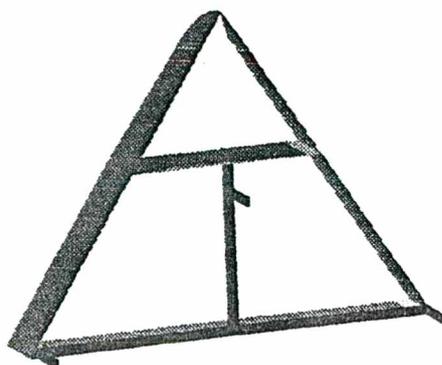


Figura 5. 5 - Solução final para acamador “tipo zorra”

5.3 - Modelos matemáticos

Os modelos matemáticos desenvolvidos constam do Anexo 1 e tiveram por objetivo avaliar:

- máxima solicitação dos mancais;
- força de corte do rolo-facas;
- força requerida para acionamento do sistema de transporte;
- potência de trabalho;
- autotravamento entre faca/encaixe.

5.4 - Dimensão longitudinal e distribuição dos elementos de corte.

Objetivando o aumento da eficiência de corte, optou-se pela diminuição da dimensão longitudinal dos elementos de corte, além de uma nova distribuição dos mesmos no cilindro (figura 5.6).

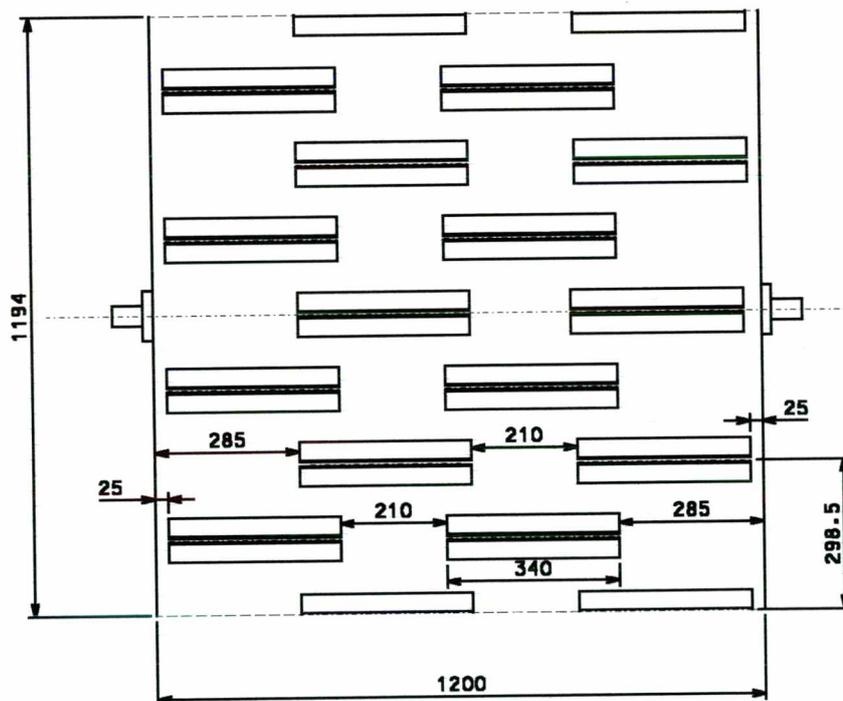


Figura 5. 6 - Módulo rolo-facas - vista planificada

5.5 - Escolha do material para fabricação dos elementos de corte

A escolha do material foi baseada no estudo das características dos aços, objetivando boa capacidade para afiação e boa resistência a impactos dos elementos de corte após tratamento térmico e na possibilidade de reutilização de peças de descarte.

O aço ABNT 5160 é utilizado em feixes de mola de caminhões e facilmente encontrado como sucata, aliando-se a esse fato, as características de boa tenacidade e temperabilidade do material pôde-se através de tratamento térmico e posterior revenimento, obter elementos de corte com as características desejadas.

CAPÍTULO VI

6 - Projeto detalhado

6.1.- Introdução

Nesta etapa do projeto realiza-se o detalhamento dos grupos de componentes (módulos) do equipamento. Dimensões e materiais são apresentados no Anexo 2. Na sequência trata-se da construção e montagem do protótipo.

6.2 - Módulos que compõem o produto

6.2.1. - Módulo I - Módulo estrutural.

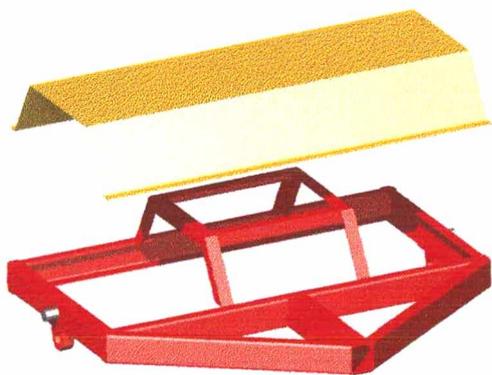


Figura 6. 1 - Módulo estrutural

O módulo estrutural (figura 6.1) é o elemento base onde são montados os demais módulos. É formado pela estrutura principal de sustentação na qual são fixados os mancais, através de parafusos, e a base de fixação para adaptação da proteção dos elementos de corte, através de solda.

Todos os componentes são fabricados em aço ABNT 1020, com

exceção das buchas dos mancais, que são fabricadas em bronze.

A estrutura é constituída de vigas de perfil "U" cortadas em ângulo e soldadas entre si.

6.2.2. - Módulo II - Módulo de transporte.



Figura 6. 2 - Módulo de transporte

Consiste em um módulo auxiliar de sustentação do conjunto quando em transporte (Figura 6.2). Com exceção das rodas que são de borracha maciça (novex) e ferro fundido, os demais elementos são fabricados em aço ABNT 1020. Soldagem, corte e dobramento, foram os processos utilizados na fabricação do conjunto.

6.2.3. - Módulo III - Módulo rolo-facas.

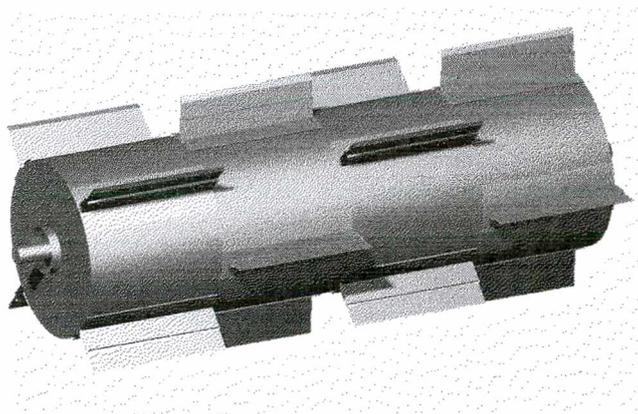


Figura 6. 3 - Módulo rolo-facas

É formado por cilindro, flange e eixo, facas e pares de cantoneiras dispostas de forma helicoidal sobre o cilindro. Possui, também um bujão para a colocação de água no cilindro (Figura 6.3). À exceção das facas que são fabricadas em aço ABNT 5160, os demais elementos são fabricados em

aço ABNT 1020. Corte, usinagem, soldagem e conformação (calandragem) foram os processos utilizados na fabricação do conjunto. As facas foram submetidas a tratamento térmico de têmpera e revenido.

A figura 6.4 apresenta uma amostra dos elementos de corte da concepção I submetida a um ensaio metalográfico. Nesta pode-se visualizar a faixa na qual realizou-se o tratamento térmico.

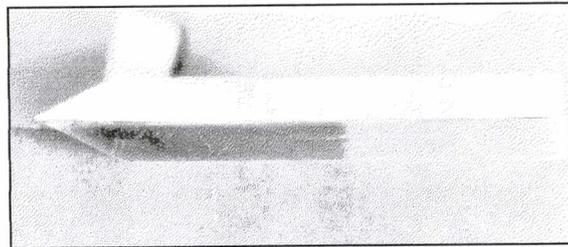


Figura 6. 4 - Tratamento dos elementos de corte - visualização

6.2.4. - Módulo IV - Módulo rolo-discos.

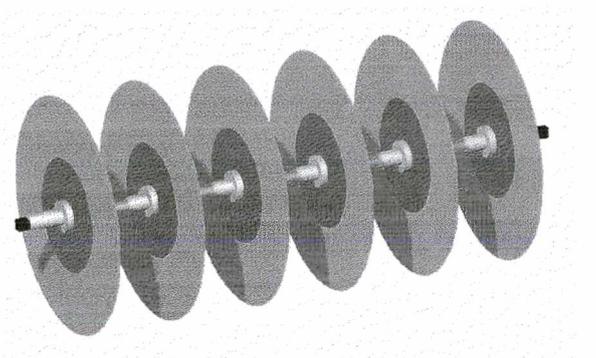


Figura 6. 5 - Módulo rolo-discos

É formado por discos de corte, eixo, distanciadores, batente e fixador dos discos (Figura 6.5), fabricados em aço ABNT 1020. Corte, usinagem e soldagem foram os processos utilizados em sua fabricação.

6.2.5. - Módulo V - Módulo rolo liso.

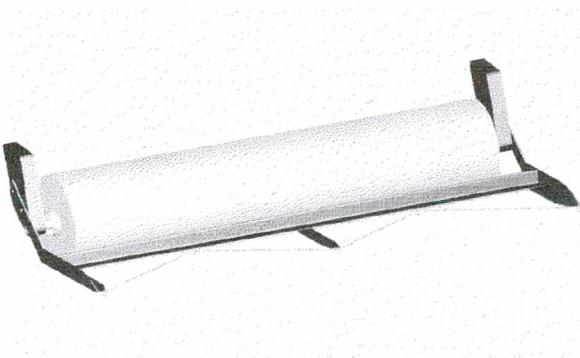


Figura 6. 6 - Módulo rolo liso

Formado por cilindro, flange e eixo, mancais para acamador e acamador (Figura 6.6), fabricados em aço ABNT 1020. Para sua fabricação foram utilizados os processos de corte, usinagem, soldagem e conformação.

6.2.6. - Módulo VI - Módulo acamador

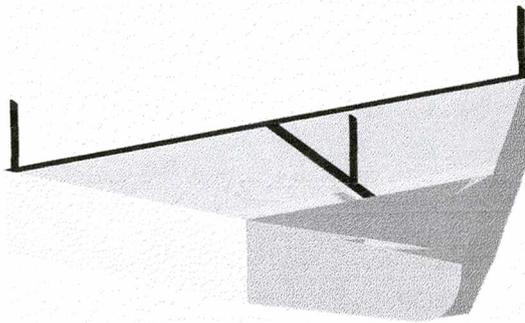


Figura 6.7 - Módulo acamador

Estrutura de cantoneiras e chapa, fabricada em aço ABNT 1020, utilizando para sua fabricação os processos de corte, soldagem e dobramento. A figura 6.7 mostra o módulo acamador.

6.3 - Construção do Protótipo

A partir do detalhamento do equipamento para manejo de cobertura vegetal através dos documentos que constam do anexo 2, iniciou-se a construção e montagem. Para tanto contou-se com a colaboração dos Laboratórios de Projeto (LP), Motores (LABMOTORES), Solda (LABSOLDA), Usinagem (LABCON), Materiais (LABMAT), Núcleo de manutenção (NUMA) e Fundação CERTI (LABMETRO), vinculados à UFSC.

Primeiramente, relacionou-se o material a ser adquirido e posteriormente encaminhou-se as peças a serem usinadas aos laboratórios de usinagem (LABCON) na UFSC e de máquinas operatrizes da Escola Técnica Federal de Santa Catarina (ETFSC), em Florianópolis.

Paralelamente iniciou-se a construção da estrutura, mancais e cilindro para o rolo-facas. A figura 6.8 mostra o início da construção do equipamento, com a soldagem do cilindro para o rolo-facas nas dependências do LABSOLDA.

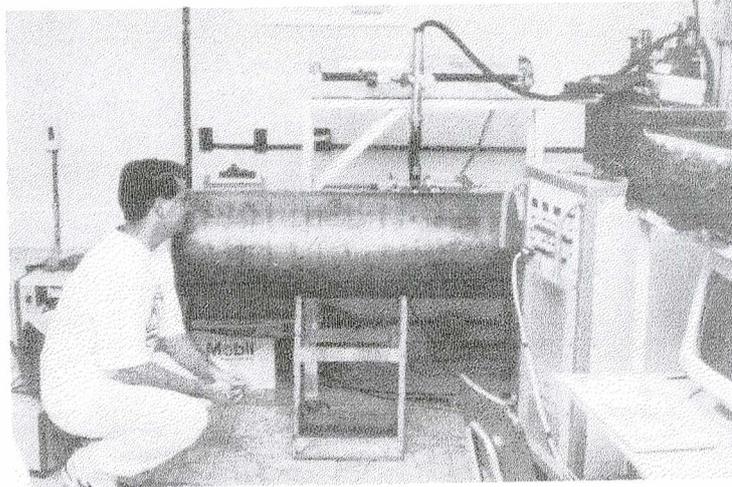


Figura 6. 8 - Soldagem do cilindro do rolo-facas

De posse das peças já usinadas, enviou-se os elementos de corte do rolo-facas para a Escola Técnica Tupy em Joinville para execução do tratamento térmico.

A figura 6.9, apresenta o cilindro com as cantoneiras já soldadas para o encaixe dos elementos de corte, além do flange e eixo para adaptação à estrutura através do mancal.

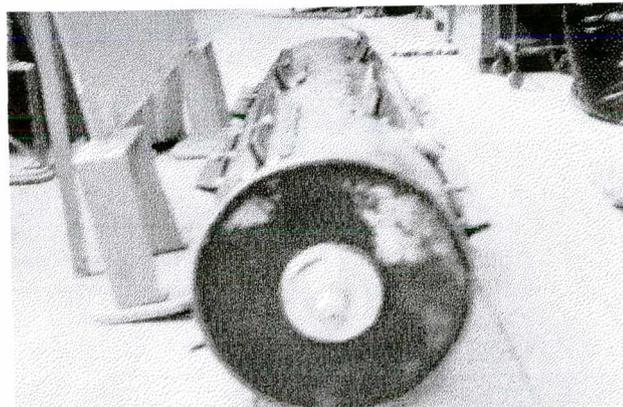


Figura 6. 9 - Cilindro e seus componentes fixos

Concluída a fabricação do rolo-facas, passou-se à fabricação do rolo-discos que constou de usinagem dos distanciadores, batente e fixador dos discos, e usinagem da ponta do eixo principal possibilitando a utilização dos mesmos mancais utilizados pelo rolo-facas. As figuras 6.10 e 6.11 mostram respectivamente o batente (aparador) e o fixador dos discos. Pode-se visualizar nestas figuras a montagem dos elementos (discos e distanciadores) no eixo principal do rolo discos.

Na seqüência dedicou-se à fabricação dos acamadores finalizando esta etapa e passando-se aos testes.

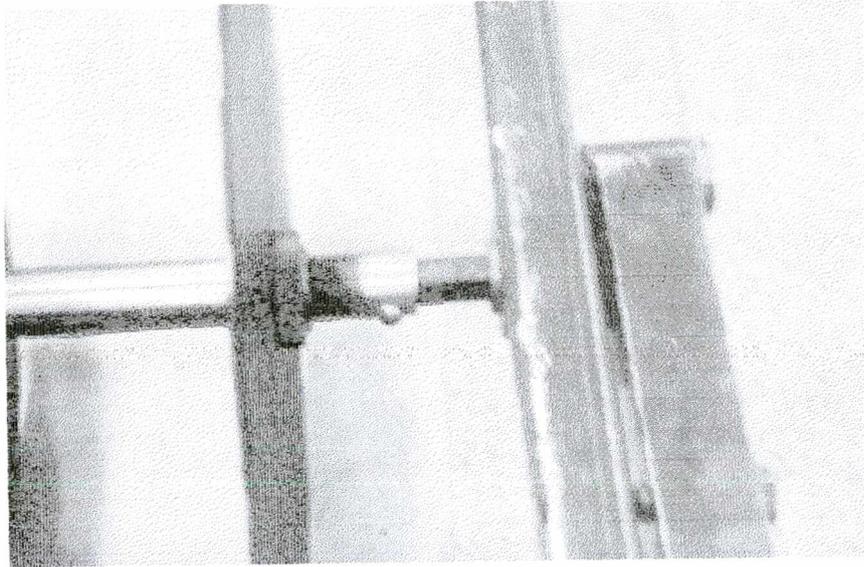


Figura 6. 10 - Detalhe do fixador dos discos

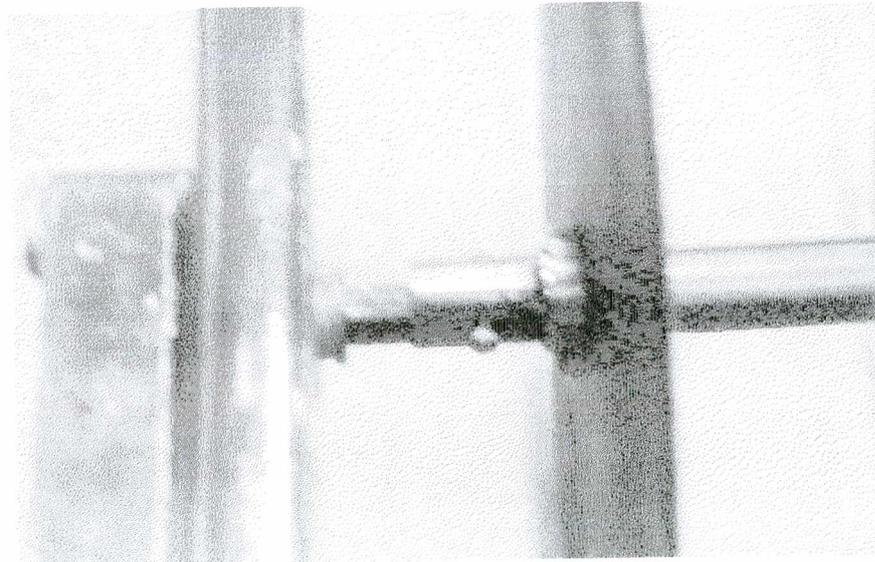


Figura 6. 11 - Detalhe do aparador dos discos

CAPÍTULO VII

7 - Testes, recomendações e modificações de projeto

7.1 - Introdução

Os testes de campo tiveram como objetivo avaliar o produto sob seus diversos aspectos. O presente capítulo traz a avaliação das várias concepções estudadas, recomendações e modificações de projeto.

Aspectos observados em testes:

- 1 - Facilidade de operação
- 2 - Desempenho operacional
- 3 - Qualidade do acamamento
 - a. separação de restos e solo e
 - b. distribuição espacial dos restos.
 - b1. cobertura do solo e
 - b2. variação espacial.
- 4 - mortalidade da cultura de cobertura.

7.2 - Concepção I

A figura 7.1 mostra a área onde foram realizados os testes da concepção I, topografia plana contendo na ocasião vegetação nativa composta de gramíneas e crotalária em estágio perene, com quantidade de massa verde estimada em 5 toneladas por hectare.

Para os testes de campo a concepção I (figura 4.8) foi adaptada a um trator de médio porte, disponível para os testes. A montagem/desmontagem e engate na fonte de potência foram operações simples e rápidas.

Durante os testes houveram duas interrupções em função do desencaixe de um elemento de corte pois o sistema de encaixe encontrava-se sem a trava de segurança.



Figura 7.1 - Área 1 de testes com a concepção I

Não houve interrupções por embuchamento.

O rendimento do equipamento foi medido em situações reais de trabalho no campo, com orientação de um engenheiro agrônomo. À tração animal alcançou-se um rendimento de 3,5 horas por hectare, e 2,5 horas por hectare utilizando microtrator, em área contendo capim doce, cobertura fibrosa e resistente a corte e quantidade de massa verde avaliada em 5 toneladas por hectare. Como termo de comparação temos os valores de rendimento para o rolo-facas tração animal, citados por MONEGAT [11], que são da ordem de 6 a 9 horas por hectare.

A qualidade do trabalho foi considerada satisfatória, tendo em vista o acamamento e corte total da cobertura vegetal, resultando em área com 100% de cobertura, distribuída homoganeamente no solo e com boa separação entre restos e solo. Após dois dias do manejo a área encontrava-se como mostra a figura 7.2, ou seja, observa-se alguns pontos onde a cobertura mostra-se verde e o restante da área mostra-se como cobertura morta.



Figura 7.2 - Área manejada pela concepção I

Em uma segunda área contendo capim bastante fibroso e resistente a corte (figura 7.3) testou-se a concepção I, utilizando fonte de potência animal, alcançou-se o mesmo desempenho operacional e obteve-se os mesmos resultados de importância agrônômica.



Figura 7.3 - Área 2 de testes com a concepção I

Em uma terceira área contendo mucuna em estado lenhoso, o desempenho da concepção I foi considerado bom com relação a corte, mas houve embuchamento em virtude da primeira manobra. A cobertura enrolou-se no cilindro

quando o operador manobrou dentro da área da cultura. A qualidade do trabalho foi considerada satisfatória tendo uma boa distribuição espacial dos restos e uma mortalidade dentro do tempo esperado pelo produtor.

A degradação muito rápida da mucuna não é um fator muito positivo para a cobertura do solo, sabe-se que as mucunas têm baixa relação C/N, embora libere rapidamente grande quantidade de nitrogênio para a implantação da cultura posterior, ela se deteriora com muita rapidez e a cobertura do solo fica a desejar. O ideal seria consorciá-la com outras plantas. Respeitando as relações entre espécies.

7.3 - Concepção II

Os testes da concepção II (figura 4.10) foram realizados em área de topografia plana, contendo mucuna em estágio de maturação avançado e quantidade de massa verde estimada em 4 toneladas por hectare. O protótipo basicamente não difere do equipamento utilizado atualmente pelos produtores rurais. Utilizou-se uma quantidade de lastro de 150 kg somados aos 150 Kg do equipamento, que não cortou totalmente a mucuna.

A qualidade do trabalho realizado (corte), foi razoável. Após 5 dias, a cobertura do solo se encontrava como esperado pelo produtor.

7.4 - Concepção III

A concepção III (figura 4.12) foi testada em área com topografia plana, contendo gramíneas bastante resistentes a corte, com quantidade de massa verde estimada em 4 toneladas por hectare.

O sistema de acamamento lateral da cobertura vegetal mostrou-se bastante frágil e rompeu antes que se pudesse avaliar sua função que seria posicionar o material vegetal perpendicularmente à linha de ação dos elementos de corte. O rolo liso fixado na estrutura à frente do eixo de discos, absorveu grande parte do peso que deveria ser destinado aos discos, tornando o corte insignificante, porém a

possibilidade de aumentar-se a distância entre o eixo de discos e o rolo liso pode melhorar o funcionamento do produto.

Para o acamamento no rolo discos estudou-se uma outra alternativa que consta da concepção IV.

7.5 - Concepção IV

Os testes da concepção IV (figura 4.14), foram realizados em área com topografia plana, contendo aveia em fase de pré florescimento e quantidade de massa verde estimada em 5 toneladas por hectare. O efeito que se esperava do acamador foi confirmado, de fato a cobertura é adequadamente posicionada à linha de ação dos discos de corte e estes na cobertura testada, alcançaram o objetivo de corte. No entanto, como o acamador trabalha praticamente arrastado sobre a cobertura, ocorre o indesejável espelhamento do solo, a região onde o acamador é arrastado fica praticamente descoberta.

7.6 – Modificações de projeto

Após os testes, detectou-se algumas deficiências dos protótipos construídos. Tem-se a seguir as futuras modificações de projeto.

Módulo rolo-facas

Para que se aumente a vida útil do módulo rolo-facas o cilindro deverá passar por um processo de zincagem, objetivando a proteção do mesmo contra a oxidação.

Recomenda-se que o mesmo seja armazenado vazio, evitando esforços desnecessários dos eixos de acoplamento do sistema de transporte.

Utilizou-se para a fabricação do encaixe dos elementos de corte, perfil “L” de abas iguais de 3 mm de espessura, embora esse perfil esteja bem dimensionado, ao ser submetido à soldagem, o material deformou-se dificultando o encaixe dos elementos de corte. Sugere-se perfil “L” de abas iguais de 5 mm de espessura.

Módulo estrutural

A distância entre estrutura e elementos de corte ficou bastante reduzida (10 mm) e deverá ser aumentada para 100 mm, procurando desta forma evitar possíveis acidentes com os usuários. A figura 7.4 mostra o detalhe da distância entre estrutura e elementos de corte na concepção I.

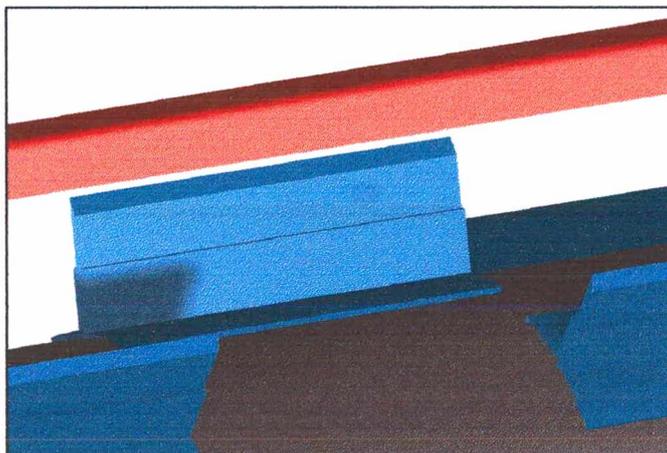


Figura 7.4 - Distância entre estrutura e elementos de corte

Módulo acamador

O arraste do acamador não é desejável, sugere-se que suas dimensões sejam reestudadas, afim de que esse efeito não ocorra.

O importante é procurar alternativas para que produtores que já possuam rolo-discos em suas propriedades, possam contar com mais uma opção de equipamento. Assim, além de poderem cultivar mucunas, poderão também cultivar espécies como nabo forrageiro e aveia (figura 7.5) para fins de cobertura do solo.



Figura 7.5 - Aveia

CAPÍTULO VII

7 - Testes, recomendações e modificações de projeto

7.1 - Introdução

Os testes de campo tiveram como objetivo avaliar o produto sob seus diversos aspectos. O presente capítulo traz a avaliação das várias concepções estudadas, recomendações e modificações de projeto.

Aspectos observados em testes:

- 1 - Facilidade de operação
- 2 - Desempenho operacional
- 3 - Qualidade do acamamento
 - a. separação de restos e solo e
 - b. distribuição espacial dos restos.
 - b1. cobertura do solo e
 - b2. variação espacial.
- 4 - mortalidade da cultura de cobertura.

7.2 - Concepção I

A figura 7.1 mostra a área onde foram realizados os testes da concepção I, topografia plana contendo na ocasião vegetação nativa composta de gramíneas e crotalária em estágio perene, com quantidade de massa verde estimada em 5 toneladas por hectare.

Para os testes de campo a concepção I (figura 4.8) foi adaptada a um trator de médio porte, disponível para os testes. A montagem/desmontagem e engate na fonte de potência foram operações simples e rápidas.

Referências bibliográficas

- [1] CEPA - INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA . **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 1986-87.** Florianópolis, 1987. V.1.
- [2] NADAL, R. de. **A pequena propriedade em Santa Catarina**, Revista Agropecuária Catarinense, 1988.
- [3] FIBGE. **Censo agropecuário - 1985**; Santa Catarina. Rio de Janeiro: 1991. (IBGE. Censos econômicos - 1985, n.23).
- [4] COSTA, M.B.B. (Coord); CALEGARI, A.; MONDARDO, A., BULISANI, E.A.; WILDNER, L.P.; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. **Adubação verde no Sul do Brasil.** Rio de Janeiro: ASPTA - Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa. 2 ed.1993. 346 p.
- [5] CARGILL FUNDAÇÃO **Adubação Verde no Brasil** /Campinas 1984, 362 pg.
- [6] PINHEIRO, S.L.G.; PEARSON, C.J.; ISON, R.L., **A farming systems research/extension (FSR/E) model underway in Santa Catarina, Brazil: a critical analysis.** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM SYSTEMS ORIENTED RESEARCH IN AGRICULTURE AND RURAL DEVELOPEMENT, 1994, Montpellier: CIRAD, 1994. p 280-281.
- [7] CALEGARI, A.; WILDNER, L. P.; FREITAS, V.H. **Adubação verde e sistemas de cobertura do solo na região sul do Brasil**, Green manure-cover crops systems for small holders in tropical and subtropical regions: An International Workshop, Chapecó, 1997.

- [8] KIEHL, E.J., **Consociação de leguminosas II - Nova disposição das linhas de plantas suportes**. Trabalho apresentado ao 7º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Piracicaba, SP, 1959.
- [9] CURI, N., coord. **Vocabulário de ciência do solo**, coordenado por N. CURI [com colaboração de] J.O.I. LARACH, N. KAMPF, A.C. MONIZ e L.E.F. FONTES. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 90 p.
- [10] MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo : características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó, SC. 1991. 336 pg.
- [11] WUTKE, E.B., **Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo**. In: WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A. & MASCARENHAS, H.A.A. Curso sobre Adubação Verde no Instituto Agrônômico, 1. Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. P. 17-29 (Documentos IAC, 35).
- [12] FARIAS, J.G., **O efeito da produtividade com milho sob plantio direto e adubação verde (palhada) de aveia e ervilhaca**. I Congresso Brasileiro Plantio Direto para uma agricultura sustentável. Ponta Grossa, 1996.
- [13] DERPSH, R. et al. **Controle da Erosão no Paraná, Brasil**. Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. GTZ. 1991. 272 pg.
- [14] BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo. 1987. 308 pg.
- [15] FERREIRA, M.G.G. **Utilização de modelos para a representação de produtos no projeto conceitual** - Dissertação de mestrado. Engenharia Mecânica - UFSC.

- [16] WEISS, A., SANTOS, S. dos., **Diagnóstico da mecanização existente nas microbacias da região dos rios Tijucas/ Da Madre**. Relatório final do convênio EPAGRI - FEESC.1996.
- [17] PAHL,G. and BEITZ, W. (1988) - **“Engineering Design a Systematic Approach”**; Translated by Pomerans, A. and Wallece, K; The Concil, London.
- [18] MARIBONDO, J.F., BACK, N., FORCELLINI, F.A., **Projeto de Produtos Modulares**, Publicação interna, EMC-UFSC, 1997.
- [19] SHIGLEY, J.E., **Elementos de máquinas**, tradução de Edival Ponciano Carvalho, Rio de janeiro. Livros técnicos e científicos editora S.A., 1984.

Anexos

Anexo 1
Modelos matemáticos

Anexo 1

Modelos matemáticos

O objetivo deste anexo é apresentar formulações matemáticas para verificação e validação de parâmetros importantes relacionados ao produto.

1.1 - Máxima solicitação dos mancais

Foram analisados quatro pontos críticos no mancal do ponto de vista da solicitação:

- 1.1.1 - Escoamento na seção transversal do mancal;
- 1.1.2 - Esmagamento da bucha de bronze;
- 1.1.3 - Ruptura do cordão de solda;
- 1.1.4 - Escoamento dos parafusos.

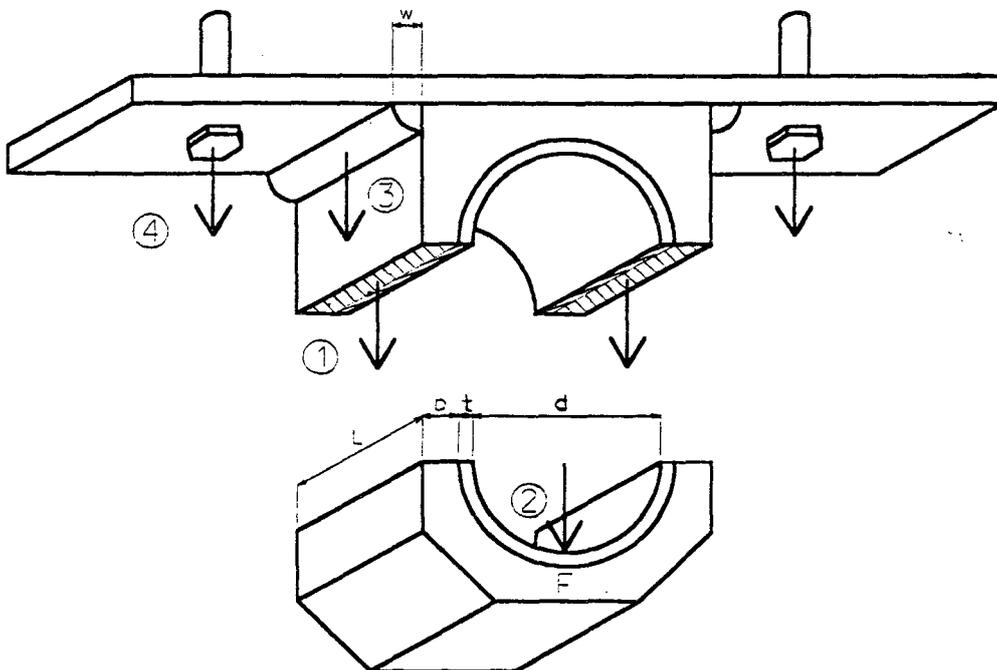


Figura 01 - Vista do mancal em corte com representação dos quatro pontos críticos.

1.1.1 - escoamento na seção transversal do mancal.

Para não ocorrer falha

$$\sigma < \sigma_{esc}$$

Condição limite

$$\sigma = \sigma_{esc}$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$F = \sigma \times A$$

$$\sigma_{esc} = 206,0 \text{ N/mm}^2$$

$$A = 2 \times L \times b$$

$$F = 206 \times 2 \times 40 \times 10$$

$$F = 164.800 \text{ N}$$

onde,

σ = tensão normal a área da seção transversal;

σ_{esc} = tensão de escoamento do aço ABNT 1020;

A = área da seção transversal;

F = força máxima suportada pelo material.

1.1.2 - Esmagamento da bucha de bronze.

Para não ocorrer falha

$$\sigma < \sigma_{ce}$$

Condição limite

$$\sigma = \sigma_{ce}$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$F = \sigma \times A$$

$$A = d \times L$$

$$\sigma_{ce} = 169,5 \text{ N/mm}^2$$

$$F = 169,5 \times 40 \times 40$$

$$F = 271.200 \text{ N}$$

onde,

σ = tensão normal a área projetada;

σ_{ce} = tensão de escoamento para o bronze devido a compressão;

A = área projetada;

F = força máxima suportada pelo material.

1.1.3 - Ruptura no cordão de solda.

Para não ocorrer falha

$$\sigma < \sigma_r$$

Condição limite

$$\sigma = \sigma_r$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$F = \sigma \times A$$

$$A = 2 \times L \times w$$

$$\sigma_r = 382,6 \text{ N/mm}^2$$

$$F = 382,6 \times 2 \times 40 \times 10$$

$$F = 306.080 \text{ N}$$

onde,

σ = tensão normal a área projetada do cordão de solda;

σ_r = tensão de ruptura do aço ABNT 1020;

A = área projetada do cordão de solda;

F = força máxima suportada pelo material.

1.1.4 - escoamento dos parafusos.

Para não ocorrer falha

$$\sigma < \sigma_{esc}$$

Condição limite

$$\sigma = \frac{\sigma_{esc}}{sg}$$

sg → arbitrado em função da não distribuição equalitária da carga entre os dois parafusos

$$sg = 1,2$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$F = \sigma \times A$$

$$A = 2 \times A_u$$

$$A_u = 2 \times \pi \times \left(\frac{dr}{2}\right)^2$$

$$dr = \frac{d_2 + d_1}{2}$$

$$d_2 = 9,026 \text{ mm}$$

$$d_1 = 8,376 \text{ mm}$$

$$\sigma_{esc} = 206,0 \text{ N/mm}^2$$

$$F = \frac{206,0 \times \pi \times (4,35)^2 \times 2}{1,2}$$

$$F = 20.410 \text{ N}$$

onde,

σ = tensão normal a área útil do parafuso;

σ_{esc} = tensão de escoamento do aço ABNT 1020;

A_u = área útil do parafuso;

A = área global;

d_r = diâmetro resistente.

d_1 e d_2 , segundo ABNT-NB 97, SHIGLEY [19]

Verificou-se que as quatro forças estudadas para as condições críticas são maiores que a força real que age sobre o mancal ($F = 3430 \text{ N}$), concluiu-se então que o mancal ficou super dimensionado do ponto de vista das solicitações, no entanto, com o objetivo de conferir robustez ao mancal considerou-se o mancal devidamente dimensionado.

1.2 - Força de corte do rolo-facas

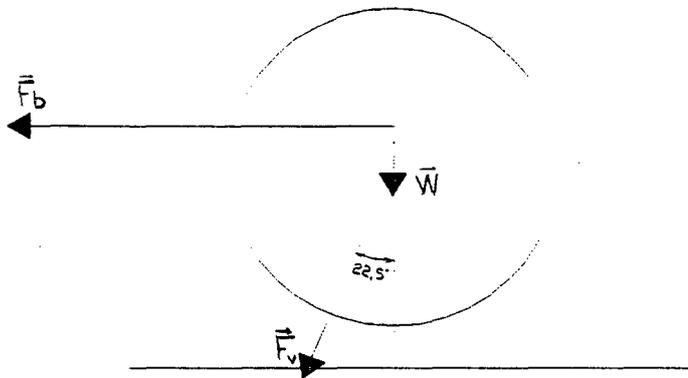


Figura 02 - Forças que influenciam no corte sobre a vegetação.

$$\bar{F}_v = \bar{W} + \bar{F}_b$$

$$|F_v| = \sqrt{F_b^2 + W^2}$$

$$\theta = \arctg \frac{F_b}{W}$$

$$W = 350 \times 9,8 = 3430 \text{ N}$$

$$\theta = 22,5^\circ$$

$$F_b = 3430 \times \text{tg } 22,5^\circ = 1420,75 \text{ N}$$

$$F_v = \sqrt{1420,75^2 + 3430^2} = 3712,60 \text{ N}$$

$$F_{vr} = 1856,30 \text{ N}$$

onde,

F_v = força de corte sobre a vegetação;

W = força peso;

F_b = força necessária para puxar o conjunto;

θ = ângulo entre a força peso e a força de corte;

F_{vf} = força de corte que cada faca faz sobre a vegetação.

1.3 - Força requerida para acionamento do sistema de transporte

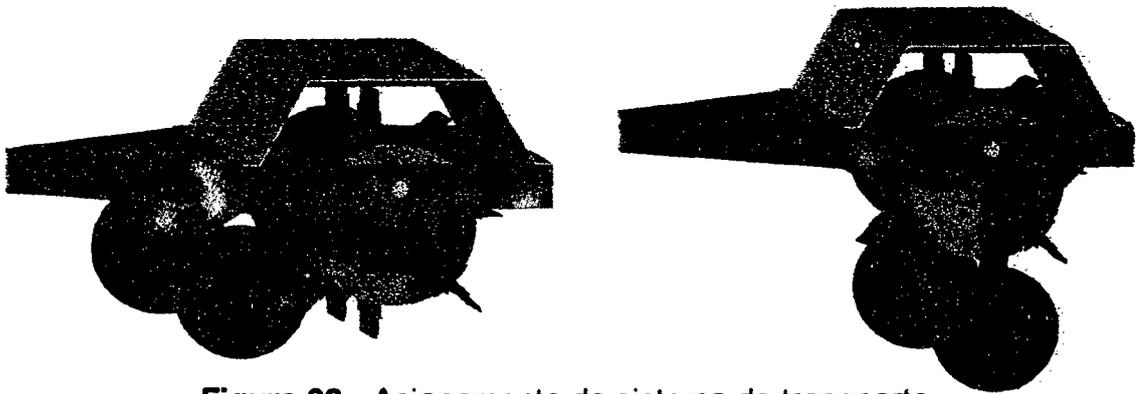


Figura 03 - Acionamento do sistema de transporte.

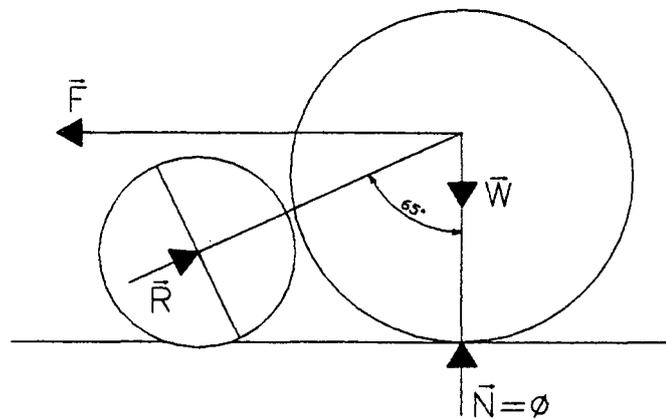


Figura 04 - Forças que agem durante o acionamento do sistema de transporte.

$$\vec{N} + \vec{W} = 0$$

$$W = R \cos \theta$$

$$R = \frac{W}{\cos \theta}$$

$$F = W \frac{\text{sen}\theta}{\text{cos}\theta} = W \text{tg}\theta$$

$$W = m \times g = 350 \times 9,81$$

$$W = 3433,5 \text{ N}$$

$$\theta = 65^\circ \rightarrow \text{pior condição}$$

$$F = 3433,5 \times \text{tg}65^\circ$$

$$F = 7363,2 \text{ N}$$

onde,

W = força peso;

N = força normal ao peso;

R = força de reação no eixo da roda;

F = força necessária para acionar o sistema de transporte;

1.4 - Potência de trabalho

$$P_t = F_b \times v_b$$

$$F_b = 1420,75 \text{ N}$$

$$v_b = 0,67 \text{ m/s}$$

$$P_t = 951,90 \text{ W}$$

$$P_t \cong 1,29 \text{ cv}$$

onde,

P_t = potência utilizada em trabalho;

F_b = força necessária para puxar o conjunto;

v_b = velocidade do conjunto.

Portanto, cada bovino deverá dispende teoricamente a potência de 0,65 cv para o trabalho de campo.

1.5 - Autotravamento entre faca/encaixe

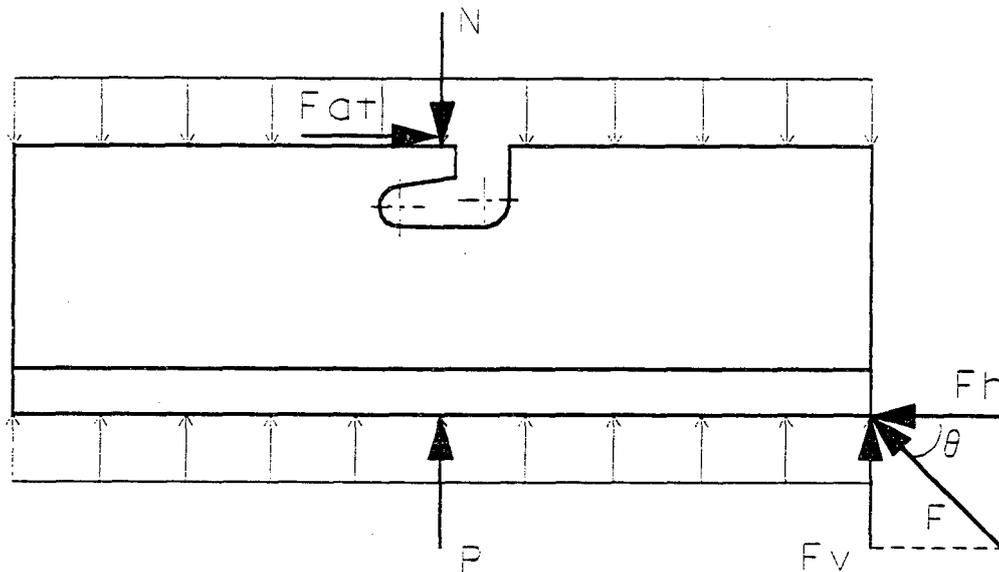


Figura 05 - Forças que agem na condição de destravamento da faca.

$$F_v = F \sin \theta$$

$$F_h = F \cos \theta$$

$$N = P + F_v$$

$$F_h \leq F_{at}$$

$$F_{at} = \mu \times N = \mu \times (P + F_v)$$

para a pior condição:

$$\theta = 0$$

$$F_v = 0$$

$$F_h = F'$$

$$F' \leq F_{at}$$

$$F' \leq \mu \times P$$

$$F' \leq 0,2 \times 175 \times 9,8$$

$$F' \leq 343 \text{ N}$$

onde,

F_v = componente vertical da força necessária para que a faca destrave;

F_h = componente horizontal da força necessária para que a faca destrave;

F = força necessária para destravar a faca;

N = força normal ao peso;

P = força peso;

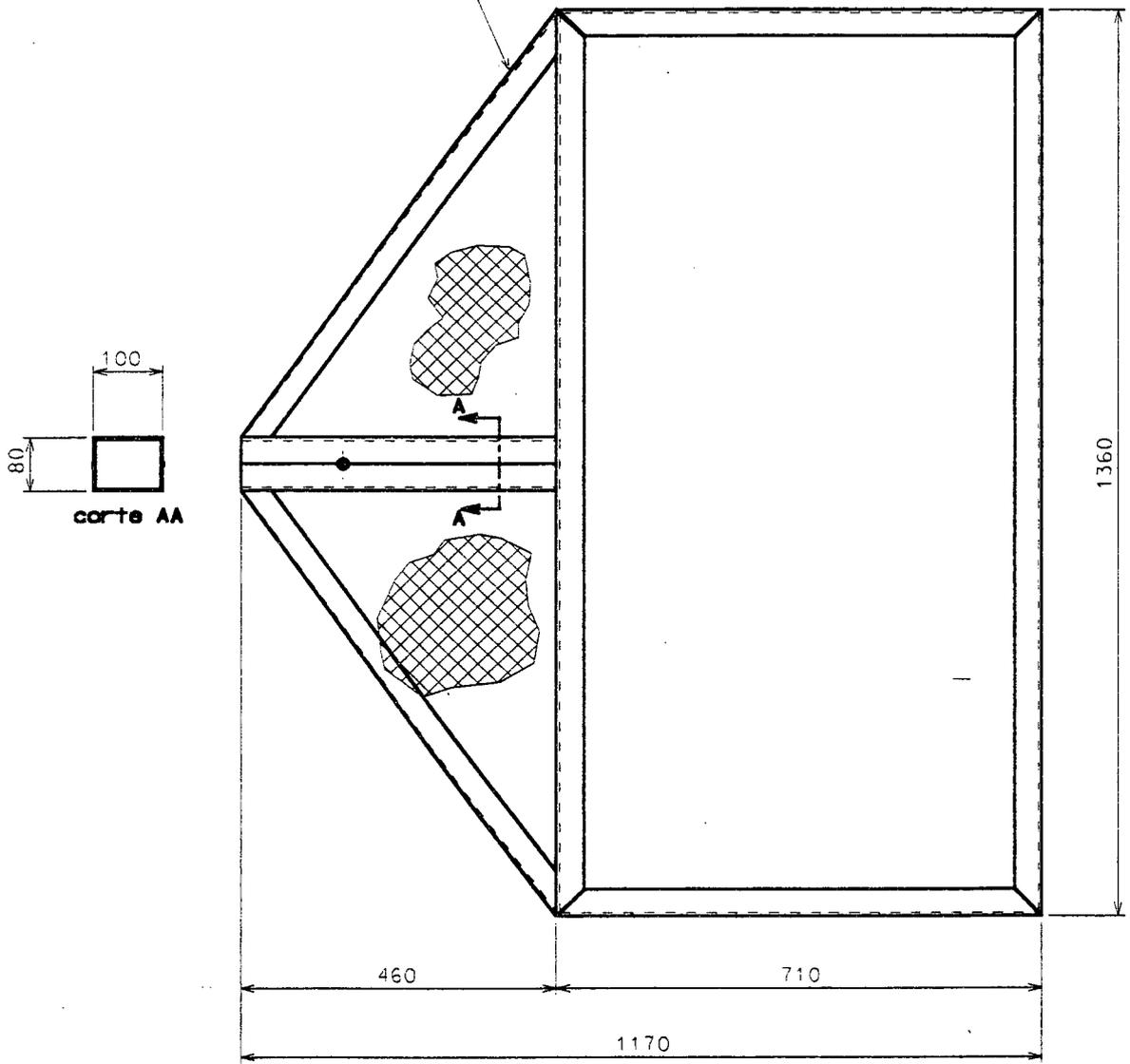
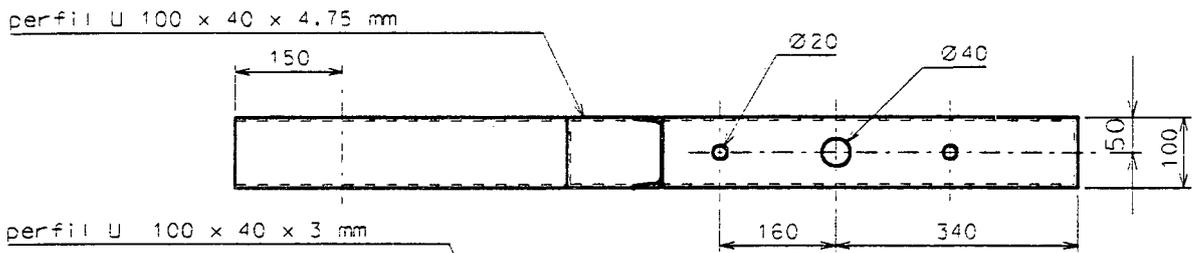
F' = força horizontal para a pior condição de destravamento entre faca e encaixe;

μ = coeficiente de atrito metal-metal.

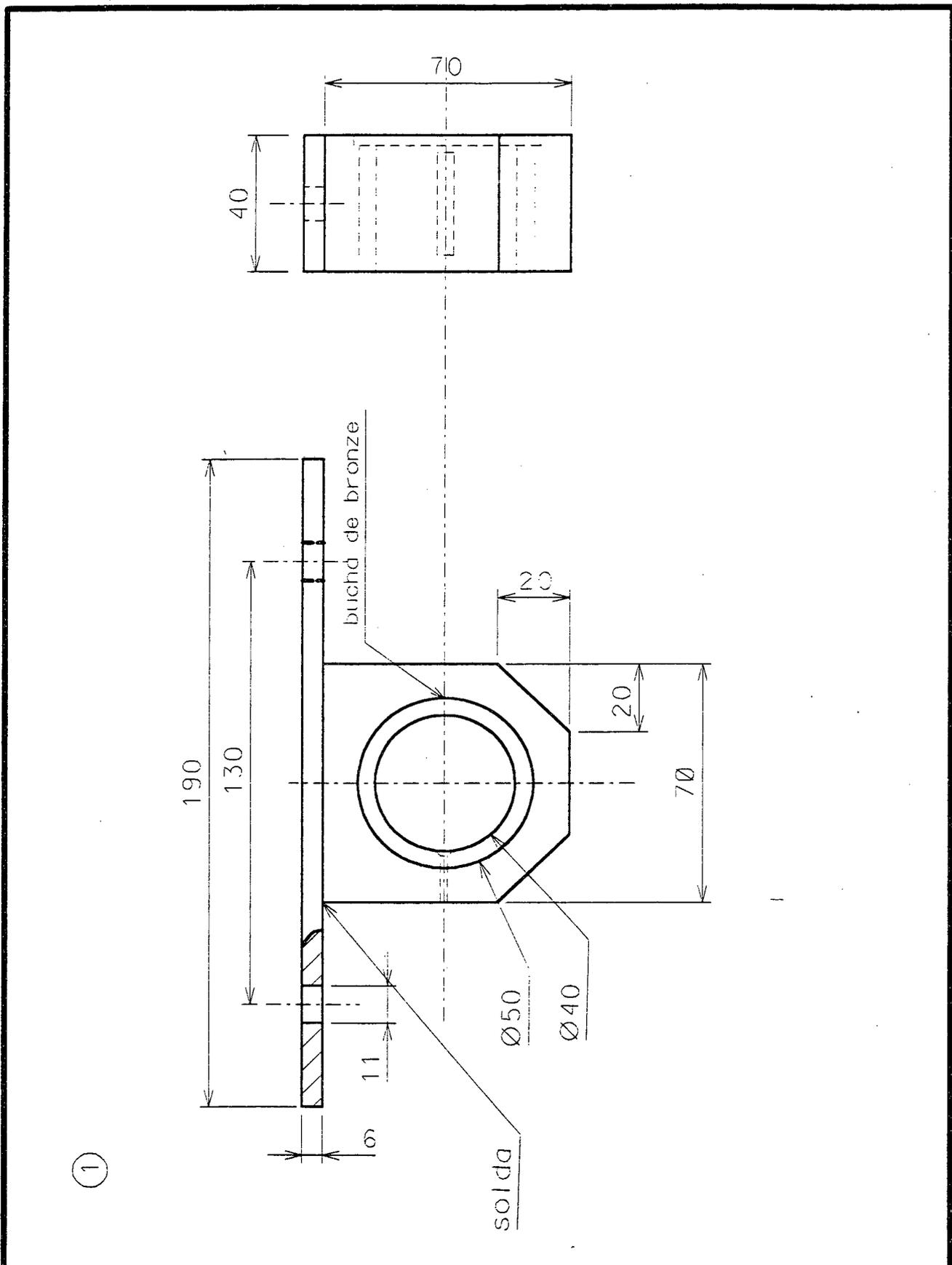
Para que a faca se destrave deverá haver uma força longitudinal no valor de 343 N em sentido oposto a força de atrito. Esta condição não ocorrerá em situações de trabalho.

Pela análise do modelo pode-se concluir que não ocorrerá destravamento da faca. Por motivos de segurança optou-se por uma trava, impedindo a perda do elemento de corte.

Anexo 2
Desenhos detalhados

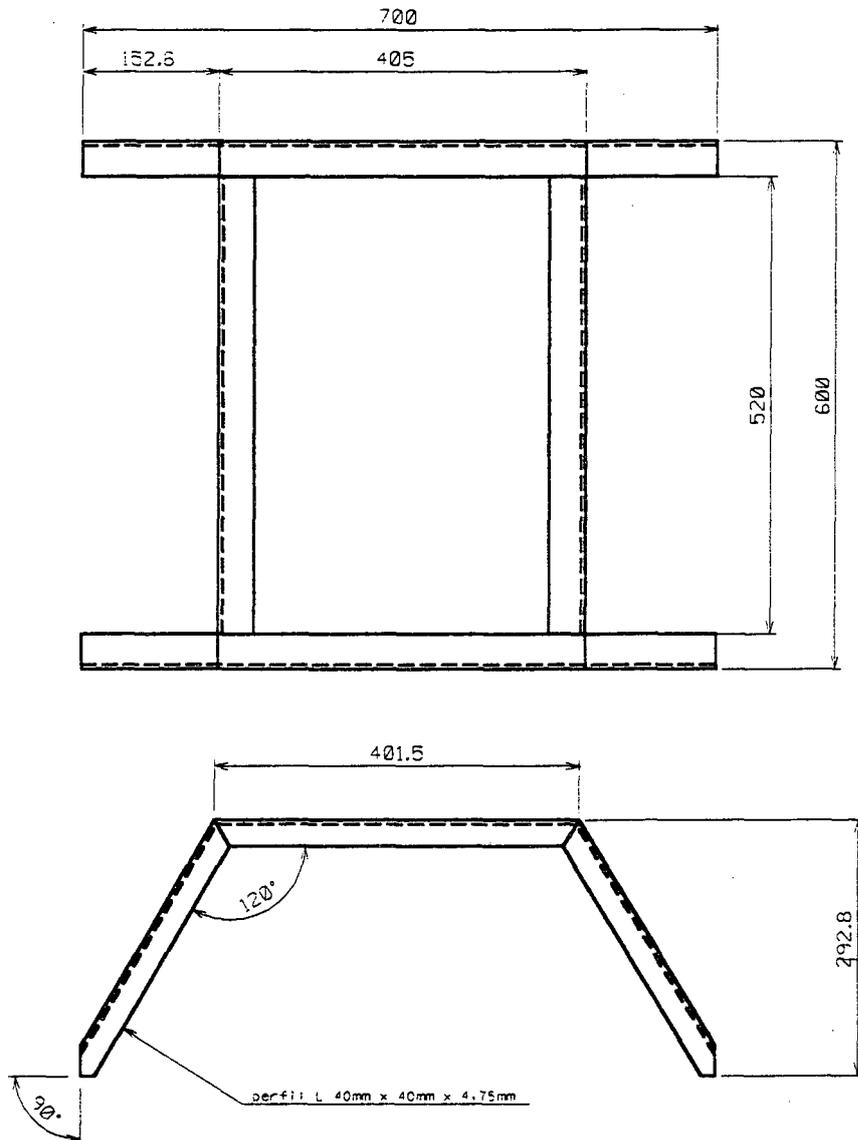


1	estrutura principal de sustentacao	1	aco ABNT 1020	
PECA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Benno	UNIDADE mm
		DATA	11/96	MODULO I
LP	ROLO FACA TRACAO ANIMAL ESTRUTURA	VISTO		01 
		DATA	11/96	
		ESCALA	1:10	



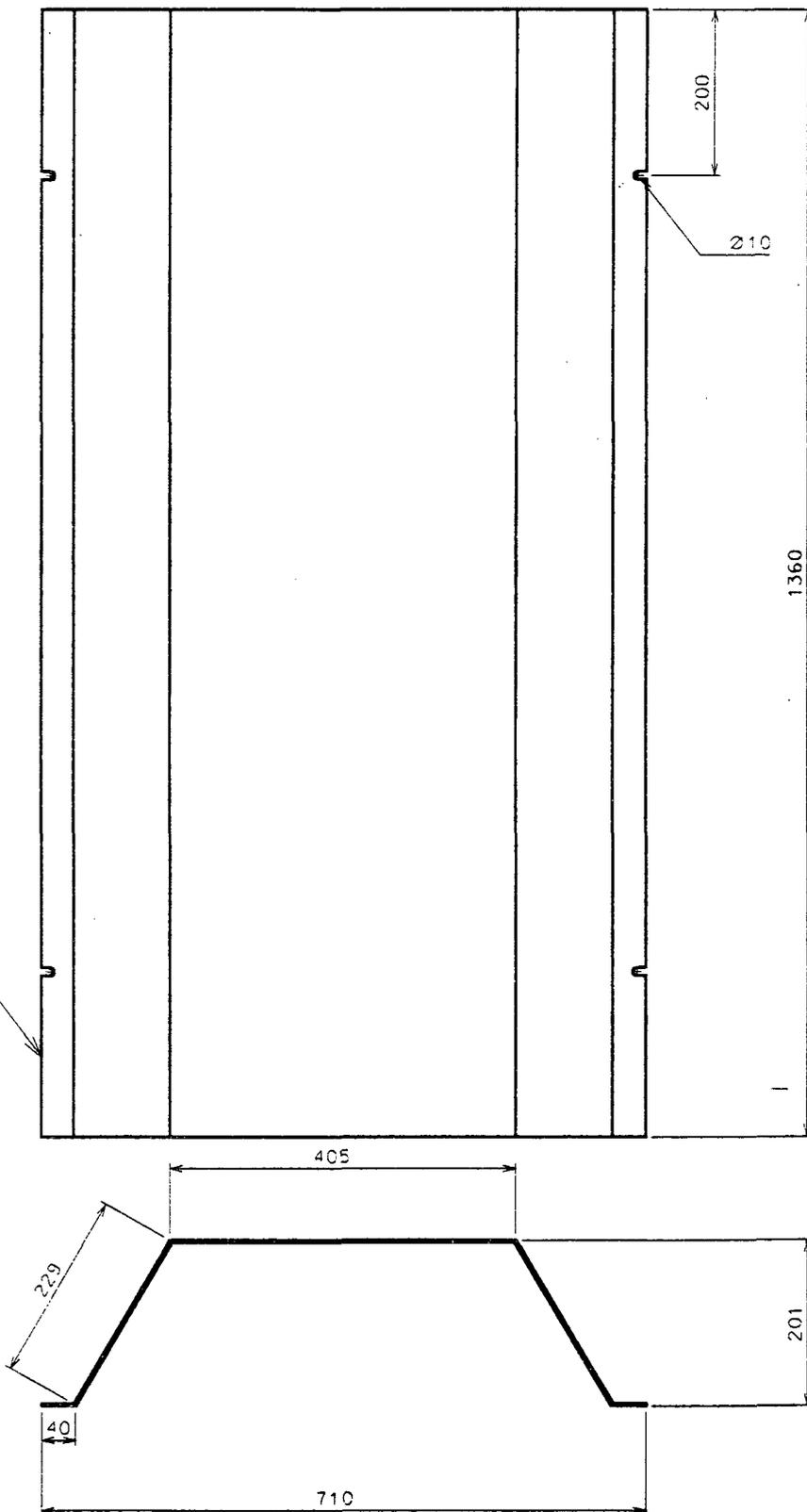
①

1	mancal para fixacao do rolo face	2	aco ABNT 1020	
PECA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Behno	UNIDADE mm
		DATA	11/96	MODULO I
LP	ROLO FACE TRACAO ANIMAL MANCAL PARA ROLO	VISTO		02 
		DATA	11/96	
		ESCALA	1:1.5	

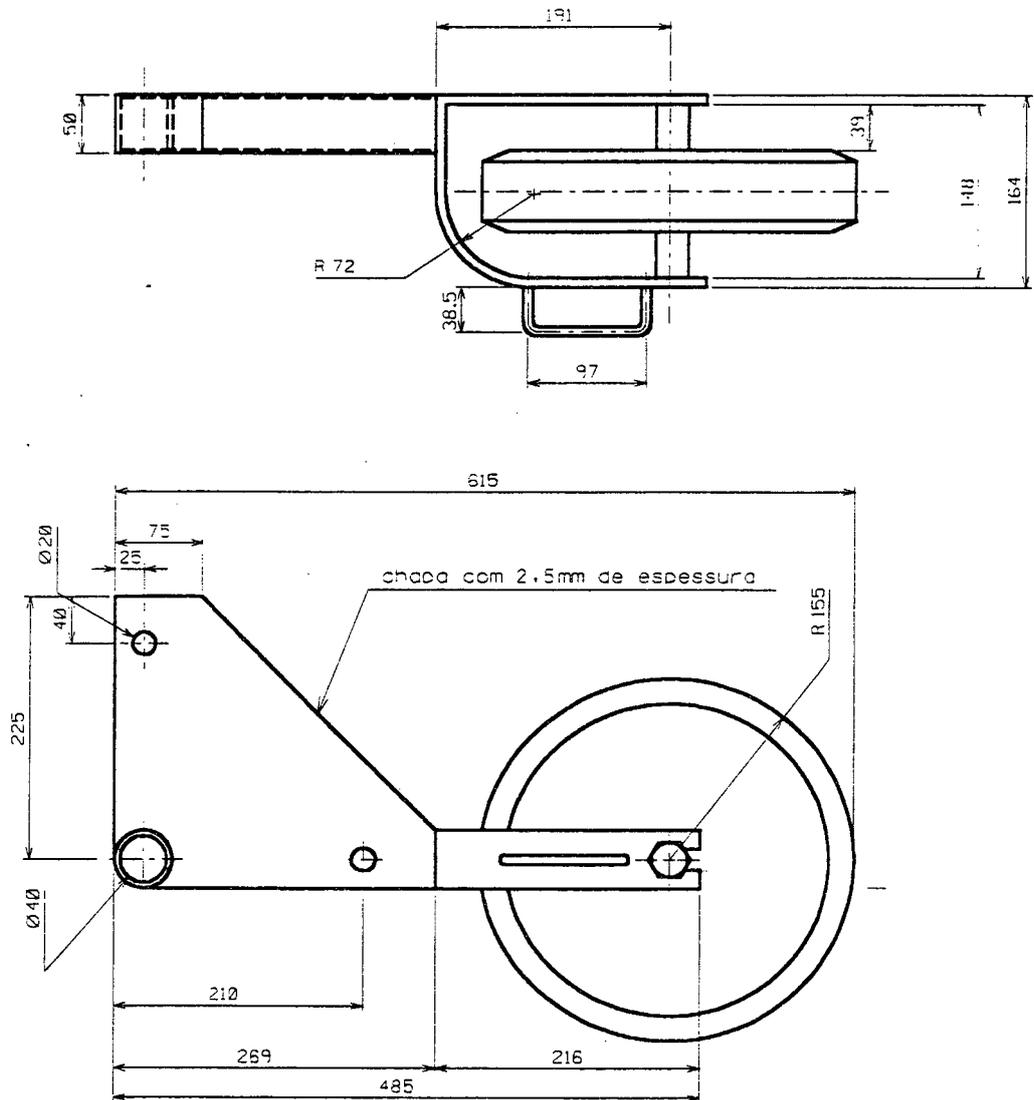


1	base de fixação para cabo de proteção	1	aco ABNT 1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Benna	UNIDADE mm
		DATA	02/97	MODULO I
LP	ROLO DISCO TRACAO ANIMAL BASE DE FIXACAO	VISTO		03 
		DATA	02/97	
		ESCALA	1:8	

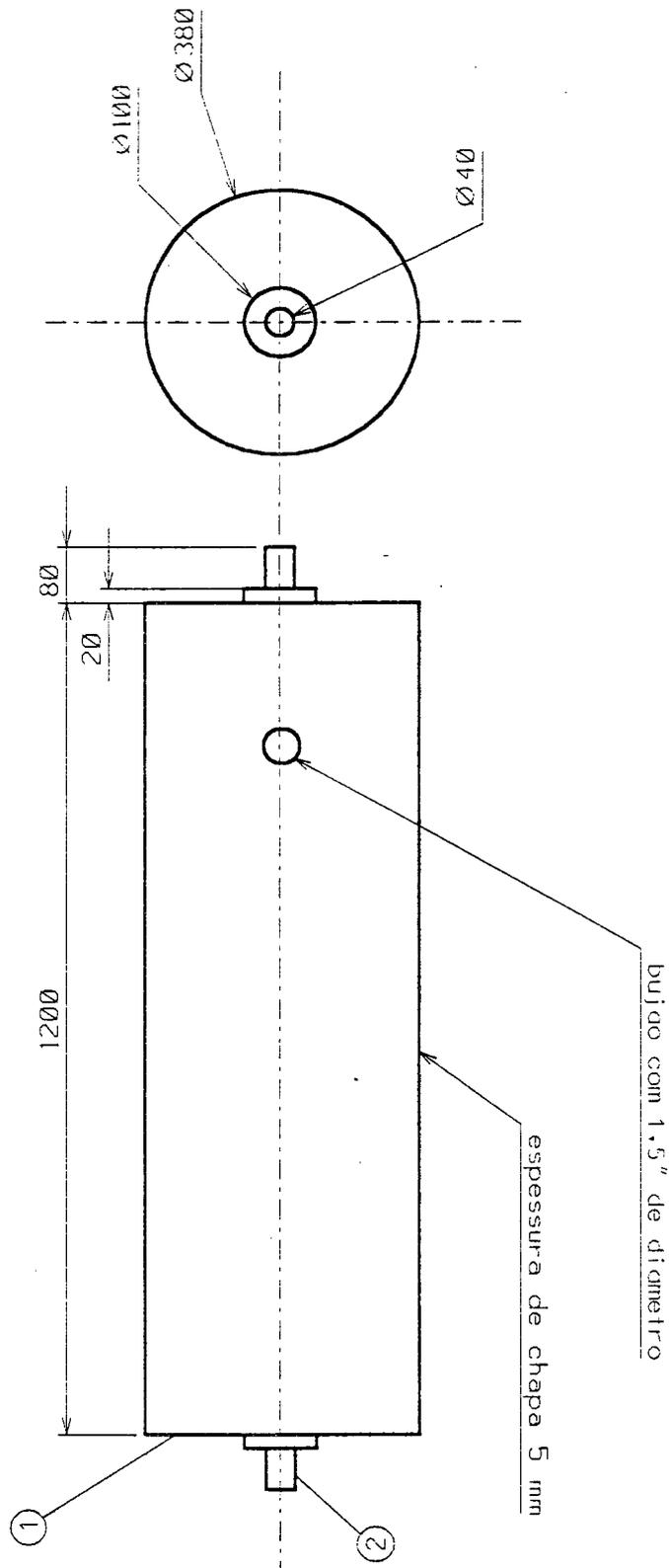
chapa com 2.5mm de espessura



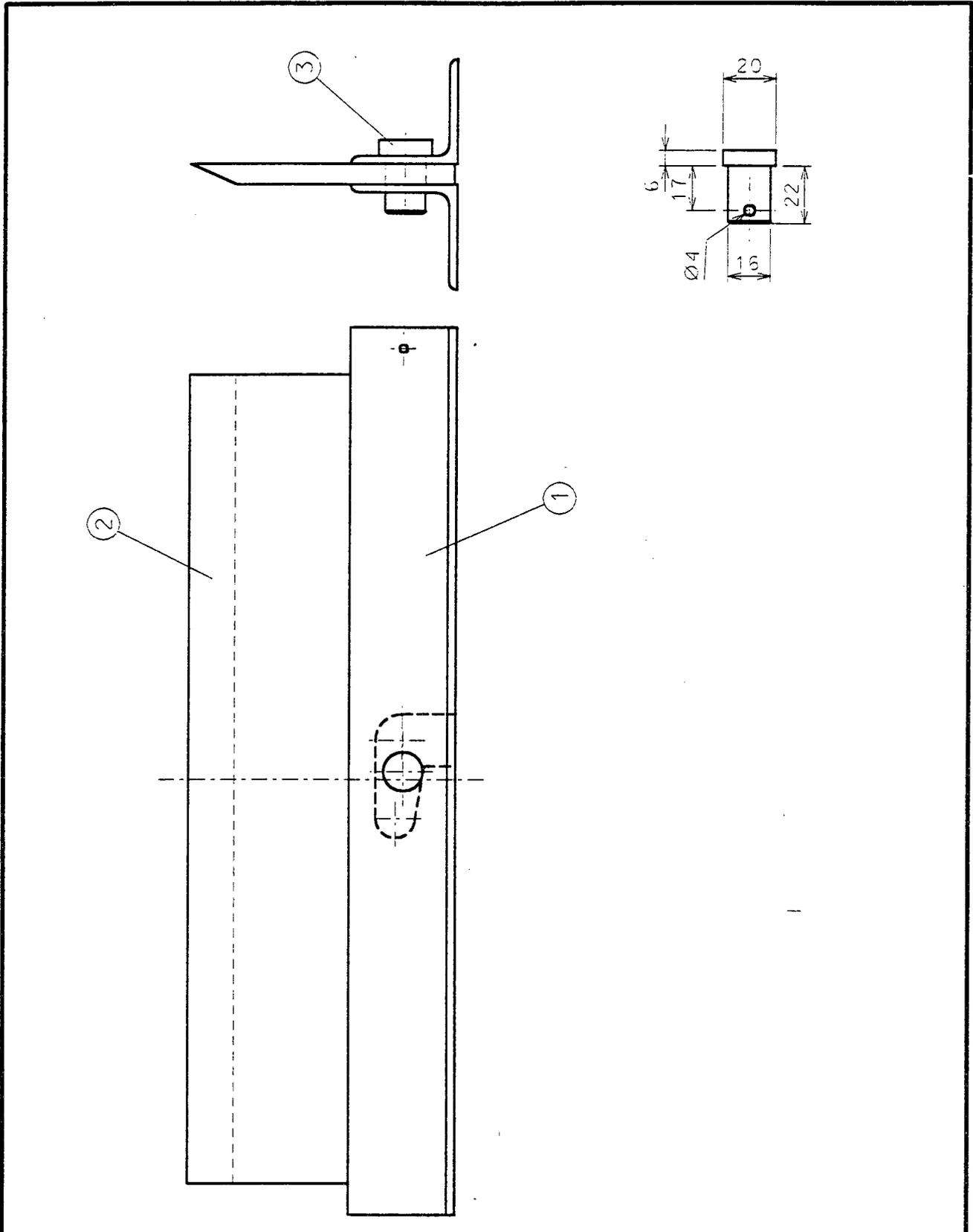
	capo de protecao	1	aco ABNT 1020	
PECA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Behno	UNIDADE mm
		DATA	02/97	MODULO I
Lp	ROLO DISCO TRACAO ANIMAL CAPO DE PROTECAO	VISTO		04 
		DATA	02/97	
		ESCALA	1:8	



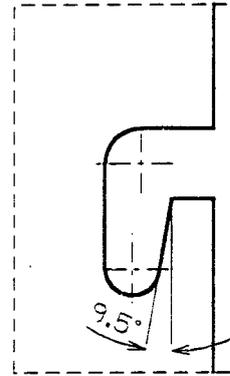
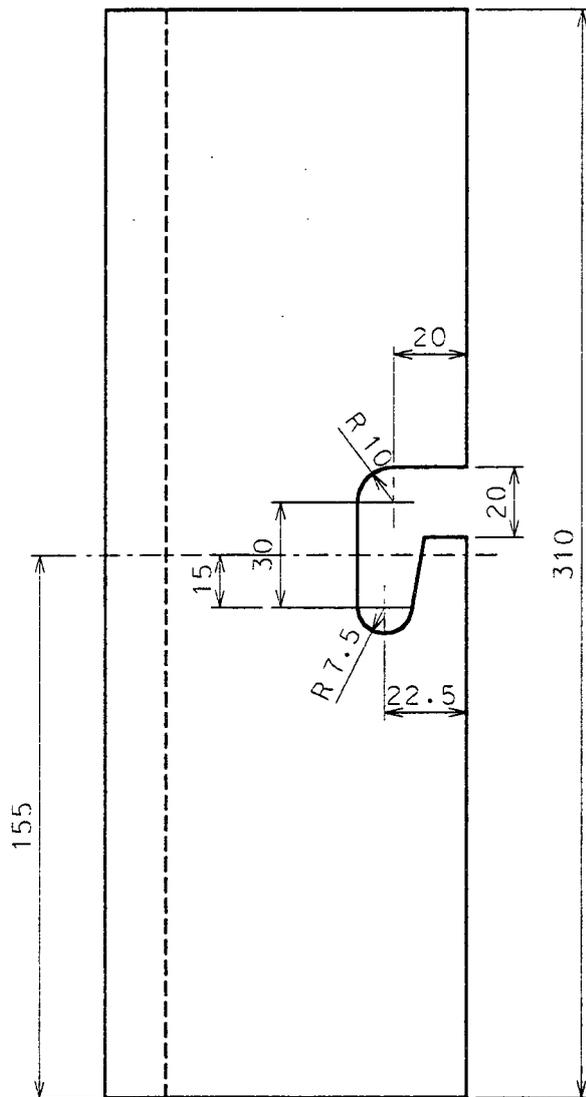
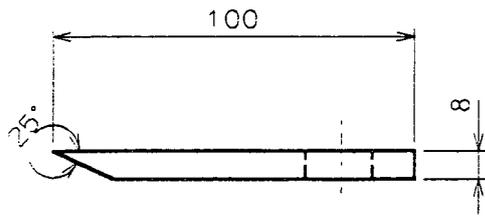
1	conjunto suporte e roda p/ transporte	6	sup. - aco1020	
PEÇA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Benno	UNIDADE mm
		DATA	02/97	MODULO II
LP	ROLO DISCO TRACAO ANIMAL SUPORTE E RODA	VISTO		05 
		DATA	02/97	
		ESCALA	1:6	



2	flange para fixacao no mancal	2	aco ABNT 1020	
1	cilindrico para fixacao das facas	1	aco ABNT 1020	
PECA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Benno	UNIDADE mm
		DATA	13/11	MODULO III
LP	ROLO FACA TRACAO ANIMAL CILINDRO E FLANGE	VISTO		06 
		DATA	13/11	
		ESCALA	1:10	

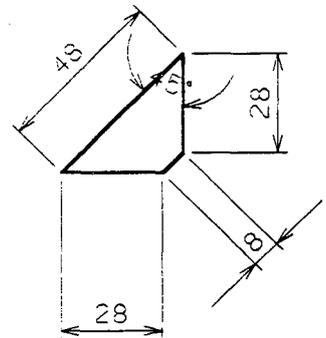
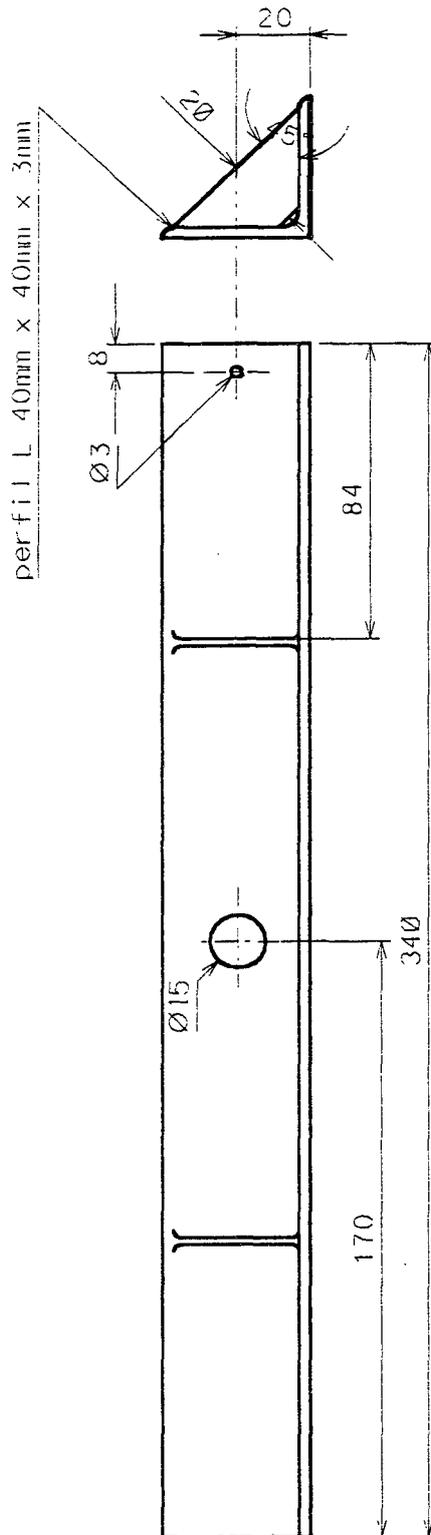


3	pino	16	aco ABNT 1020		
2	lamina de corte	16	aco ABNT 4160		
1	cantoneira	32	aco ABNT 1020		
PECA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO	
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Behno	UNIDADE	mm
		DATA	11/96	MODULO III	
LP	ROLO FACA TRACAO ANIMAL LAMINA E CANTONEIRA	VISTO		07	
		DATA	11/96		
		ESCALA	1:2		

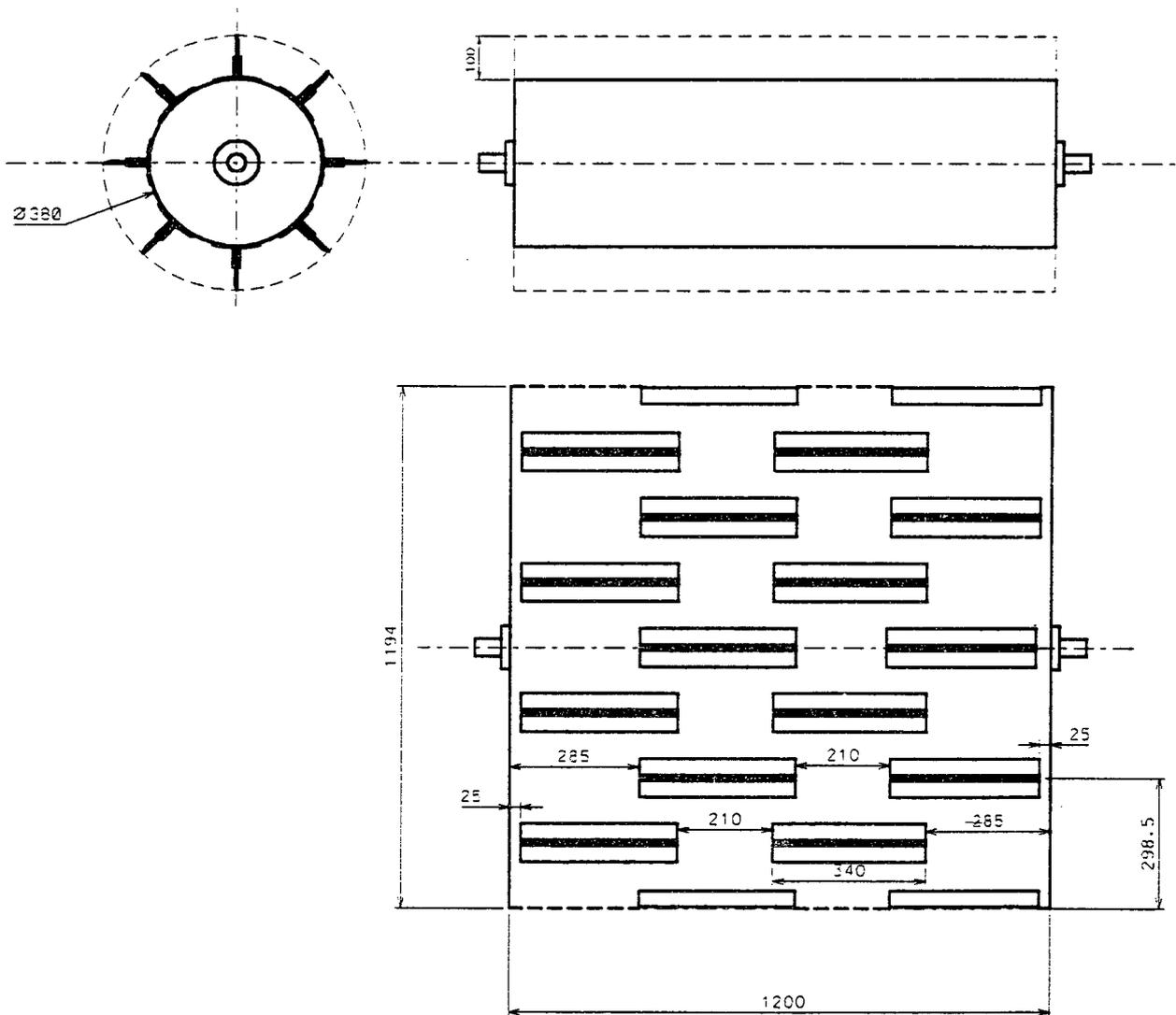


Detalhe do ângulo da construção do rasgo

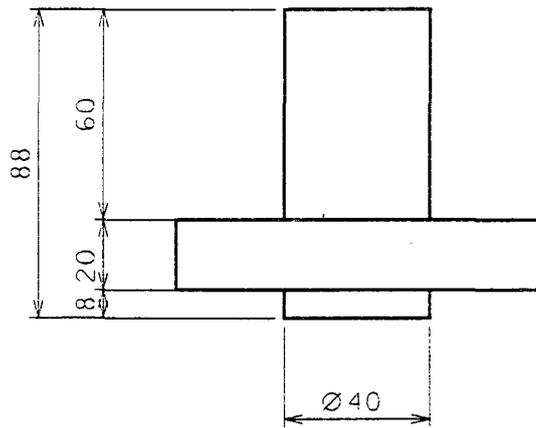
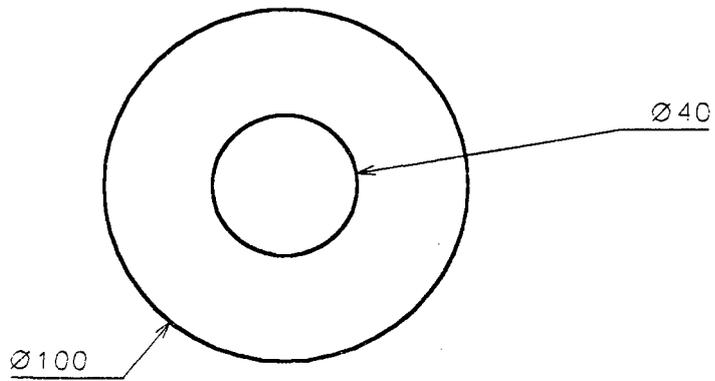
1	Faca	16	aco ABNT 5160	
PEÇA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Behno	UNIDADE mm
		DATA	13/11	MODULO III
LP	ROLO FACAS TRACAO ANIMAL FACA	VISTO		08 
		DATA	13/11	
		ESCALA	1:2	



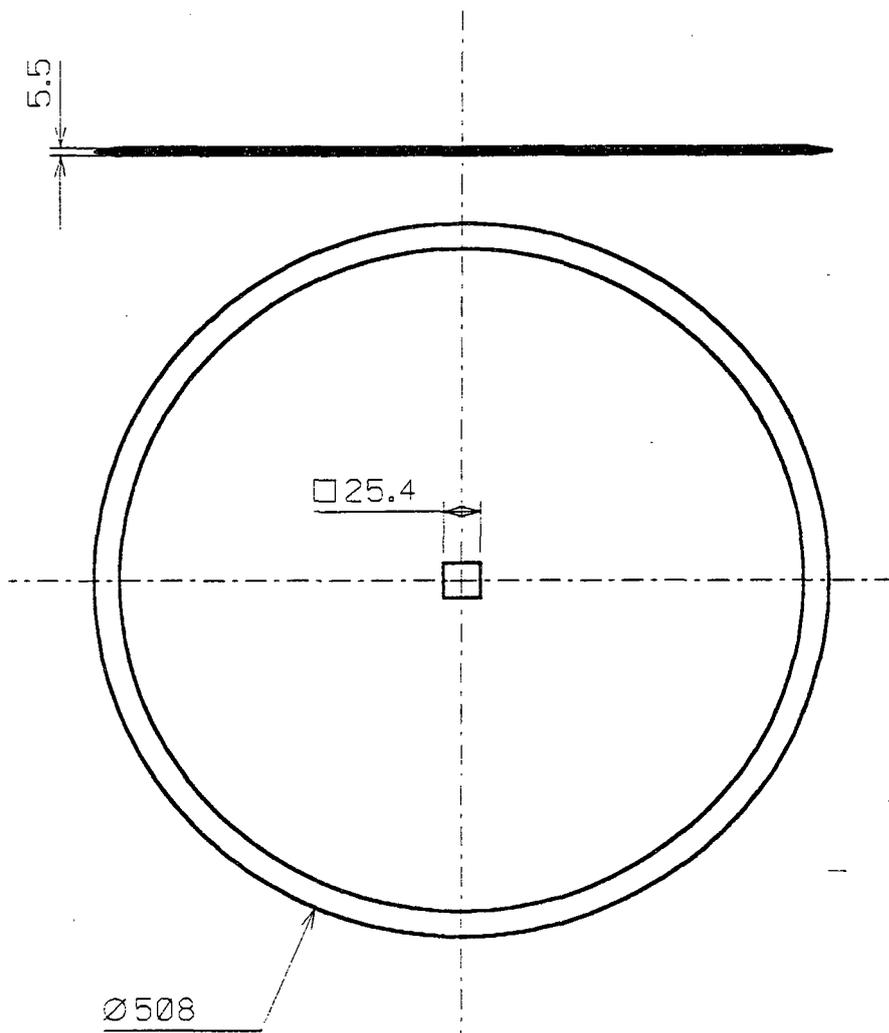
1	cantoneira para encaixe das facas	32	aco ABNT 1020	
PEÇA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Benno	UNIDADE mm
		DATA	02/97	MODULO III
Lp	ROLO FACA TRACAO ANIMAL CANTONEIRA	VISTO		09 
		DATA	02/97	
		ESCALA	1:2	



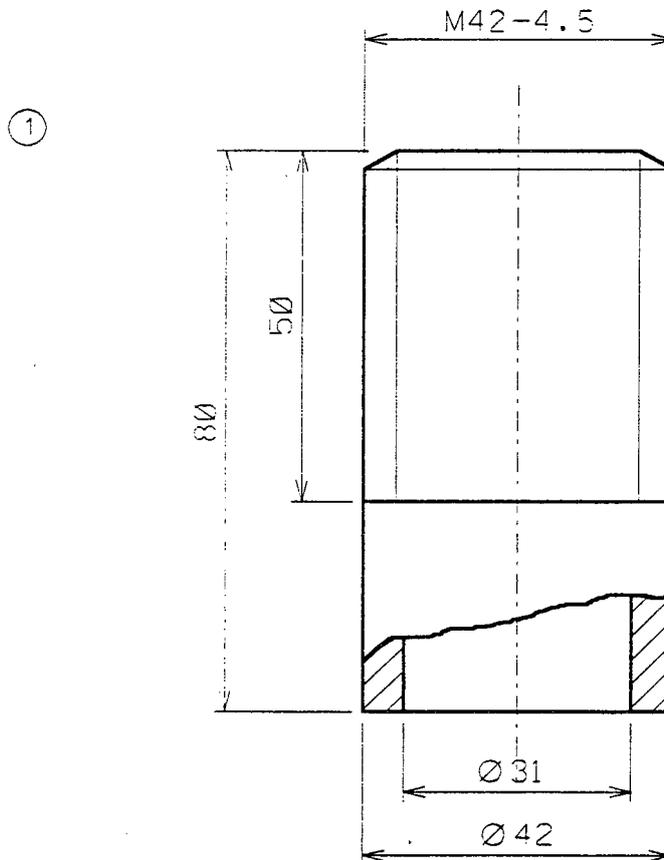
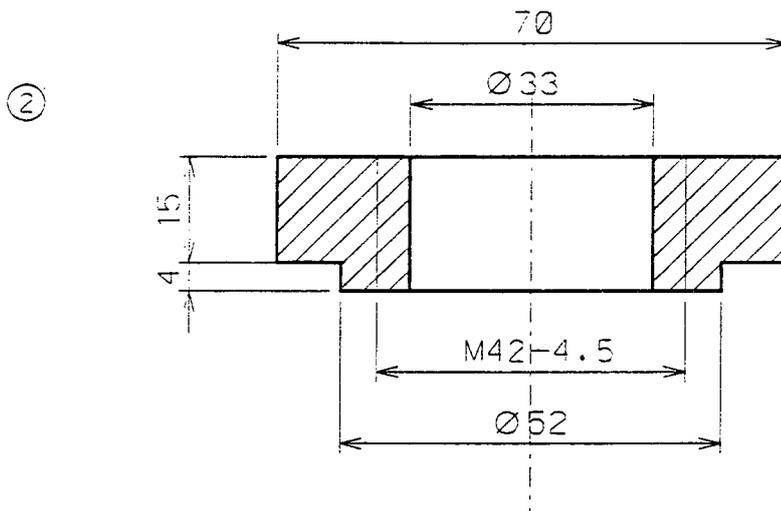
1	rolo aberto c/ dist. das cantoneiras	1	aco ABNT 1020	
PECA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Behno	UNIDADE mm
		DATA	11/96	MODULO III
LP	ROLO FACA TRACAO ANIMAL ROLO ABERTO	VISTO		10
		DATA	11/96	
		ESCALA	1:15	
				



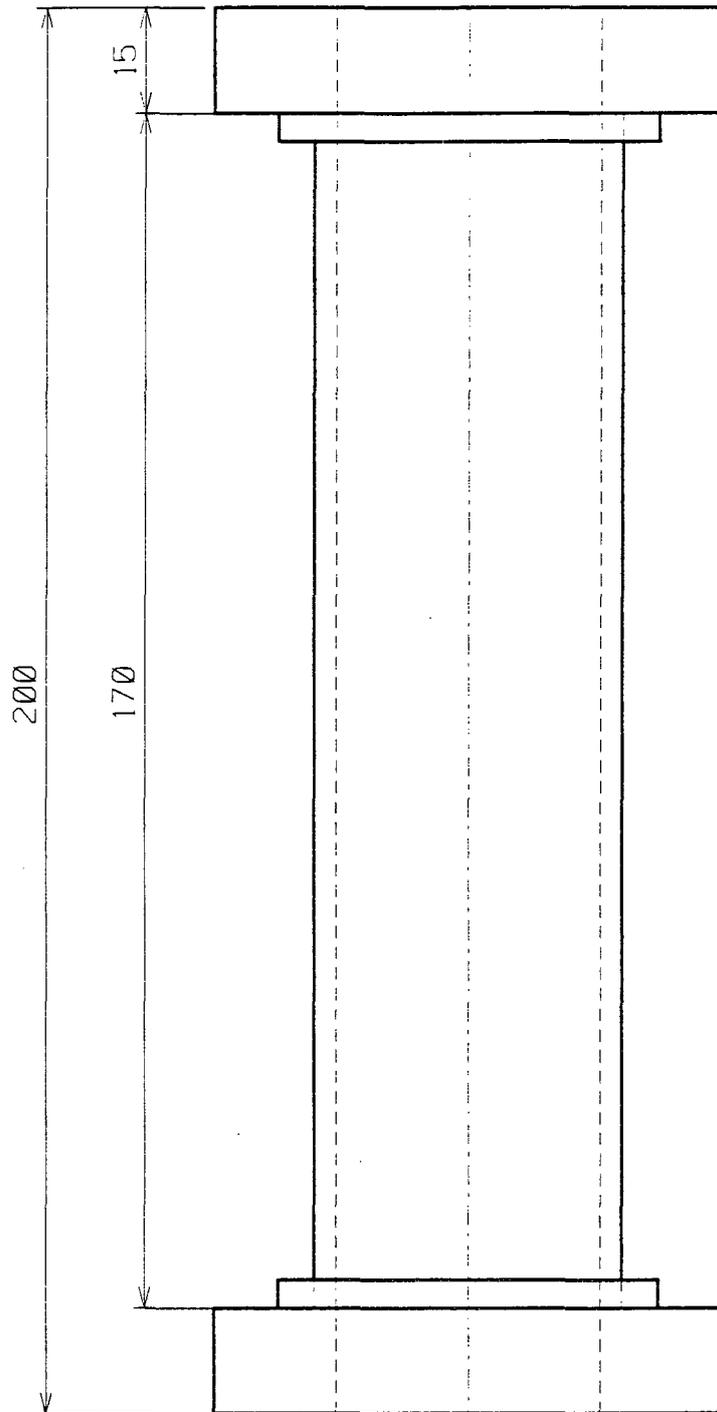
1	eixo e flange para mancal	2	aco ABNT 1020	
PECA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Behno	UNIDADE mm
		DATA	11/96	MODULO III
LP	ROLO FACO TRACAO ANIMAL EIXO E FLANGE	VISTO		11 
		DATA	11/96	
		ESCALA	1:2	



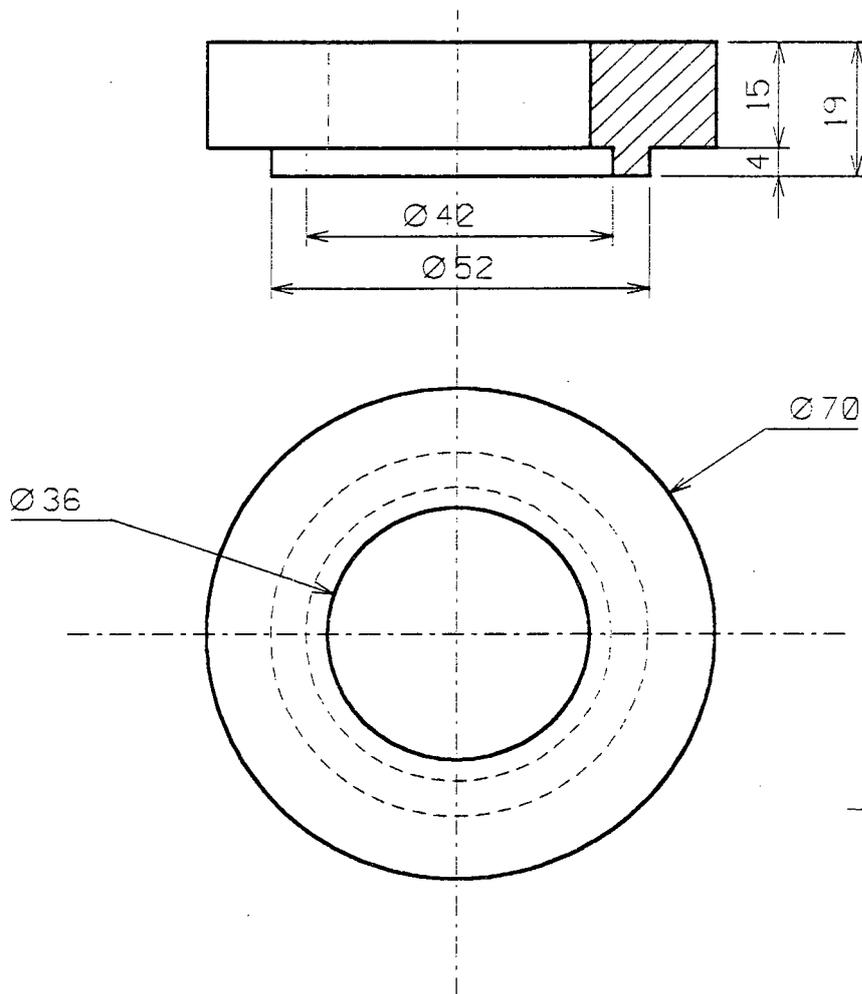
1	disco de corte	6	aco ABNT 1020	
PECA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Benno	UNIDADE mm
		DATA	02/97	MODULO IV
LP	ROLO DISCO TRACAO ANIMAL DISCO DE CORTE	VISTO		12 
		DATA	02/97	
		ESCALA	1:5	



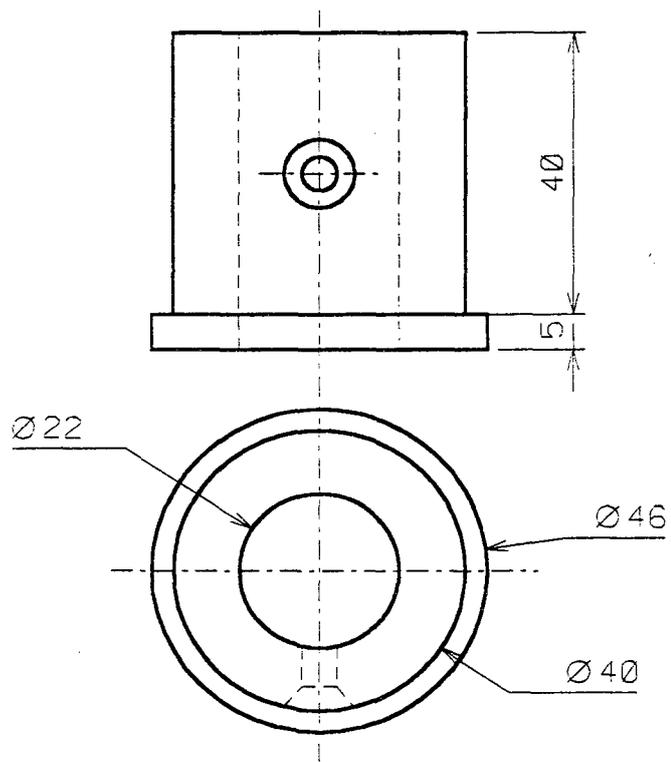
2	flange com rosca interna	1	aco ABNT 1020	
1	tubo com rosca externa	1	aco ABNT 1020	
PECA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO		DES. Benno	UNIDADE mm
			DATA 01/97	MODULO IV
LP	ROLO DISCO TRACAO ANIMAL AJUSTADORES DOS DISCOS		VISTO	13 
			DATA 01/97	
			ESCALA 1:1	



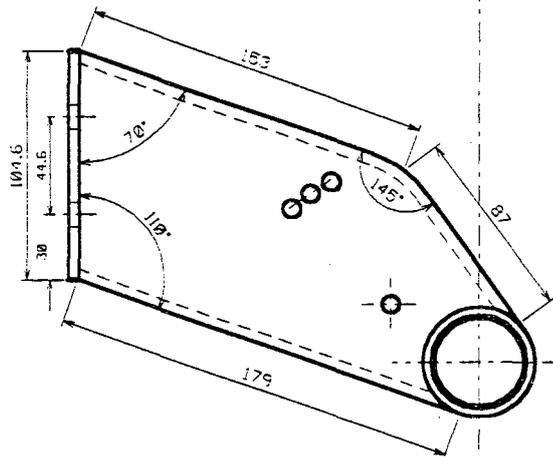
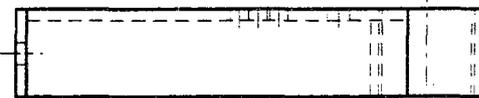
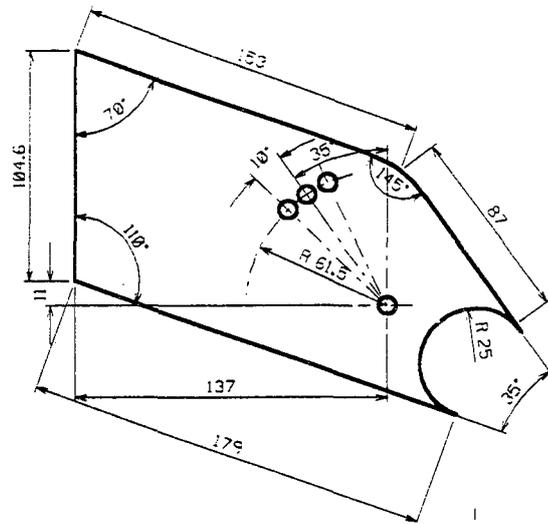
1	distanciador dos discos de corte	5	aco ABNT 1020	
PEÇA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Benno	UNIDADE
		DATA	02/97	mm
Lp	ROLO DISCO TRACAO ANIMAL DISTANCIADOR	VISTO		14
		DATA	02/97	
		ESCALA	1:1	
				



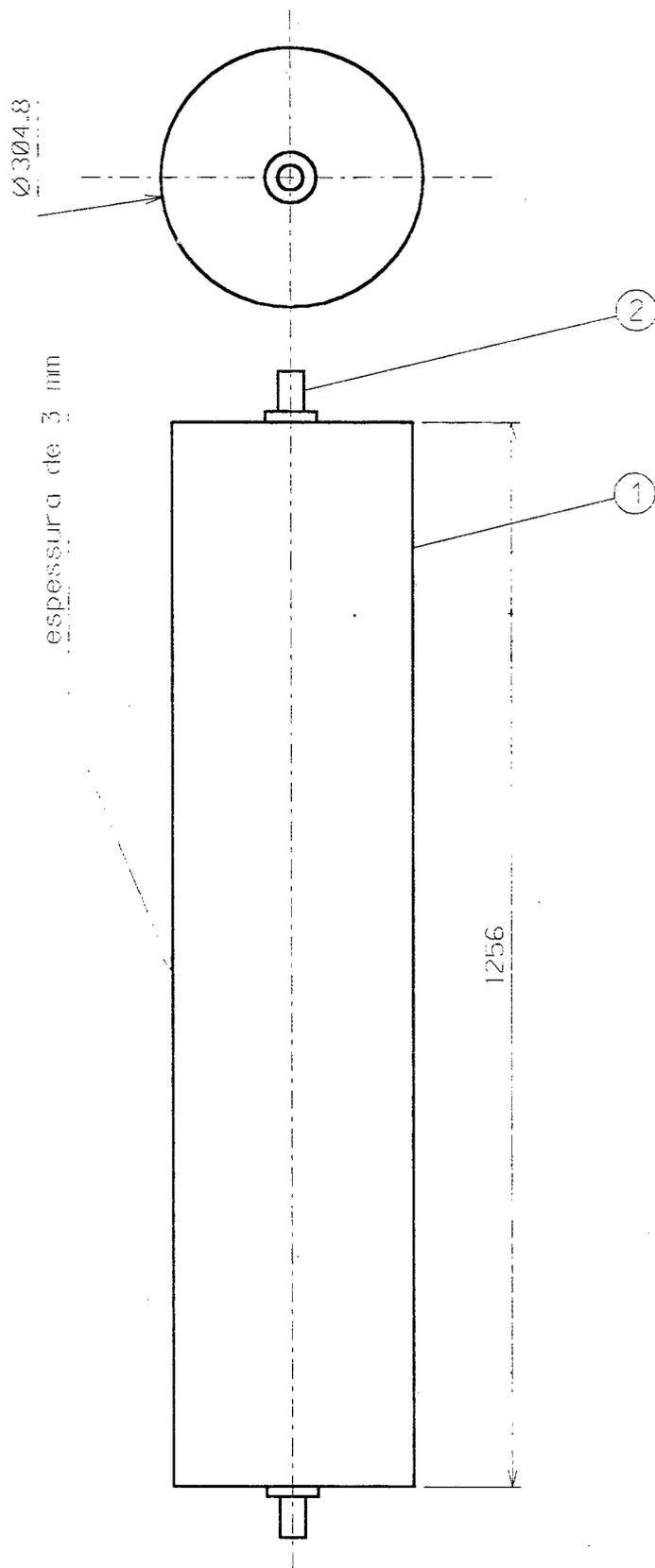
11	flange p/ os tubos dos distanciadores			
PEÇA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO		NOME	Behno
			UNIDADE	mm
LP	ROLO DISCO TRACAO ANIMAL DISTANCIADOR		VISTO	
			DATA	02/97
			ESCALA	1:1
			15	



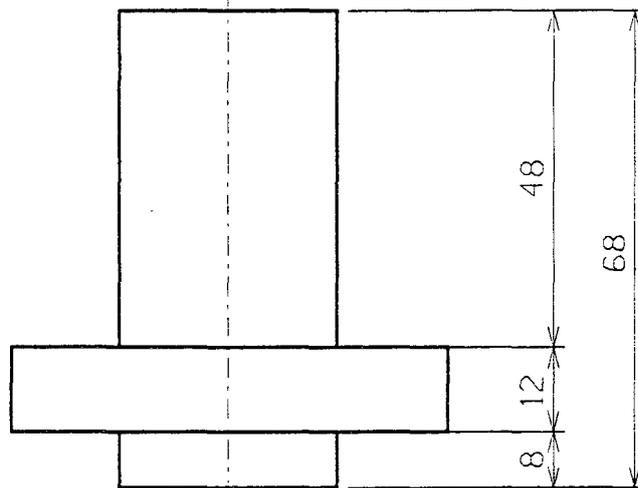
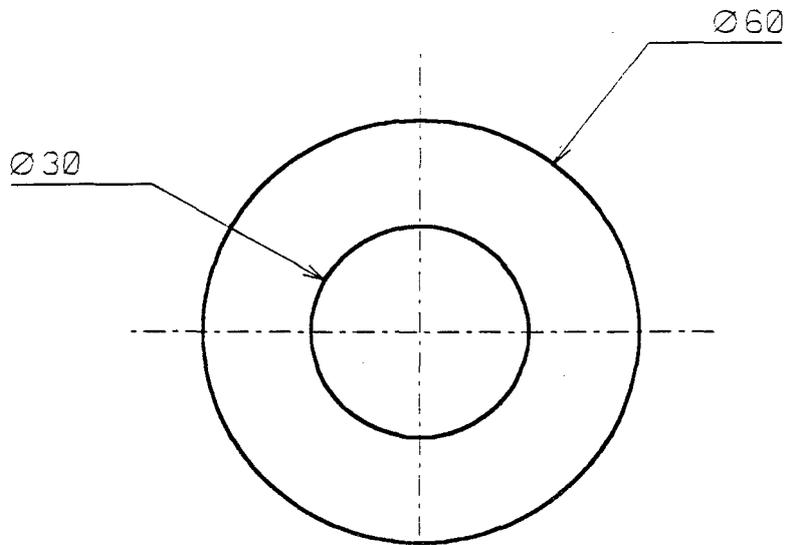
1	ponta do eixo	2	aco ABNT 1020	
PEÇA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO		DES. Behno DATA 02/97	UNIDADE mm MODULO IV
LP	ROLO DISCO TRACAO ANIMAL PONTA DE EIXO		VISTO DATA 02/97 ESCALA 1:1	16 



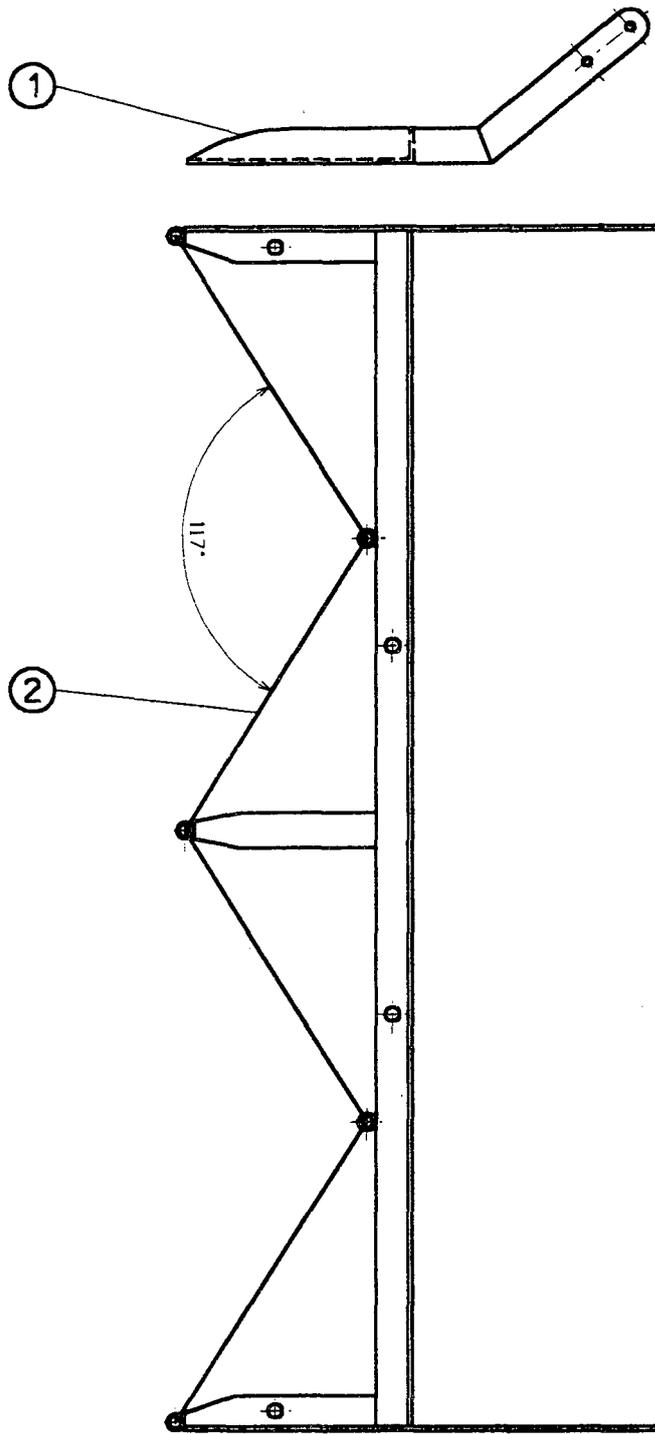
1	mancal de sustentação do acamador plano	2	aco ABNT 1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO		DES. Benno	UNIDADE mm
			DATA 02/97	MODULO V
	ROLO DISCO TRACAO ANIMAL MANCAL PARA ACAMADOR PLANO		VISTO	17
			DATA 02/97	
			ESCALA 1:3	



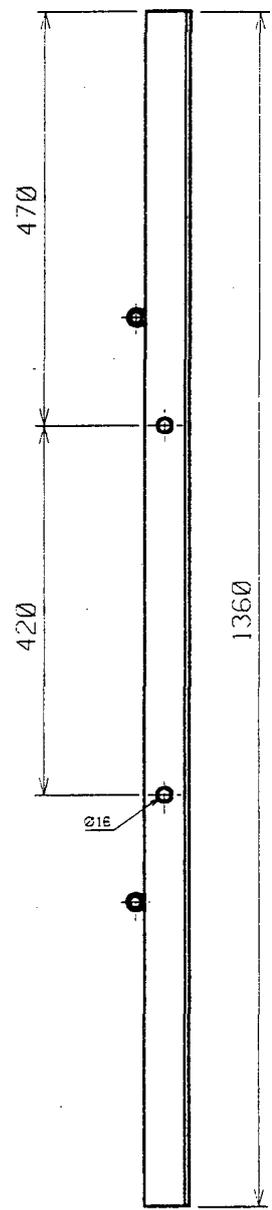
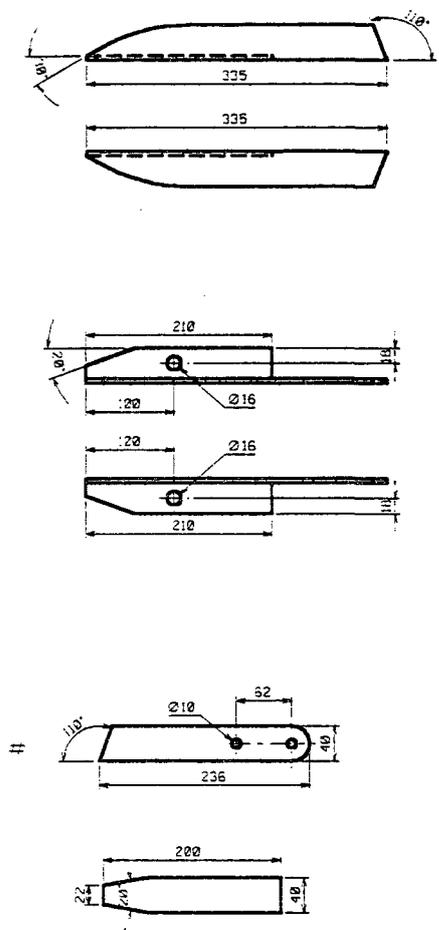
2	eixo e flange	1	aco ABNT 1020	
1	rolo liso	1	aco ABNT 1020	
PEÇA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Behno	UNIDADE mm
		DATA	02/97	MODULO V
Lp	ROLO DISCO TRACAO ANIMAL ROLO DE ACAMAMENTO	VISTO		18
		DATA	02/97	
		ESCALA	1:8	
				



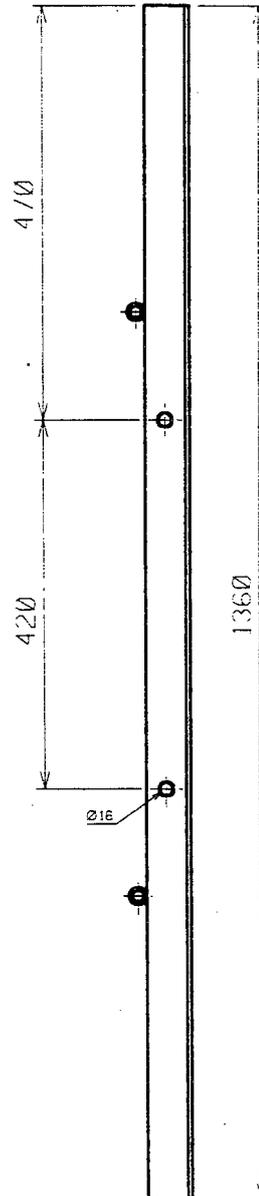
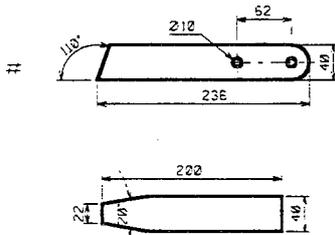
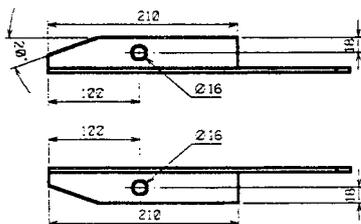
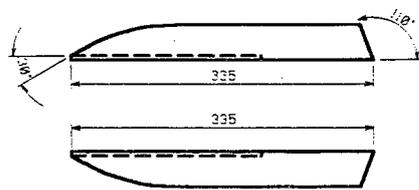
2	flange para rolo liso acamador	2	aco ABNT 1020	
PEÇA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Behno	UNIDADE mm
		DATA	02/97	MODULO V
LP	ROLO DISCO TRACAO ANIMAL FLANGE DO ROLO	VISTO		19 
		DATA	02/97	
		ESCALA	1:1	



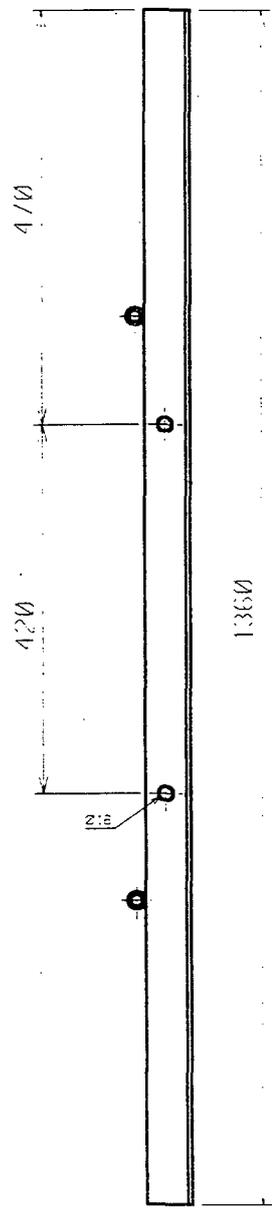
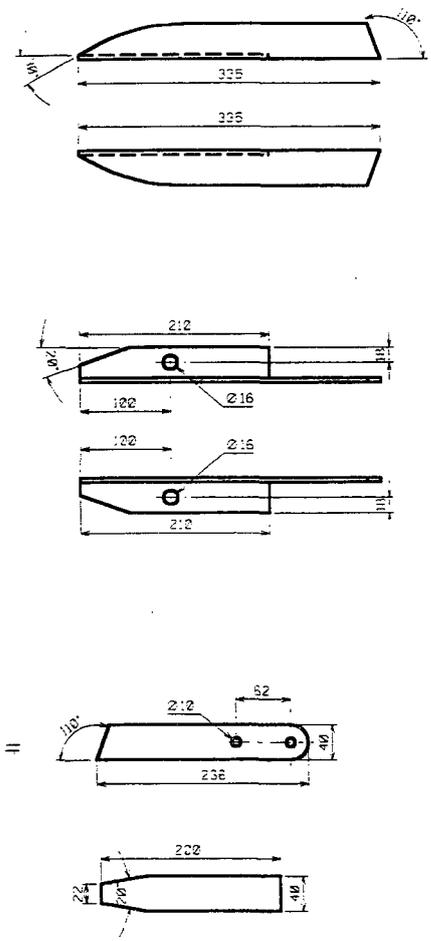
2	cabo de aço	1	aco ABNT 1020	
1	estrutura de forma	1	aco ABNT 1020	
PEÇA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Behno	UNIDADE mm
		DATA	02/97	MODULO V
LP	ROLO DISCO TRACAO ANIMAL SISTEMA DE ACAMAMENTO LATERAL	VISTO		20 
		DATA	02/97	
		ESCALA	1:8	



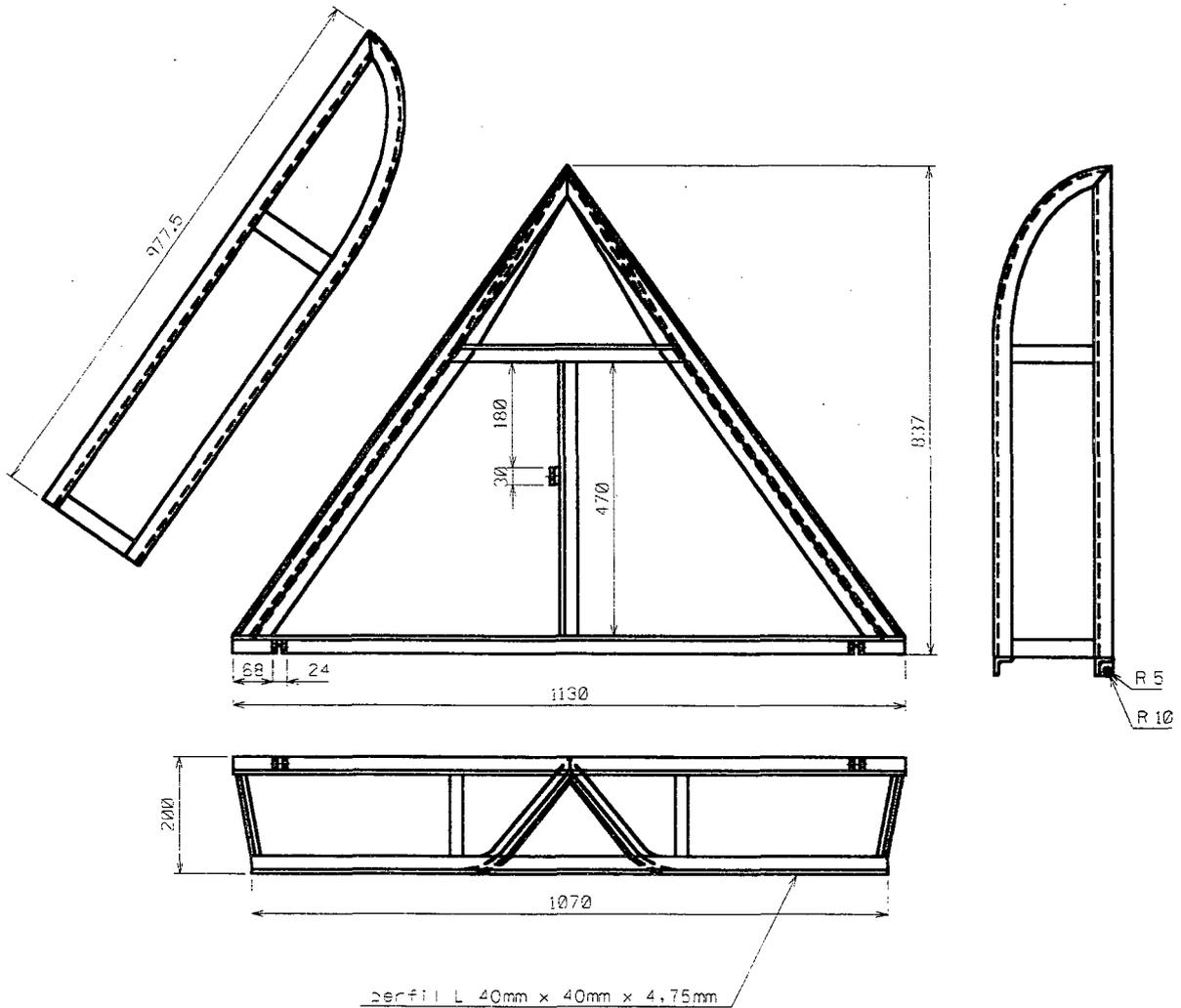
1	detalhes de construçao	1	aco ABNT 1020	= 2 pecas	
PECA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO	
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Behno	UNIDADE	mm
		DATA	02/97	MODULO V	
LP	ROLO DISCO TRACAO ANIMAL SISTEMA DE ACAMAMENTO LATERAL	VISTO		21	
		DATA	02/97		
		ESCALA	1:8		



1	certificadas de construção	1	aco ABNT 1020	# 2 peças
PEÇA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Benno	UNIDADE
		DATA	02/97	mm
LP	ROLO DISCO TRACAO ANIMAL SISTEMA DE ACAMAMENTO LATERAL	VISTO		21
		DATA	02/97	
		ESCALA	1:8	



	detalhes de construção	1	cod ABNT 1020	= 2 peças
PEÇA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Benno	UNIDADE mm
		DATA	02/97	MODULO V
LP	ROLO DISCO TRACAO ANIMAL SISTEMA DE ACAMAMENTO LATERAL	VISTO		21 
		DATA	02/97	
		ESCALA	1:8	



1	acamador para auxilio ao corte	1	aco ABNT 1020	
PECA	DENOMINACAO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVACAO
UFSC	ENGENHARIA MECANICA LABORATORIO DE PROJETO	DES.	Benno	UNIDADE mm
		DATA	02/97	MODULO VI
Lp	ROLO DISCO TRACAO ANIMAL ACAMADOR	VISTO		22 
		DATA	02/97	
		ESCALA	1:12	