

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**DESENVOLVIMENTO, CONSTRUÇÃO E TESTES DE UM
PICADOR PARA COBERTURAS VEGETAIS**

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

EDUARDO CARDOSO CASTALDO

FLORIANÓPOLIS, MARÇO DE 1999

DESENVOLVIMENTO, CONSTRUÇÃO E TESTES DE UM
PICADOR PARA COBERTURAS VEGETAIS

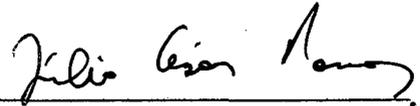
EDUARDO CARDOSO CASTALDO

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

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



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



Júlio César Passos, Dr.
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



Nelson Back, Ph. D.
Presidente



Acires Dias, Dr. Eng.



Augusto Weiss, Dr. Eng.

*Dedico este trabalho àqueles que me apoiaram e ajudaram,
em especial aos meus pais e irmãos, pelo exemplo de vida,
e à Leila, pelo carinho e incentivo.*

AGRADECIMENTOS

Finalmente, a página de agradecimentos. Creio que este foi o momento mais esperado por mim quando da redação deste trabalho. Após vários meses de dedicação, gostaria de passar um pouco da satisfação que sinto ao escrevê-la. Muitas são as pessoas que eu gostaria de agradecer, quer seja pela colaboração direta neste, quer seja pela amizade e companheirismo.

Assim, inicio meus agradecimentos pelo meu orientador, o professor Fernando Antônio Forcellini, pois sem a sua paciência e entusiasmo este trabalho não teria se concretizado.

Presto também minhas homenagens aos vários colegas do NeDIP (antigo Laboratório de Projeto): Marcos Luciano, Alex Pizzatto, Sérgio da Veiga, Clóvis da Veiga, Fred Amorim, Márcio Branco, Cristiano Ferreira, Marcelo Gitirana e Salete dos Santos. Sua colaboração foi muito valiosa nesta obra.

Não posso deixar de agradecer ao professor Augusto Weiss, pois seus conhecimentos em Engenharia Agrícola foram fundamentais, bem como suas valiosas opiniões e idéias. E também, aos bolsistas Marcos Tottene e Rodrigo Fernandes, o meu muito obrigado. Sem o bom entrosamento desta equipe de projeto, nosso trabalho teria sido apenas uma mera proposta.

Agradeço também aos colegas técnicos Roberto Andrade e João Batista Duarte, pois seus conhecimentos e habilidades foram fundamentais. Este agradecimento se estende a outros colegas técnicos, dos Laboratórios de Soldagem, Usinagem e de Materiais.

E, os amigos Fabiano Zermiani, Valdir Cardoso e, mais recentemente Gerson Lindner, o meu sincero muito obrigado pela convivência sob o mesmo teto, pelos momentos de descontração, amizade e companheirismo.

Como não podia deixar de ser, sou grato também ao Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC pela oportunidade concedida, bem como ao CNPq pelo auxílio financeiro.

Enfim, a todos aqueles que, de uma maneira ou de outra contribuíram para a realização deste, o meu muito obrigado.

***“A idéia mais brilhante de nada vale
sem a ação sólida e objetiva
que a torne realidade.”
(Anônimo)***

SUMÁRIO

Sumário	vi
Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	xii
Resumo	xiii
Abstract	xiv
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	
1.1 Aspectos gerais	1
1.2. Panorama Agrícola no Estado de Santa Catarina	4
1.3. Adubação verde	5
1.4. Fontes de potência utilizadas pelos pequenos agricultores	7
1.5 Problema Proposto.....	8
CAPÍTULO II - ESTADO DA ARTE DOS EQUIPAMENTOS EXISTENTES	
2.1 Introdução	11
2.2 Rolo-facas.....	11
2.3 Rolo-discos	13
2.4 Roçadora.....	15
2.5. Trituradores de cobertura vegetal	16
2.6 Manejo químico da cobertura vegetal	21
2.7. Conclusões.....	22
CAPÍTULO III - ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DO PRODUTO	
3.1 Introdução.....	23
3.2. Descrição e caracterização dos potenciais consumidores	23
3.3. Parâmetros agronômicos.....	25
3.4. Parâmetros Mecânicos.....	27
3.5 Necessidades dos Consumidores	29
3.5.1. Os clientes e suas necessidades.....	29
3.6. Desdobramento da Função Qualidade - QFD.....	31

CAPÍTULO IV - PROJETO CONCEITUAL

4.1. Introdução	35
4.2. Desenvolvimento da estrutura de funções do produto	36
4.3. Desenvolvimento dos princípios de solução	43
4.4. Geração de concepções alternativas	44
4.5. Seleção da alternativa de concepção	46

CAPÍTULO V - PROJETO PRELIMINAR

5.1 Introdução	57
5.2 Sistema de corte e picagem	57
5.2.1 Geometria e disposição das facas oscilantes	58
5.2.2 Potência consumida pelo sistema de corte e picagem	61
5.2.3 Balanceamento do sistema de corte e picagem	68
5.3 Sistema Estrutural	70
5.3.1 Pré-protótipo do sistema estrutural	72
5.3.2 Modelo gráfico	73
5.4 Sistema de transmissão	73
5.4.1 Eixo principal	76
5.4.2 Eixo secundário	77
5.4.3 Pontas de eixo	78
5.5 Sistema de suporte e regulagem da altura de corte	79
5.6 Sistema de engate	81
5.7 Proteções	82
5.8 Cálculo do centro de gravidade e da massa total	84
5.9 Aspecto final do picador para coberturas vegetais	85

CAPÍTULO VI - PROJETO DETALHADO E CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

6.1 Introdução	86
6.2 Desenho de conj. do protótipo - Vistas gerais: Desenhos 1.00, 1.01 e 1.02	86
6.3 Desenho de conj. do sistema de corte e picagem - Desenho 2.00	86
6.4 Desenho de conj. da estrutura - Desenho 3.00	87
6.5 Desenho de conj. do sistema de transmissão - Desenho 4.00	87
6.6 Desenho de conj. do sistema de suporte e regulagem da altura de corte - Desenho 5.00 ..	88

6.7 Sistema de engate - Desenho de conjunto 6.00	89
6.8 Proteções - Desenho de conjunto 7.00.....	90
6.9 Construção do protótipo	90

CAPÍTULO VII - TESTES E AVALIAÇÕES DO PROTÓTIPO

7.1 Introdução	96
7.2 Testes preliminares.....	96
7.3 Testes de campo.....	98
1º Teste de campo.....	99
Conclusões do 1º teste de campo.....	103
2º Teste de campo.....	104
7.4 Aspectos gerais	107
7.5 Inspeção final do picador de cobertura vegetal	108

CAPÍTULO VIII - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

8.1 Introdução	110
8.2 Conclusões sobre o protótipo construído.....	110
8.3 Sugestões para trabalhos futuros	111
8.4 Conclusões gerais	114

Referências Bibliográficas.....	115
--	------------

ANEXO A - Construção da Casa da Qualidade

ANEXO B - Propriedades geométricas extraídas do modelo gráfico 3-D

ANEXO C - Desenhos do Picador de Cobertura Vegetal

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Feijão cultivado no sistema de plantio direto.....	6
Figura 2.1: Equipamento rolo-facas, tração tratorizada.....	12
Figura 2.2: Rolo-facas modificado.....	13
Figura 2.3: Equipamento rolo-discos.....	14
Figura 2.4: Rolo-discos modificado.....	14
Figura 2.5: Modelo de roçadeira para tração tratorizada.....	15
Figura 2.6: Arranjo das facas normalmente encontrado em roçadeiras.....	15
Figura 2.7: Triturador nacional de grande porte.....	16
Figura 2.8: Disposição e fixação das facas no cilindro metálico.....	17
Figura 2.9: Facas oscilantes em posição de trabalho.....	17
Figura 2.10: Acionamento lateral do triturador através de correias.....	18
Figura 2.11: Picador de restos culturais de pequeno porte.....	19
Figura 2.12: Triturador de fabricação francesa.....	20
Figura 2.13: Triturador de fabricação norte americana.....	20
Figura 2.14: Adaptação feita com pulverizadores manuais.....	21
Figura 3.4: Casa da Qualidade para o Picador de Cobertura Vegetal.....	32
Figura 4.1: Síntese da metodologia de estimativa de custos proposta.....	36
Figura 4.2: Função total do picador de cobertura vegetal.....	37
Figura 4.3: Subfunções do picador de cobertura vegetal.....	37
Figura 4.4: Primeira estrutura funcional proposta para o implemento.....	38
Figura 4.5: Segunda estrutura funcional proposta para o implemento.....	38
Figura 4.6: Matriz Morfológica para o picador de cobertura vegetal.....	44
Figura 4.7: Alternativas de concepção para o picador de cobertura vegetal.....	45
Figura 4.8: Concepção escolhida para o picador de cobertura vegetal.....	56
Figura 5.1: Alguns tipos de facas para picadores.....	58
Figura 5.2: Geometria das facas de corte.....	59
Figura 5.3: Disposição das facas de corte no tubo do rotor.....	59
Figura 5.4: Sobreposição na trajetória das facas.....	60
Figura 5.5: Detalhe da fixação das facas ao rotor.....	60
Figura 5.6: Forças atuantes no caule de uma planta em um corte por impacto.....	62
Figura 5.7: Variação do consumo de potência de um picador.....	63

Figura 5.8: Fluxo do material cortado.....	65
Figura 5.9: Elementos de corte utilizados por Bockhup e Barnes (1955).....	65
Figura 5.10: Potência necessária ao corte e picagem das coberturas vegetais.....	67
Figura 5.11: Distribuição das forças centrífugas provenientes de cada faca.....	69
Figura 5.12: Máquina balanceadora Subra-Zanrosso.....	70
Figura 5.13: Desenho inicial da estrutura.....	71
Figura 5.14: Concepção final da estrutura.....	71
Figura 5.15: Pré-protótipo para testes de manobrabilidade.....	72
Figura 5.16: Representação esquemática do sistema de transmissão.....	74
Figura 5.17: Distribuição esquemática do sistema de transmissão-vista lateral.....	74
Figura 5.18: Distribuição esquemática do sistema de transmissão-vista superior.....	75
Figura 5.19: Modelo das forças envolvidas no eixo principal.....	76
Figura 5.20: Modelo das forças envolvidas no eixo secundário.....	78
Figura 5.21: Modelo das forças envolvidas nas pontas de eixo do rotor.....	78
Figura 5.22: Sistema de suporte e regulagem da altura de corte.....	79
Figura 5.23: Posição do sistema de suporte e regulagem de altura.....	80
Figura 5.24: Regulagem de altura permissível em relação ao solo.....	81
Figura 5.25: Sistema de engate com o trator de rabiças.....	82
Figura 5.26: Conjuntos de proteções para o implemento.....	83
Figura 5.27: Posição do centro de gravidade para o picador.....	84
Figura 5.28: Aspecto final do protótipo acoplado ao trator de rabiças.....	85
Figura 6.1: Estrutura do picador com os demais elementos a ela soldados.....	91
Figura 6.2: Detalhe da fixação do suporte do esticador principal, dos mancais do eixo principal e da chapa de proteção superior fixa.....	91
Figura 6.3: Detalhe da fixação do suporte do esticador secundário e dos suportes das rodas.....	92
Figura 6.4: Detalhe do sistema de transmissão montado.....	92
Figura 6.5: Detalhe do esticador principal.....	93
Figura 6.6: Detalhe do sistema de suporte e regulagem de altura.....	93
Figura 6.7: Sistema de corte e picagem (rotor + facas de corte).....	94
Figura 6.8: Vista geral do picador de cobertura vegetal.....	95
Figura 7.1: Modificação realizada na estrutura do protótipo, após testes preliminares.....	97

Figura 7.2: Vista geral da área de testes.....	98
Figura 7.3: Espécies vegetais utilizadas nos testes.	99
Figura 7.4: Manejo da resteva de milho com a proteção frontal em posição normal.....	99
Figura 7.5: Resultado do manejo de resteva de milho com e sem a proteção frontal.....	100
Figura 7.6: Manejo da espécie mucuna.....	101
Figura 7.7: Cobertura de mucuna após o manejo.....	101
Figura 7.8: Manejo da espécie crotalária.	102
Figura 7.9: Manejo da espécie feijão guandu.....	102
Figura 7.10: Aspecto das espécies crotalária e feijão guandu antes e após o corte.	103
Figura 7.11: Modificação proposta para a chapa de proteção frontal.....	105
Figura 7.12: Proteção adicionada aos eixos do sistema de corte e picagem.....	105
Figura 7.13: Altura remanescente da espécie crotalária, manejada com a proteção frontal fechada.	106
Figura 8.1: Giro relativo entre o picador e o trator de rabiças.....	112
Figura 8.2: Sistema de transmissão com o esticador de corrente na roda dentada menor....	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Épocas críticas da erosão por estágio de desenvolvimento das lavouras.	2
Tabela 1.2: Quantidades de operações de limpeza nos três sistemas.	3
Tabela 1.3: Distribuição das fontes de potência nas propriedades pesquisadas.	7
Tabela 3.1: Características botânicas das principais espécies de adubos verdes de inverno cultivadas no estado de Santa Catarina.	26
Tabela 3.2: Características botânicas das principais espécies de adubos verdes de verão cultivadas no estado de Santa Catarina.	27
Tabela 4.1: Requisitos de Projeto e seus pesos relativos.	40
Tabela 4.2: Especificações técnicas do produto.	40
Tabela 4.3: Especificações de custos do produto.	41
Tabela 4.4: Matriz de decisão de apoio ao processo de seleção da estrutura funcional.	42
Tabela 4.5: Caracterização dos princípios de solução das concepções.	47
Tabela 4.6: Custos de aquisição de componentes e materiais.	48
Tabela 4.7: Estimativa do custo de fabricação para o sistema de acionamento.	49
Tabela 4.8: Estimativa do custo de produção do sistema de acionamento.	50
Tabela 4.9: Estimativa do custo de fabricação do sistema de transmissão.	51
Tabela 4.10: Estimativa do custo de produção do sistema de transmissão.	51
Tabela 4.11: Estimativa do custo de produção do sistema estrutural.	51
Tabela 4.12: Estimativa dos custos de fabricação dos sistemas de corte e picagem.	53
Tabela 4.13: Estimativa do custo de produção dos sistemas de corte e picagem.	53
Tabela 4.14: Estimativa do custo de produção do sistema de distribuição dos fragmentos.	53
Tabela 4.15: Estimativa do custo de produção das alternativas de concepção.	54
Tabela 4.16: Matriz de decisão para seleção da alternativa de concepção do produto.	55
Tabela 5.1: Estimativa do consumo de potência para o corte e picagem de algumas espécies de cobertura vegetal.	67
Tabela 7.1: Avaliação final do picador de cobertura vegetal.	108

RESUMO

Desenvolveu-se no presente trabalho o protótipo de um picador para coberturas vegetais, que utiliza como fonte de potência um trator de rabiças. Este protótipo se caracteriza por ser um implemento de pequeno porte e baixo custo, voltado a atender as necessidades dos pequenos produtores rurais, predominantes no Estado de Santa Catarina.

O picador de cobertura vegetal tem como *função total*: cortar, picar e espalhar a cobertura vegetal sobre o solo. Além de proteger o solo contra a erosão pluvial, a cobertura vegetal mantém sua umidade, e também lhe fornece nutrientes, colaborando para o aumento da sua produtividade. Estes são alguns dos principais objetivos dos sistemas conservacionistas de cultivo do solo (*Plantio Direto e Cultivo Mínimo*).

No desenvolvimento do referido protótipo, seguiu-se a Metodologia de Projeto proposta por Pahl e Beitz (1995). Utilizou-se ferramentas de apoio a decisão, tais como: o *QFD (Quality Function Deployment)*, a *Matriz Morfológica*, a *Análise Funcional*, e a *Avaliação Baseada em Estimativa de Custos*.

O protótipo foi construído na oficina do Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NeDIP), contando também com a colaboração dos Laboratórios de Soldagem, Usinagem e de Materiais, todos vinculados ao Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC. E, os testes de desempenho operacional foram realizados na Fazenda Experimental da Ressacada - CCA - UFSC.

Concluiu-se por fim, que os principais objetivos propostos para o trabalho foram atingidos. Obteve-se um equipamento com grande potencial para comercialização, seja do ponto de vista operacional, seja do ponto de vista econômico.

ABSTRACT

In the present work, a prototype of a vegetable cover mower, that uses a small tractor as source of power, was developed. This prototype is a small size and low cost implement, developed to satisfy the needs of the small rural farmers, predominant at the state of Santa Catarina.

The vegetable cover mower has as its *total function*: to cut, to mow and to spread the vegetable cover over the soil. Besides protecting the soil from pluvial erosion, the vegetable cover preserves its moisture, and also supply nutrients, collaborating to the increase of its productivity. Those are some of the main goals of the conservationists systems of soil cultivation (*No-Tilled Systems*).

In developing the prototype, the Pahl and Beitz (1995) proposed design methodology was followed. Decision support tools, such as *QFD*, *morphological matrix*, *function analysis* and *evaluation based in cost estimation*, were used.

The prototype was built at the workshop of the *Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NeDIP)*, with the help of the *Laboratório de Soldagem*, the *Laboratório de Usinagem* and the *Laboratório de Materiais* of the *Mechanical Engineering Department* of the *Federal University of Santa Catarina (UFSC)*. The operational performance tests were realised at the Experimental Farm of Ressacada - CCA - UFSC.

At last, it was concluded that the main goals proposed for the work were achieved. An equipment with great commercial potential was developed; operationally and economically speaking.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 ASPECTOS GERAIS

A grande maioria dos solos agrícolas mecanizados no Brasil é utilizada com culturas anuais, sendo normalmente preparados pelo sistema chamado de convencional. Tal sistema constitui-se de diversas operações de aragem do solo, seguidas de gradagens para destorroamento e nivelamento do mesmo.

Em se tratando de pequenas propriedades rurais os solos também são preparados em sua maioria, de maneira convencional, com o uso de arados de aiveca, grades de discos ou grades de dentes à tração animal ou com micro-tractor, sendo neste caso utilizada a enxada rotativa, a qual acaba provocando alterações nas propriedades físicas do solo.

Tem-se, então, que o uso do sistema de preparo convencional, o qual envolve um grande número de operações, resulta numa pulverização excessiva do solo a nível de superfície, e é sem sombra de dúvida a principal causa da degradação dos solos e dos mananciais de água. Isto porque a superfície do solo fica descoberta, condição esta favorável para que ocorra a erosão. Além do mais, o grande número de operações na preparação convencional do solo acarreta compactação excessiva, maiores gastos com combustível e mão-de-obra, e também num maior desgaste dos equipamentos utilizados.

A técnica do Plantio Direto, que consiste basicamente em dispensar as operações convencionais de preparação do solo, como aração e gradagens, a semeadura é realizada diretamente sobre os restos da cultura anterior ou em coberturas vegetais especificamente formadas para este fim. Outra técnica de plantio não menos importante, é o Cultivo Mínimo. Em tal técnica, as operações de preparo do solo limitam-se a uma pequena porção de área, sendo que somente nas “linhas” onde são depositadas as sementes ou mudas é que o solo é revolvido. O Cultivo Mínimo pode se caracterizar também pelo preparo de toda a área de plantio, mas com a manutenção de pelo menos 30% de resíduos vegetais na superfície do solo.

As principais vantagens advindas destas técnicas (Plantio Direto e Cultivo Mínimo) são listadas na sequência:

⇒ Consegue-se uma grande redução da erosão: os restos da cultura anterior e/ou a desenvolvida com o propósito de formar uma cobertura vegetal, atuam de forma a diminuir o impacto das chuvas contra o solo e na contenção de enxurradas, aumentando a infiltração das águas. A Tabela 1.1 traz um comparativo relativo às perdas de solo causadas pela ação da erosão.

Tabela 1.1: Épocas críticas da erosão por estágio de desenvolvimento das lavouras.

		PERDAS DE SOLO EM LATOSSOLO ROXO - QUILOS / HECTARE				
		Estágios da Cultura (d - dias)				Total de perdas
		0 a 30 d.	30 a 60 d.	60 a 90 d.	90 d. até colheita	
1. Algodão	Prep. Convencional	9.252	1.303	2.088	353	12.955
2. Soja	Prep. Convencional	6.738	39	7	641	7.425
3. Trigo	Prep. Convencional	2.216	1.755	6	691	4.668
4. Trigo	Plantio Direto	970	1.334	189	467	3.260
5. Soja	Plantio Direto	970	587	0	530	2.099

Fonte: IAPAR, (1981).

- ⇒ economia de energia (combustível), pois não há preparo prévio do solo;
- ⇒ conservação da umidade do solo, devido ao fato da cobertura vegetal existente proteger o solo da ação direta dos raios solares;
- ⇒ taxa de germinação: observa-se melhores índices de germinação, comparado ao plantio convencional, devido à melhor conservação da umidade do solo;
- ⇒ redução do tempo entre o cultivo de uma safra e outra, devido ao fato de não haver ações de preparo do solo.
- ⇒ aumento da vida útil das máquinas, devido à sua menor utilização;
- ⇒ aumento de vida no solo, principalmente de minhocas;
- ⇒ menor quantidade de operações de limpeza, em comparação ao Sistema de Plantio Convencional. A Tabela 1.2 ilustra esta afirmação.

E como desvantagens, pode-se citar:

- ⇒ uma maior quantidade de defensivos agrícolas faz-se necessária no combate às ervas daninhas, ocasionando uma maior poluição do ambiente (solo, mananciais de água, ar, entre outros), bem como prejudicando a fauna existente;

Tabela 1.2: Quantidades de operações de limpeza nos três sistemas.

	NUMERO DE OPERAÇÕES (MÉDIA)		
	Sistema Convencional	Cultivo Mínimo	Plantio Direto
cebola	2 a 3	2	1 a 2
feijão	1 a 2	1 a 2	1
milho	1 a 3	1 a 2	1
mandioca	2 a 3	2	0

Fonte: Weiss e Santos, (1996).

- ⇒ também devido ao maior uso destes defensivos, os riscos com intoxicações das pessoas aumenta seriamente;
- ⇒ devido à maior umidade do solo, o ciclo vegetativo de certas espécies cultivadas pode se prolongar, resultando em atrasos de até 30 dias na colheita;
- ⇒ por se tratar de um sistema um tanto quanto complexo, exige um maior gerenciamento por parte dos agricultores;
- ⇒ os equipamentos destinados aos sistemas de Plantio Direto e Cultivo Mínimo possuem um custo relativamente maior em relação aos equipamentos de Plantio Convencional.

A história destas técnicas de semeadura direta no Brasil é relativamente recente. As primeiras pesquisas datam do início da década de 70, realizadas no estado do Paraná pelo extinto Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária Meridional do Ministério da Agricultura - IPEAME / MA., nas cidades de Londrina e Ponta Grossa.

Nos anos que se seguiram, outras experiências práticas com estas técnicas de semeadura direta, mais especificamente com o Plantio Direto, tiveram o seu lugar: em 1973, no Rio Grande do Sul, e em 1976 no estado de São Paulo.

Apesar da rápida expansão do Sistema de Plantio Direto nos primeiros anos da década de 70, a falta de máquinas apropriadas, as dificuldades para controle eficiente das plantas daninhas e as dúvidas existentes acerca da nova tecnologia fizeram com que a área de cultivo em Plantio Direto se estabilizasse por volta de 1977 / 78, havendo um reinício de expansão a partir de 1979 quando novos incentivos e conhecimentos foram incorporados, Muzilli (1985).

A partir de 1980, com a entrada no mercado de herbicidas mais eficientes no controle das ervas daninhas, a área plantada vem aumentando rapidamente. Estimativas divulgadas no editorial do Jornal de Plantio Direto, edição de novembro / dezembro de 1995,

dão conta que foram plantados 6 milhões de hectares em 1995, com expectativas de se alcançar 9 milhões de hectares em 1996, Weiss e Santos (1996).

Em se tratando agora dos equipamentos agrícolas disponíveis no mercado, a maior utilização das técnicas do Plantio Direto e do Cultivo Mínimo como forma de promover o cultivo do solo de maneira sustentada exigiu que adaptações ocorressem em tais equipamentos. Tais mudanças se mostraram bastante satisfatórias no caso de grandes implementos, onde se dispunha de grande potência de tração. No entanto, para pequenos implementos que utilizam baixa potência, normalmente fornecida por tratores de rabiças e tração animal, as modificações não se mostraram satisfatórias.

Assim, pode-se afirmar que as máquinas e implementos agrícolas existentes no mercado nacional, para os Sistemas de Plantio Direto e Cultivo Mínimo, destinadas aos pequenos produtores, na maioria das vezes não apresentam desempenho satisfatório, além de terem um custo de aquisição por vezes elevado.

Desta forma, surgiu a necessidade do desenvolvimento de novos equipamentos adequados à realidade dos pequenos produtores, tanto em termos de adaptação das pequenas fontes de potência disponíveis, bem como os baixos custos que deveriam ter tais equipamentos.

1.2. PANORAMA AGRÍCOLA NO ESTADO DE SANTA CATARINA

De acordo com Da Costa (1993), o estado de Santa Catarina ocupa o quinto lugar na produção de alimentos do Brasil, representando apenas 1,13% do território nacional. Esta posição de destaque é conseguida através da utilização intensiva dos recursos naturais. Entre as características da exploração agrícola destaca-se o relevo acidentado (40% da área estadual possui declividade superior à recomendada para culturas anuais) e o regime fundiário composto predominantemente por pequenos estabelecimentos rurais (mais de 90% dos estabelecimentos rurais de Santa Catarina tem área inferior a 50 hectares), fazendo com que o agricultor tenha que cultivar todo o imóvel, sem muitas vezes respeitar a aptidão agrícola das diferentes glebas. Estas 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.

A maioria dos solos cultivados em Santa Catarina, além de não possuírem elevada fertilidade natural, situam-se, conforme já citado, em relevo ondulado a forte-ondulado. O uso

intensivo do solo com preparo inadequado e ausências de práticas conservacionistas tem resultado em um processo de diminuição do teor de matéria orgânica, degradação das características físicas, químicas e biológicas, acelerando a erosão e a queda da produtividade agrícola.

Com o objetivo de controlar e corrigir estes problemas, a adubação verde vem sendo adotada como uma técnica bastante antiga. Esta, inserida em sistemas de rotação de culturas pode promover a cobertura e proteção do solo, diminuição da infestação de ervas daninhas, fixação biológica de nitrogênio no solo e reciclagem de vários nutrientes, além de controlar a erosão e contribuir para a estabilização do sistema produtivo.

Recentemente, de acordo com Santa Catarina (1994), com a generalização dos problemas de degradação do solo nas principais regiões produtoras, a adubação verde passou a ser difundida como alternativa para recuperação das características inerentes ao solo. Em muitas regiões a adubação verde que era utilizada principalmente com a finalidade de incorporação ao solo passou a ser deixada na superfície, como cobertura morta, apresentando excelente eficiência no controle da erosão.

A seguir, são apresentadas mais algumas características da adubação verde, suas principais vantagens e funções, e também os tipos de plantas mais utilizadas no Estado de Santa Catarina.

1.3. ADUBAÇÃO VERDE

Entende-se por adubação verde a incorporação ao solo de plantas não maduras, especialmente plantadas para melhorar a produtividade do mesmo, podendo ser enterradas ou deixadas na superfície, Derpsch e outros (1984).

Quando a adubação verde é plantada para cobrir o solo e protegê-lo da erosão, também é chamada de cobertura verde. Uma das funções principais desta adubação ou cobertura é sintetizar nutrientes no solo, como é o caso das leguminosas que sintetizam nitrogênio em nódulos nas raízes, o que acarreta em economia de adubo. Além disso, após o período vegetativo desta cultura, ela é incorporada ao solo ou pode ser cortada e espalhada uniformemente sobre o mesmo, sendo decomposta pela ação de microorganismos, fornecendo assim outros nutrientes ao solo. Desta forma, tem-se que o objetivo principal da adubação verde não é a eliminação do adubo mineral, mas sim a sua substituição parcial.

Pode-se citar outras funções da cobertura vegetal, não menos importantes:

- ⇒ proteger o solo do impacto das gotas de chuva, evitando a sua desagregação e transporte pela erosão;
- ⇒ aumentar a infiltração das águas das chuvas no solo, através do sistema radicular das espécies vegetais;
- ⇒ aumentar a capacidade de retenção de umidade do solo;
- ⇒ produção de matéria orgânica, tanto pela parte aérea como pelas raízes, para ser aproveitada;
- ⇒ soltar camadas compactadas e fazer o chamado preparo biológico do solo;
- ⇒ diminuir a temperatura do solo, mantendo-a estável e favorecendo a vida de pequenos seres vivos;
- ⇒ aumentar o rendimento das culturas posteriores pelo efeito residual da adubação verde, que melhora a fertilidade e a capacidade produtiva do solo;
- ⇒ evitar o crescimento de plantas daninhas, abafando-as;
- ⇒ alguns adubos verdes podem ser utilizados na alimentação animal (aveia, ervilhaca e guandu) e também na alimentação humana (tremoço e guandu).

Como exemplo ilustrativo, a Figura 1.1 mostra o plantio direto de feijão com cobertura morta de aveia preta.



Figura 1.1: Feijão cultivado no sistema de plantio direto. Derpsch, 1984.

Dentre as espécies mais utilizadas pelos produtores catarinenses, citam-se: aveia (vários tipos), nabo forrageiro, ervilhaca (vários tipos), tremoço (vários tipos), mucunas, crotalárias, feijão de porco, gorga, entre outras.

Em sendo assim, a adubação verde pode ser considerada como uma excelente alternativa para o controle da erosão, a julgar pelas condições intensas de utilização dos recursos naturais disponíveis nas propriedades agrícolas, bem como o baixo custo, a simplicidade de utilização e a eficiência que apresenta.

Apesar de todas as vantagens, a efetiva expansão da adubação verde no estado de Santa Catarina está condicionada, entre outros fatores, a um esforço de introdução e adaptação desta prática aos sistemas de produção dos agricultores, sendo que tal esforço condiciona o desenvolvimento de equipamentos agrícolas aptos a realizar o manejo desta adubação verde, de maneira racional e econômica.

1.4. FONTES DE POTÊNCIA UTILIZADAS PELOS PEQUENOS AGRICULTORES

As principais fontes de potência normalmente utilizadas pelos pequenos agricultores catarinenses resumem-se a tratores de rabiças (bastante comuns) e a animais (bovinos e eqüinos). Já tratores de médio e grande porte são encontrados em número reduzido, principalmente em virtude das características de área das propriedades deste estado.

Para se ter uma noção do grau de utilização destes equipamentos, pode-se citar o levantamento efetuado por Weiss e Santos (1996), o qual foi realizado na bacia hidrográfica do Tijucas / Da Madre (municípios de Águas Mornas, Angelina, Alfredo Wagner, Canelinha, Leoberto Leal, Major Gercino, Nova Trento, Santo Amaro da Imperatriz e São João Batista), localizada na região leste do Estado de Santa Catarina, na qual foram constatados os seguintes valores percentuais com relação à distribuição das fontes de potência:

Tabela 1.3: Distribuição das fontes de potência nas propriedades pesquisadas.

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

Fonte: Weiss e Santos, (1996).

Além das características de área das propriedades, há ainda o fator financeiro, haja vista que um trator de médio ou grande porte possui um custo inviável para a maioria dos pequenos e médios produtores.

Com relação à adequabilidade dos tratores de rabiças e as condições em que são usados, evidenciam-se alguns aspectos negativos que estes equipamentos apresentam, tais como: custo inicial relativamente elevado, precariedade de manutenção, tanto preventiva como corretiva, problemas de ergonomia e segurança em operação, entre outros.

Apesar do fato destes equipamentos apresentarem deficiências em suas características técnicas e operacionais, ainda assim constituem-se da opção mais viável em máquinas para esta faixa de potência requerida pelos pequenos produtores.

Desta forma, o desenvolvimento de equipamentos agrícolas aptos a realizar as tarefas concernentes ao cultivo de maneira geral em pequenas propriedades (manejo da cobertura vegetal, semeadura e adubação, transporte em geral, tratamentos culturais, entre outras), fica restrito à disponibilidade de pequenas fontes de potência, sejam estas mecânicas ou não.

1.5. PROBLEMA PROPOSTO

O Laboratório de Projeto, atual NeDIP - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos, pertencente ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, vem desde o início da década de 80 atuando em pesquisa, ensino e extensão na área de projeto de máquinas e equipamentos, com ênfase no desenvolvimento de protótipos de máquinas e implementos agrícolas voltados a pequenos e médios produtores.

Desta forma, e tendo em vista a importância das técnicas conservacionistas de manejo do solo, apresenta-se como objetivo deste trabalho o desenvolvimento de um equipamento de pequeno porte e baixo custo para realizar o manejo da cobertura vegetal em Sistemas de Plantio Direto e de Cultivo Mínimo, com o qual procurar-se-á reduzir a mão-de-obra, o tempo gasto e o esforço despendido em uma operação relativamente simples, mas de fundamental importância para o sucesso dos sistemas de cultivo conservacionistas.

No que tange às pequenas propriedades, a inexistência de um triturador de restos culturais é uma lacuna em termos de implemento alternativo, visto que os equipamentos disponíveis aos pequenos produtores (rolo-facas e rolo-discos, mais comumente encontrados) não apresentam boa eficácia em determinadas situações, tais como presença de pedras, solos arenosos e restos culturais ou vegetações de difícil corte.

Certamente, tal equipamento ajudará a viabilizar uma maior adoção dos Sistemas de Plantio Direto e de Cultivo Mínimo, pelo fato de serem poucos os equipamentos disponíveis no mercado aptos a realizar o manejo da cobertura vegetal a um custo acessível para pequenos agricultores. Desta forma, sendo possível então realizar tal manejo de uma forma correta e simples, as técnicas de plantio supracitadas tornar-se-ão mais difundidas.

Assim, com o intuito de alcançar tais objetivos, conta-se com o auxílio da metodologia de projeto segundo Pahl e Beitz (1995), e de ferramentas tais como o QFD (Quality Function Deployment), Estruturação Funcional, e Estimativas de Custos, as quais indicam os passos corretos para se chegar ao produto desejado.

Embora a idéia de desenvolvimento deste equipamento tenha surgido de uma necessidade detectada através da pesquisa realizada por Weiss e Santos (1996), entre produtores catarinenses, certamente o presente desenvolvimento proposto beneficiará outras regiões agrícolas, justificando plenamente investir em seu projeto.

Em linhas gerais, o equipamento em questão deverá satisfazer a determinados requisitos, tais como:

- ⇒ ter baixo custo;
- ⇒ ser de pequeno porte;
- ⇒ ser acionado por trator de rabiça;
- ⇒ efetuar o corte, a picagem e o acamamento da cobertura vegetal de maneira uniforme e com eficácia;
- ⇒ ser de fácil operação;
- ⇒ ser de fácil e barata manutenção.

E, com relação à estruturação deste trabalho, este está subdividido da maneira como segue.

No Capítulo II, é apresentada uma coletânea de diferentes equipamentos destinados ao manejo da cobertura vegetal, equipamentos estes existentes no Brasil e no exterior. Este levantamento foi realizado tendo por base periódicos nacionais e internacionais, livros, relatórios de pesquisa, catálogos de indústrias, entre outros.

O Capítulo III analisa os principais parâmetros que influenciam o desempenho de equipamentos de manejo de cobertura vegetal, com vistas a uma definição mais detalhada dos parâmetros e requisitos de projeto.

O Capítulo IV traz o desenvolvimento do Projeto Conceitual, no qual são geradas e analisadas, com o auxílio de ferramentas de projeto, várias alternativas de solução para o problema apresentado.

O Capítulo V apresenta, a partir da solução conceitual escolhida no capítulo anterior, um maior detalhamento do protótipo. Nesta etapa do processo de projeto, à solução conceitual são agregadas maiores informações, tais como dimensões preliminares e definição dos diversos subsistemas componentes do protótipo.

No capítulo seguinte, o Projeto Detalhado e Construção do Protótipo, o implemento em desenvolvimento ganha formas finais, sendo então detalhados todos os seus subsistemas. Ademais, são confeccionados todos os documentos necessários à construção, tais como desenhos e listas de materiais. Em seguida, faz-se a descrição das principais etapas da construção do protótipo.

Em seguida, partiu-se para a etapa de testes e avaliações, descrita no Capítulo VII. Neste, as especificações de projeto oriundas da Casa da Qualidade são inspecionadas, como forma de avaliação final da máquina. E, no último capítulo, são apresentadas as conclusões e recomendações do trabalho, bem como sugestões para testes futuros.

ESTADO DA ARTE DOS EQUIPAMENTOS EXISTENTES

2.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentadas e analisadas as principais concepções de equipamentos para o manejo da cobertura vegetal encontradas na literatura, em catálogos de fabricantes, relatórios de pesquisa, entre outros. Para cada concepção apresentada, será realizada uma análise detalhada do seu princípio de funcionamento, bem como dos principais elementos constituintes. Será considerada também a viabilidade técnica e econômica para cada equipamento. As informações aqui apresentadas servirão de base para a determinação dos parâmetros de projeto, objetivando a construção de um protótipo e, evidentemente, a escolha da concepção mais adequada.

Basicamente, o que se deseja de um equipamento deste tipo é o corte, a picagem e a distribuição do material picado sobre a superfície do solo, formando assim uma camada uniforme de resíduos vegetais, requisito fundamental para os sistemas de preparo reduzido do solo.

No que tange aos pequenos produtores agrícolas, as opções de máquinas para realizar o manejo da cobertura vegetal são bastante reduzidas. Como exemplos, pode-se citar o rolo-facas e o rolo-discos. Estes equipamentos possuem alguns pontos fracos, tais como o corte ineficiente da cobertura em determinadas situações (terrenos com pedras) e a pouca eficiência no acamamento da mesma, no caso do rolo-discos.

Na seqüência listam-se os principais equipamentos disponíveis no mercado destinados ao manejo da cobertura vegetal, onde para cada um destes serão tecidos alguns comentários.

2.2 ROLO-FACAS

O rolo-facas constitui-se basicamente de um ou mais rolos, de madeira ou metal, com comprimento variável de 1 a 4 metros, com a fixação, na parte externa dos rolos, de

lâminas que, pela ação de impacto cortam ou maceram a cobertura vegetal, provocando a sua morte. A Figura 2.1 ilustra um tipo de rolo-facas de grande porte com tração tratorizada.



Figura 2.1: Equipamento rolo-facas, tração tratorizada. (Fonte: Catálogo Imasa)

Dependendo do seu porte, o rolo-facas pode ser tracionado por tratores ou animais, residindo aí sua grande vantagem de uso em pequenas propriedades rurais.

A eficiência de corte do rolo-facas depende de vários fatores, entre os quais pode-se citar:

- ⇒ tipo, condição e quantidade da cobertura vegetal;
- ⇒ peso do equipamento;
- ⇒ condição de afiamento das facas;
- ⇒ resistência do solo em função do seu tipo, solos argilosos oferecem maior resistência à penetração das facas, facilitando o corte da vegetação;
- ⇒ presença ou não de obstáculos (pedras, cascalho e tocos).

De uma maneira geral, pode-se dizer que o rolo-facas possui um bom desempenho operacional, porém apresenta algumas deficiências com relação ao corte e picagem de certos tipos de cobertura vegetal, principalmente em solos arenosos, onde a pouca resistência do mesmo dificulta o corte adequado da vegetação. E, com relação à vida útil do mesmo, constata-se o problema do rápido desgaste das facas de corte do implemento.

Visando suprir os pontos falhos supracitados, o rolo-facas foi reprojetoado com o intuito de melhorar o seu desempenho no manejo da cobertura vegetal. O trabalho foi desenvolvido no NeDIP, como objeto da dissertação de mestrado de Santos (1997), sendo que as principais modificações apresentadas dizem respeito ao tipo, posicionamento e afiação das facas, bem como à estrutura do equipamento.

A Figura 2.2 mostra o implemento na nova versão, na qual pode-se visualizar as modificações implementadas.

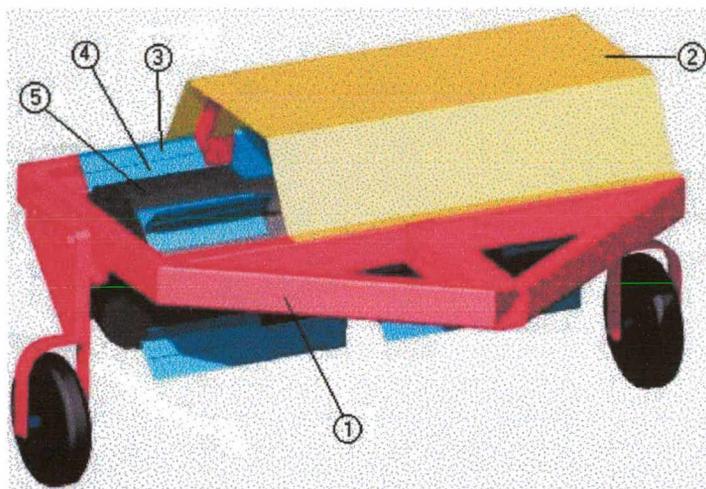


Figura 2.2: Rolo-facas modificado. Santos (1997)

As facas de corte (3) foram seccionadas, e desta forma, afixadas sobre o cilindro metálico (5) através de “canaletas” (4), segundo uma disposição helicoidal. Tais facas foram submetidas a tratamento térmico, visando aumentar sua resistência ao desgaste. E, a estrutura (1) do implemento é composta por perfis de aço ABNT 1020, com formato em “U”. Também, foi acrescida uma proteção em forma de capô (2), visando aumentar a segurança do operador.

2.3 ROLO-DISCOS

Assim como o rolo-facas, este implemento destina-se ao manejo da cobertura na superfície do solo. Constitui-se basicamente por uma série de discos de bordas afiadas perfilados lado a lado, sendo que tais discos não possuem concavidade. Tal equipamento pode ser visualizado na Figura 2.3.

No que diz respeito à funcionalidade do equipamento, devido ao seu baixo peso e a falta de um sistema auxiliar de acamamento da vegetação, este não possui um bom desempenho na realização da tarefa de corte da cobertura. O acamamento apresenta muitas falhas, e também o corte da massa verde é mínimo.

Em algumas áreas onde é possível fazer a passagem cruzando os sentidos do terreno, e também quando do manejo de coberturas compostas de vegetação rasteira (mucuna e ervilhaca, por exemplo), o rolo-disco apresenta um desempenho melhor.



Figura 2.3: Equipamento rolo-discos. Weiss e Santos, (1996).

Tal como o rolo-facas, o rolo-discos também foi reprojeto visando melhorar seu desempenho operacional, sendo este trabalho também desenvolvido por Santos (1997). A Figura 2.4 mostra o rolo-discos em sua nova concepção.

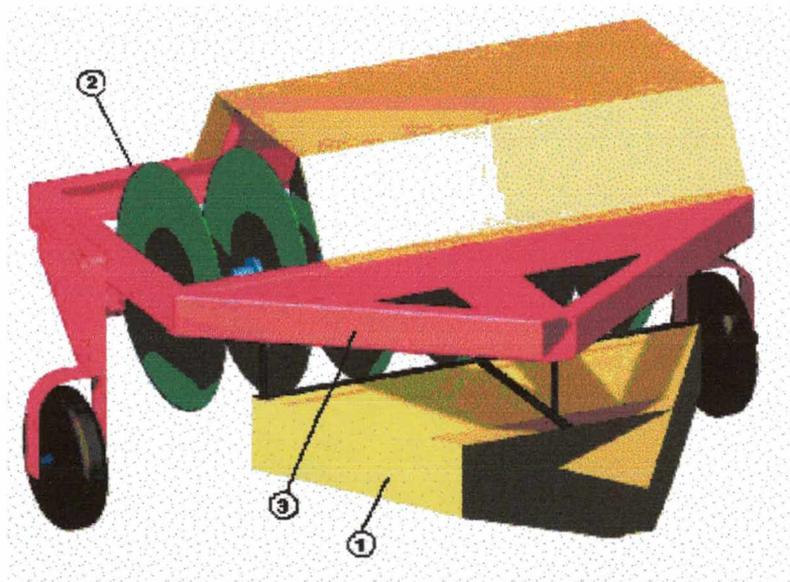


Figura 2.4: Rolo-discos modificado. Santos (1997)

O reprojeto de tal equipamento apresenta como principais modificações a colocação de um sistema auxiliar (1) para promover o acamamento da cobertura vegetal, facilitando o corte desta pelos discos (2), e a padronização das dimensões da estrutura (3), visando o seu uso tanto com o rolo-discos quanto com o rolo-facas.

2.4 ROÇADORA

É um implemento utilizado de uma forma geral nos serviços de limpeza de áreas com vegetação tipo capoeiras e na roçada de limpeza em áreas com pastagens naturais e ou cultivadas. A Figura 2.5 apresenta um tipo de roçadeira para tração tratorizada.



Figura 2.5: Modelo de roçadeira para tração tratorizada. (Fonte: Catálogo Jan).

Este implemento é constituído por facas fixas ou móveis articuladas, movimentadas pela tomada de potência do trator. Na Figura 2.6 pode-se visualizar um tipo de arranjo das facas bastante comum. Basicamente são duas hastes diametralmente opostas (1), em cujas extremidades são afixadas lâminas de corte. Este conjunto opera em faixas de rotação relativamente altas, entre 700 e 1000 rpm. E, a estrutura deste (2) é composta por chapas de aço dobradas e soldadas.

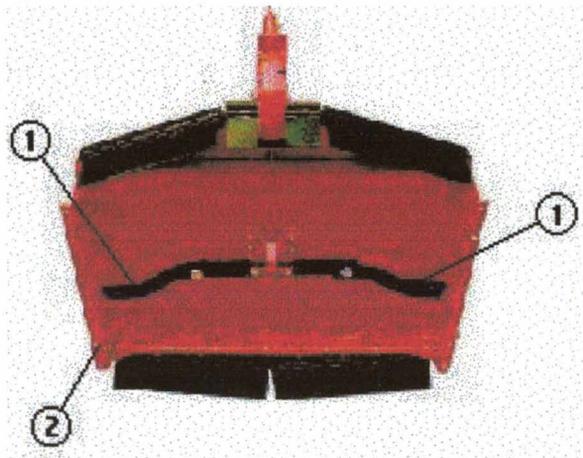


Figura 2.6: Arranjo das facas normalmente encontrado em roçadoras. (Fonte: Catálogo Jan).

No manejo da cobertura vegetal, tem sido utilizada com pouco sucesso. O maior problema do uso da roçadora está na má distribuição dos resíduos cortados, além de algum problema de embuchamento com os resíduos vegetais na parte frontal do implemento.

Para o pequeno agricultor, existem modelos de roçadoras que podem ser acoplados a tratores de rabiças. No entanto, tais implementos são normalmente utilizados para roçagem de limpeza em pastagens, conforme já citado, limpeza de pomares, plantações de café, entre outras.

E também, com relação à segurança, este equipamento apresenta certa preocupação para o operador, devido ao arremesso de pedras e tocos quando em operação em virtude do impacto destes objetos com as lâminas de corte.

2.5. TRITURADORES DE COBERTURA VEGETAL

Estes trituradores, também conhecidos por picadores de cobertura vegetal, constituem-se de uma alternativa para o manejo da cobertura vegetal quando se necessita de fragmentos de menor tamanho e uniformemente distribuídos na superfície do solo. Tais equipamentos foram desenvolvidos para tratores de médio e grande porte, e têm sido usados com sucesso no manejo de coberturas vegetais, principalmente quando se necessita de uma decomposição mais rápida de certos tipos de resíduos vegetais, tais como milho e cana-de-açúcar. A Figura 2.7 mostra um modelo de triturador de grande porte de fabricação nacional.



Figura 2.7: Triturador nacional de grande porte. (Fonte: Catálogo Baldan).

Basicamente, estes equipamentos são constituídos por um cilindro metálico, no qual são afixadas navalhas ou facas, as quais são articuladas e oscilantes. A Figura 2.8 mostra a disposição e a fixação das facas no cilindro metálico.

Este conjunto (cilindro + facas), normalmente chamado de rotor, trabalha em rotações relativamente altas, da ordem de 1700 rpm. Assim, pela ação da força centrífuga, as facas oscilantes assumem a posição de trabalho, descrevendo uma circunferência conforme mostrado na Figura 2.9. Normalmente, o rotor gira no sentido contrário ao deslocamento da máquina.

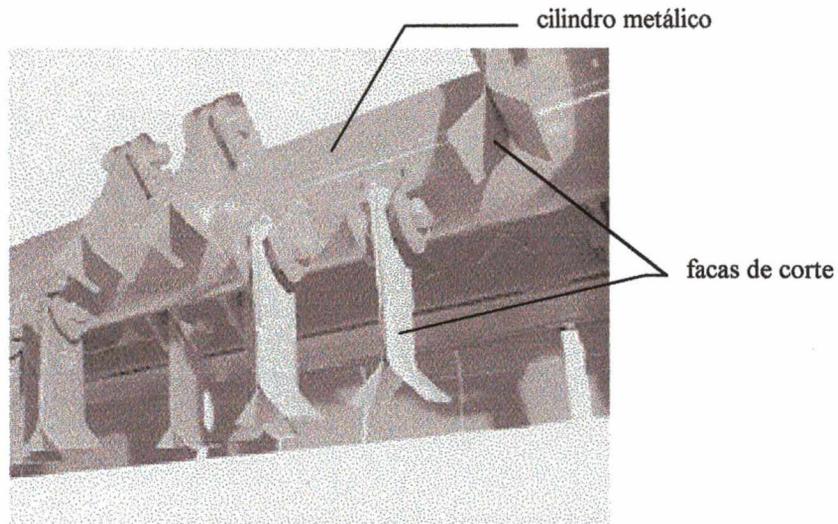


Figura 2.8: Disposição e fixação das facas no cilindro metálico. (Fonte: Catálogo Baldan).

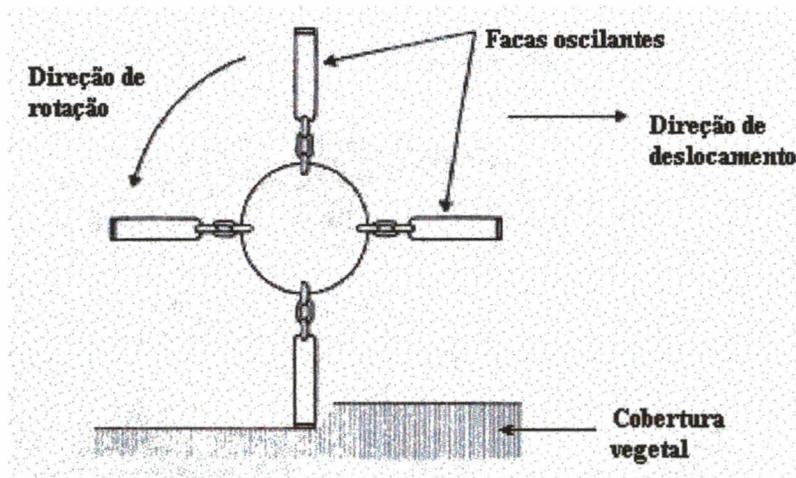


Figura 2.9: Facas oscilantes em posição de trabalho.

Quanto ao acionamento do implemento, este é feito pela tomada de potência do trator através de um eixo cardan e de correias laterais, de acordo com a Figura 2.10. Alguns modelos apresentam correntes no lugar das correias.

A potência necessária para o acionamento destes trituradores é bastante alta, normalmente acima de 60 CV (de acordo com catálogos técnicos de fabricantes deste tipo de produto), o que torna inviável seu uso para produtores rurais que dispõem apenas de pequenas fontes de potência (tratores de rabiça).

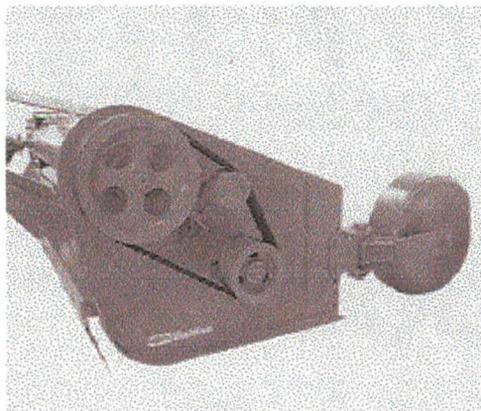


Figura 2.10: Acionamento lateral do triturador através de correias. (Fonte: Catálogo Baldan).

No que diz respeito às pequenas propriedades, o picador constitui-se em uma lacuna em termos de implemento alternativo, haja vista as pequenas fontes de potência disponíveis em tais propriedades. Além disso, os modelos nacionais de grande porte possuem um custo relativamente alto, o que também restringe seu uso em pequenas propriedades.

Tendo em vista o exposto acima, pode-se dizer que este tipo de equipamento tem boas perspectivas de uso no manejo de coberturas vegetais, principalmente em situações de solos arenosos, onde o rolo-facas ou o rolo-discos não cortam adequadamente a cobertura, devido a pouca resistência do solo. Também encontram uso em situações em que se deseja uma decomposição mais rápida da cobertura vegetal, e também com o intuito de facilitar o trabalho das semeadoras-adubadoras para plantio direto de tração animal. Estas, por terem peso reduzido, tem dificuldades de desempenho na presença de restos vegetais de maiores dimensões, os quais provocam embuchamento e semeadura não uniforme.

Foram identificados também outros modelos de trituradores, de procedência estrangeira, bastante similares aos trituradores nacionais. Tais máquinas não estão disponíveis para comercialização no mercado nacional, portanto necessitariam de importação. O modo de ação destas é bastante similar ao descrito anteriormente para os modelos nacionais.

Uma destas máquinas, de fabricação japonesa, mostra-se bastante adequada ao trabalho em pequenas propriedades, devido principalmente ao seu pequeno porte. Tal equipamento pode ser visualizado na Figura 2.11.

Além do seu tamanho reduzido, este equipamento apresenta ainda facas de corte (1) em forma de “Y”, as quais são afixadas em um rotor que gira em rotação elevada, efetuando assim o manejo da vegetação. Também, a facilidade de manejo é boa, em virtude do seu peso reduzido e da presença das rodas de apoio frontais (2). Estas mesmas rodas efetuam também a regulagem da altura de corte. E, tal equipamento possui como fonte de potência um pequeno trator de rabiças (3).

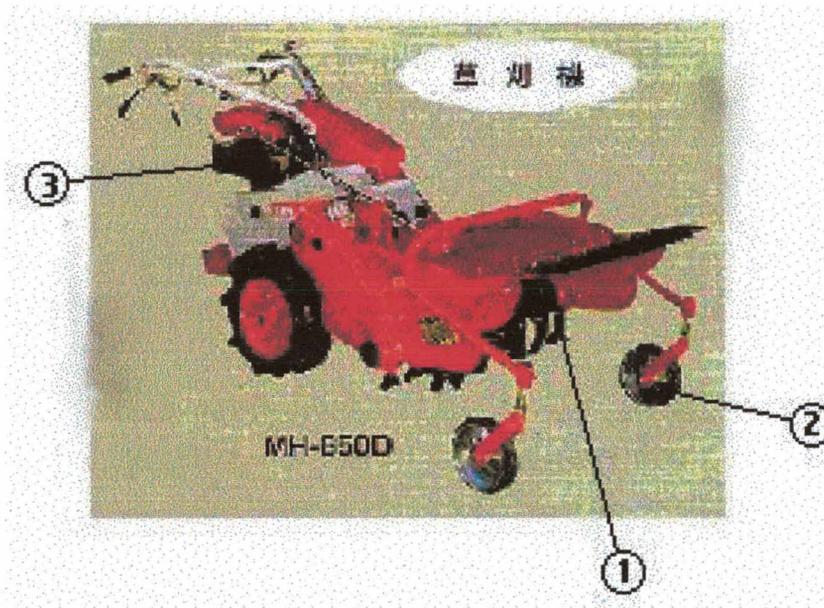


Figura 2.11: Picador de restos culturais de pequeno porte.

(Fonte: Catálogo Mametora Agric. Machinery).

Porém, como trata-se de um equipamento que precisa ser importado, seu custo torna-se elevado, além das dificuldades burocráticas impostas por um processo desta natureza. Isto torna tal equipamento inacessível para a grande maioria dos pequenos agricultores do estado.

Outro tipo, de fabricação francesa, é mostrado na Figura 2.12. Este equipamento, bastante similar aos equipamentos nacionais, inclusive quanto ao princípio de funcionamento, necessita ser acoplado a um trator de médio a grande porte, sendo desta forma inviável ao pequeno agricultor. É portanto, um equipamento voltado para médios e grandes agricultores. Além disso, seu custo de aquisição é bastante elevado.

Um terceiro modelo de triturador, de procedência norte-americana, é apresentado na Figura 2.13. Seu princípio de funcionamento é idêntico aos outros trituradores mostrados anteriormente. Mais uma vez, seu custo e porte são fatores limitantes.



Figura 2.12: Triturador de fabricação francesa. (Fonte: Catálogo Kuhn).

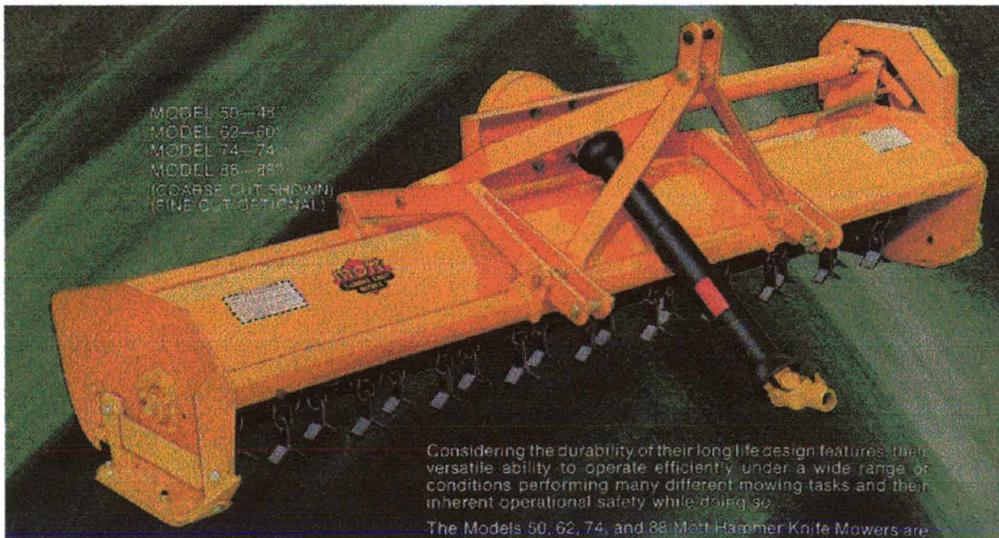


Figura 2.13: Triturador de fabricação norte americana. (Fonte: Catálogo Mott Corporation).

2.6 MANEJO QUÍMICO DA COBERTURA VEGETAL

Uma forma bastante usual de manejo da cobertura vegetal é o dessecamento com herbicidas, no qual utiliza-se os pulverizadores costais manuais e adaptações para tração animal. Estes pulverizadores são constituídos basicamente de um pequeno depósito para o herbicida líquido e uma bomba de pistão acionada manualmente. A Figura 2.14 mostra uma adaptação de pulverizadores costais para tração animal.



Figura 2.14: Adaptação feita com pulverizadores manuais. Santos (1997).

Apesar desta prática de manejo da cobertura vegetal ser bastante difundida, seu uso é muito contestado, principalmente por ocorrerem problemas de intoxicação do operador, bem como devido aos danos causados à fauna nativa e ao meio ambiente. Além destes problemas, há ainda o destino das embalagens. Estas, não podem ser queimadas nem usadas para outros fins, e são normalmente feitas com materiais que apresentam longa durabilidade no ambiente.

Assim, com o intuito de tentar solucionar estes problemas, deve-se buscar alternativas ao uso destes produtos, controlando e até mesmo reduzindo sua utilização.

2.7. CONCLUSÕES

Percebe-se que existem poucas opções de escolha em equipamentos para o manejo da cobertura vegetal a nível de Brasil. Algumas alternativas apresentam grande simplicidade técnica e são de baixo custo, outras mostram-se complexas tecnicamente e de custo mais elevado.

Voltando-se agora para a realidade dos pequenos produtores do Estado de Santa Catarina, as possibilidades de escolha de um equipamento deste tipo tornam-se muito restritas, pois as opções são ainda menores e na maioria das vezes ineficientes. Neste contexto, basicamente tem-se o rolo-facas, o rolo-discos e o manejo químico.

Referindo-se ao rolo-facas, conclui-se que se trata de uma boa opção de equipamento para manejo da cobertura vegetal em pequenas propriedades, pois este alia simplicidade técnica e baixo custo. Evidentemente, apresenta pontos falhos quanto à sua utilização, principalmente em solos com obstáculos, e solos de pouca resistência à penetração das facas (solos arenosos, por exemplo).

Quanto ao rolo-discos, este apresenta um desempenho operacional satisfatório apenas em vegetações rasteiras, tais como a mucuna e a ervilhaca. Em outras espécies, tais como a crotalaria e a resteva de milho, este equipamento não possui um bom desempenho.

E, com relação ao manejo da cobertura vegetal com produtos químicos (herbicidas dessecantes), estes devem ser minimizados e até eliminados, em virtude dos grandes danos causados ao meio ambiente e ao homem.

Tendo em visto o exposto, conclui-se que há a necessidade do desenvolvimento de um implemento que realize a operação de manejo da cobertura vegetal, adequado e adaptado à realidade das pequenas propriedades rurais de Santa Catarina. Ademais, o projeto de um implemento que faça o corte e fragmentação da vegetação em dimensões adequadas, facilitando o posterior trabalho de outros implementos (semeadora-adubadora, por exemplo), distribua o material uniformemente sobre o solo, e que além disso possua um baixo custo de aquisição e de manutenção, favorecerá um aumento na produtividade dos pequenos agricultores, e principalmente contribuirá para uma maior adoção das técnicas do Cultivo Mínimo e Plantio Direto.

ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DO PRODUTO

3.1. INTRODUÇÃO

Dando continuidade ao processo de projeto do produto, o presente capítulo traz o levantamento dos aspectos e influências dos diversos parâmetros dimensionais e operacionais relativos ao desenvolvimento do picador para coberturas vegetais.

Este estudo faz-se necessário antes do início da fase de concepção, pois permitirá um melhor entendimento do problema de projeto, bem como do esclarecimento da tarefa, base para o projeto da máquina.

Inicialmente são caracterizados os consumidores em potencial para o produto aqui em desenvolvimento, no caso pequenos agricultores que necessitam de um implemento capaz de realizar o manejo da cobertura vegetal de maneira eficiente e eficaz, imprescindível em práticas conservacionistas de manejo do solo, tais como o Plantio Direto e o Cultivo Mínimo.

Após, são apresentados os parâmetros agronômicos relativos ao tipo de cobertura, suas características e manejo. Em seguida são levantados os principais parâmetros mecânicos que influenciam no projeto do produto, tais como a potência necessária para o acionamento da máquina e as dimensões mais adequadas. E, com relação às fontes de potência disponíveis, são feitas as devidas considerações objetivando a escolha do melhor tipo de acionamento para a máquina em questão.

Por fim, tendo em vista as informações levantadas acima, são descritas as necessidades prioritárias dos consumidores em relação ao implemento proposto, as quais culminam com as Especificações de Projeto, listadas no final deste capítulo. Aqui, foi utilizada a ferramenta do QFD (Quality Function Deployment), a qual será descrita posteriormente de forma resumida, no Anexo A.

3.2. DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS POTENCIAIS CONSUMIDORES

Conforme citado anteriormente no item 1.2, o regime fundiário predominante no estado de Santa Catarina caracteriza-se pelo grande número de pequenas propriedades rurais (mais de 90 % dos estabelecimentos possui área inferior a 50 hectares), e também pelo fato de grande maioria destas propriedades serem exploradas pelas próprias famílias dos agricultores

(cerca de 80 % são proprietários, e o restante trabalha em regime de parceria ou arrendamento).

Outra informação bastante relevante diz respeito à porcentagem de estabelecimentos rurais do estado que utilizam práticas de conservação do solo, tais como o Plantio Direto e o Cultivo Mínimo. De um total aproximado de 203.000 propriedades, cerca de 50.000 (apenas 25 %) fazem uso de técnicas conservacionistas. (Censo Agropecuário / S.C., 1996).

Assim, levando-se em conta também o fato de que praticamente já não existem mais terras inexploradas em Santa Catarina, a manutenção da atual posição de destaque do estado na agropecuária nacional só será possível mediante incrementos da produtividade. E, tais incrementos podem ser conseguidos através de técnicas conservacionistas bastante simples, tais como a adubação verde e/ou cultivo de coberturas vegetais.

Com relação aos diferentes tipos de culturas cultivadas no estado, as que apresentam maior destaque são a cebola, o milho, o alho, a maçã, o fumo, o feijão, entre outros, sendo que alguns destes produtos tais como o feijão, o milho e a cebola, por vezes são plantados após o cultivo de determinadas espécies de adubação verde, visando a melhoria da qualidade do solo e conseqüentemente, dos produtos.

Do exposto, conclui-se que as características mais marcantes em relação aos potenciais consumidores do produto aqui em desenvolvimento são o **restrito poder aquisitivo** e a **carência de recursos técnicos e financeiros**.

Outras peculiaridades, comuns a grande maioria das pequenas propriedades, podem ser citadas:

- ⇒ produção de subsistência (auto-abastecimento);
- ⇒ diversificação da produção;
- ⇒ baixo nível de escolaridade;
- ⇒ nítida e crescente migração de jovens para centros urbanos, com escassez generalizada de mão-de-obra em muitas propriedades, especialmente em determinadas operações, como no preparo do solo e na colheita;
- ⇒ utilização de algumas poucas tecnologias apropriadas, principalmente em adaptações de equipamentos;
- ⇒ baixa remuneração, muito trabalho e sacrifício;
- ⇒ grande resistência a mudanças, principalmente pelo medo de correr riscos.

Portanto, pode-se considerar a pequena propriedade como um universo à parte, bastante complexo, com grande número de atividades e interações, que devem ser muito bem conhecidas quando se tem por objetivo promover qualquer mudança ou transformação. Um bom conhecimento do funcionamento destas propriedades é imprescindível para que a tecnologia proposta não interfira negativamente nas práticas correntes utilizadas.

3.3. PARÂMETROS AGRONÔMICOS

Outro conceito para adubação verde, semelhante ao do item 1.3, porém mais completo, é dado por Calegari e outros (1992): “Adubação verde é 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, inclusive a profundidades significativas”.

Historicamente, a adubação verde é uma prática milenar que teve sua contribuição na história de muitos povos. Chineses, gregos e romanos já a utilizavam com sucesso na agricultura.

Por muito tempo, a adubação verde caracterizou-se pelo uso de leguminosas, tais como o tremoço, visando-se a melhoria da produtividade das culturas pela adição de nitrogênio, ciclagem mais eficiente de nutrientes e melhoria do solo. Atualmente, são utilizadas como adubos verdes, além das leguminosas, plantas de outras famílias, em cultivo exclusivo ou consorciado, isso porque normalmente as leguminosas decompõem-se mais rapidamente que as gramíneas, apresentando por isso efeitos físicos menos prolongados no solo.

Especificamente no estado de Santa Catarina, a adubação verde é uma prática utilizada há muito tempo nas regiões do Litoral e também no baixo Vale do Itajaí; a mucuna, nessas regiões, é cultivada há mais de 50 anos, visando à melhoria da fertilidade do solo, Calegari e outros (1992). De acordo com dados da ACARESC (Associação de Crédito e Assistência Rural do Estado de Santa Catarina), referentes ao ano de 1987, a área plantada com os principais adubos verdes no estado perfaziam um total de 245.053 hectares.

Estes valores tornam-se bastante pequenos se comparados com os mais de dois milhões de hectares plantados com as principais culturas econômicas anuais, já citadas anteriormente. E, com relação à distribuição geográfica dos adubos verdes no estado, constata-se que a região Oeste é a que apresenta a maior área plantada, cerca de 73 % do total.

Evidentemente, para cada uma das quatro principais regiões do estado (Oeste, Planalto, Vale do Itajaí e Litoral), as espécies de adubos verdes mais apropriados variam de acordo com as diferentes condições de clima, solo e relevo. Assim, tem-se que a mucuna e a crotalária concentram-se nas regiões do Litoral e Vale do Itajaí, enquanto no Oeste há predominância da ervilhaca, chincho, gorga, ervilha do campo e serradela.

Outras espécies como a aveia, o azevém e o centeio distribuem-se no Planalto e no Oeste, haja vista a bovinocultura ser uma atividade relevante nestas regiões, enquanto o tremoço apresenta uma distribuição mais uniforme por todo o estado, Calegari e outros (1992).

As principais características botânicas destas espécies de adubos verdes são apresentadas a seguir, nas Tabelas 3.2 e 3.3.

Neste item, não cabe descrever aspectos detalhados sobre as plantas que podem ser utilizadas como cobertura vegetal, mas sim apresentar os parâmetros agrônômicos necessários ao desenvolvimento de um picador para vários tipos de cobertura.

Sendo assim e, tendo em vista o exposto acima, pode-se listar algumas das características desejáveis para o implemento:

⇒ capacidade de manejo para diversos tipos de cobertura vegetal, desde as espécies mais tenras (mucuna, feijão de porco, p.ex.) até as mais resistentes (crotalária, guandu arbóreo, p. ex.);

Tabela 3.1: Características botânicas das principais espécies de adubos verdes de inverno cultivadas no estado de Santa Catarina

NOME COMUM	FAMÍLIA BOTÂNICA	ALTURA DA PLANTA (CM)	QUANT. DE MATÉRIA VERDE (T/HA)*	QUANT. DE MATÉRIA SECA (T/HA)*	CICLO (DIAS)
Aveia preta	gramínea	80 a 150	21,5	4,1	210
Centeio	gramínea	80 a 150	16,6	4,5	190
Azevém	gramínea	40 a 70	19,5	4,8	250
Chincho	leguminosa	45 a 60	10,9	2,2	190
Ervilha forrageira	leguminosa	50 a 80	16,4	2,4	160
Tremoço	leguminosa	80 a 120	18,0	3,4	210
Serradela	leguminosa	40 a 60	25,6	3,9	210
Nabo forrageiro	Crucifera	100 a 150	36,0	3,7	180
Gorga	Cariofilácea	40 a 50	9,7	1,8	200

*valores aproximados

Fonte: Wildner e outros (1995).

Tabela 3.2: Características botânicas das principais espécies de adubos verdes de verão cultivadas no estado de Santa Catarina

NOME COMUM	FAMÍLIA BOTÂNICA	ALTURA DA PLANTA (CM)	QUANT. DE MATÉRIA VERDE (T/HA)*	QUANT. DE MATÉRIA SECA (T/HA)*	CICLO (DIAS)
Mucuna-anã	Leguminosa	planta trepadora	23,4	4,1	180
Feijão de porco	Leguminosa	70 a 90	29,2	5,3	180
Crotalária	Leguminosa	200 a 280	31,0	6,6	220
Guandu anão	Leguminosa	70 a 160	21,5	4,8	210
Lab-lab	Leguminosa	planta trepadora	32,0	4,0	180
Guandu arbóreo	Leguminosa	250 a 350	26	8,2	210
Leucena	Leguminosa	150 a 200	19,2	6,3	180
Mucuna-cinza	Leguminosa	planta trepadora	23	4,5	260

*valores aproximados

Fonte: Wildner e outros (1995).

- ⇒ capacidade de manejo da resteva de milho, a qual apresenta uma grande resistência ao corte;
- ⇒ o equipamento deverá ser capaz de triturar (cortar e picar) uniformemente as plantas de cobertura vegetal, sendo que os fragmentos devem ser suficientemente pequenos para evitar o embuchamento nas máquinas de preparo do solo e semeadura;
- ⇒ também, deverá ser possível fazer ajustes na altura de corte do equipamento, permitindo variar a altura em que a cobertura será cortada e
- ⇒ operar em situações limitantes para outros implementos de manejo de coberturas vegetais (solos arenosos e solos com cascalho e pedras).

3.4. PARÂMETROS MECÂNICOS

No que diz respeito aos parâmetros mecânicos, os principais constituem-se da potência necessária ao acionamento da máquina (corte e picagem da cobertura vegetal), as dimensões construtivas mais adequadas, sendo que nas considerações de tais dimensões estão envolvidos os esforços oriundos de rotações, cargas de impacto, o desgaste em peças móveis, entre outros, e também o interfaceamento com a fonte de potência a ser utilizada e com o operador.

A julgar pelas informações até aqui levantadas com relação às fontes de potência disponíveis aos pequenos agricultores (tratores de pequeno porte e tração animal), pode-se concluir que a adequacidade dos tratores de rabiça é bastante grande para o problema proposto, mesmo levando em conta alguns fatores desfavoráveis a estes, já citados no Capítulo I.

A ocorrência deste tipo de máquina em pequenas propriedades é bastante grande, o que torna viável o projeto do picador para coberturas vegetais voltado para o trator de rabiças. E, com relação à faixa de potência disponível, estes situam-se entre 13 CV (mais antigos) e 16 CV (mais novos). Portanto, a máxima potência consumida pelo implemento deverá ficar em torno de 10 CV (7,46 kW).

Também, deseja-se um acoplamento rápido e de fácil execução do implemento com o trator de rabiças, possivelmente na parte frontal deste. Esta disposição do implemento também leva em conta o aspecto da segurança do operador, haja vista que poderá ocorrer o arremesso de pedras e outros resíduos sólidos durante a operação de manejo da cobertura. E, evidentemente, deverão ser previstos anteparos junto às peças móveis da máquina, mais uma vez em função da segurança.

Em se tratando agora das dimensões mais apropriadas para o implemento, a largura útil de trabalho constitui-se em uma das mais importantes. Isto porque tal dimensão está relacionada diretamente com a quantidade de potência consumida. Apenas a título de exemplificação, Kanafojski e outros (1972), em experimentos realizados com picadores do tipo facas oscilantes (Figuras 2.7 e 2.8) trabalhando em cobertura de alfafa, os menores consumos de potência foram observados quando a velocidade periférica das facas v_o , oscilava entre 25 e 28 m/s e, dependendo da velocidade de deslocamento da máquina v_m , os valores para tal potência, dada em unidades de potência por metro linear de largura de trabalho (HP/m_{linear}), oscilavam desde 5 HP até 18 HP. Assim, pode-se concluir que o consumo de potência de um equipamento deste tipo é bastante alto, o que torna necessária uma análise criteriosa para se determinar as dimensões ótimas da largura de trabalho.

Outras dimensões, tais como a largura total, a altura e o comprimento da máquina devem ser estudados com cautela, pois tais dimensões influem não só na estabilidade do conjunto implemento-trator de rabiças, como também na facilidade de operação e no conforto do operador.

E, evidentemente, todo o dimensionamento mecânico relativo a peças giratórias (polias, eixos, p.ex.), comprimento e espessura de lâminas, dimensões de elementos de fixação, entre outros, será feito levando-se em conta as rotações de trabalho, os desgastes

envolvidos, os impactos com pedras e outros resíduos sólidos (o que possivelmente exigirá algum tipo de tratamento térmico nos elementos de corte), bem como a resistência ao corte das diversas espécies vegetais utilizadas como cobertura vegetal.

3.5 NECESSIDADES DOS CONSUMIDORES

Neste capítulo, até agora, foi apresentada uma caracterização dos potenciais consumidores para o produto aqui em desenvolvimento, e também foram levantados os principais parâmetros agronômicos e mecânicos que visam nortear o processo de projeto.

De posse dessas informações, parte-se agora para uma maior descrição e caracterização da qualidade esperada para o produto, tendo por base as necessidades e desejos dos consumidores. Tais necessidades foram então obtidas junto a especialistas, bem como em outros projetos de máquinas agrícolas para pequenos agricultores, desenvolvidos no Laboratório de Projeto, atual NeDIP.

E também, tendo por base artigos de revistas especializadas, periódicos e outras referências bibliográficas, pôde-se ter uma visão mais abrangente sobre o problema da mecanização agrícola em pequenas propriedades rurais, o que foi de grande auxílio na listagem das reais necessidades dos consumidores.

Em sendo assim, na seqüência serão listadas tais necessidades numa forma qualitativa, sendo então convertidas em requisitos de projeto (quantitativas) através da ferramenta do QFD-Quality Function Deployment, originando assim as especificações de projeto do produto. Também deve-se ressaltar que será utilizada apenas a 1ª Matriz do QFD, também conhecida como Casa da Qualidade, não sendo desenvolvidas as demais matrizes.

3.5.1. Os clientes e suas necessidades

Antes de se listar as necessidades dos clientes, é interessante que tais clientes sejam agrupados e classificados de acordo com a relação que apresentam com o produto a ser projetado. Assim, existem os clientes externos, os clientes intermediários e os clientes internos.

Os clientes externos são as pessoas ou organizações que irão usar ou consumir o produto. Tais clientes desejam então que o produto apresente atributos como: qualidade, baixo preço de aquisição e manutenção, segurança, eficiência, durabilidade, confiabilidade, fácil

operação, visual atrativo, entre outros. Os desejos destes clientes devem ser tratados com a máxima prioridade, pois são estes que determinam o sucesso ou fracasso do produto.

Os clientes intermediários são os responsáveis pela distribuição, vendas e *marketing* do produto. Normalmente, estes clientes esperam que o produto satisfaça a todos os desejos e necessidades dos clientes externos, o que é um fator determinante para o sucesso de vendas do produto.

E, os clientes internos são os fabricantes e o pessoal envolvido no projeto e na produção do produto. O desejo destes clientes é que tal produto contenha operações de fabricação e montagem fáceis e seguras, utilize recursos disponíveis, componentes padronizados e também produza um mínimo de refugos e partes rejeitadas.

Assim, na listagem das necessidades dos clientes, estão envolvidos todos os três tipos, alguns de forma mais explícita (clientes externos), outros de forma implícita (clientes intermediários e internos).

As necessidades de desempenho funcional, aparência, custos, manutenção, interfaceamento e fabricação do implemento, estão descritas na seqüência:

1. o produto deverá apresentar baixo custo de aquisição, bem como ter uma boa durabilidade;
2. deverá ser de fácil operação, não necessitando regulagens complexas, nem tão pouco grandes esforços por parte do operador, quando da necessidade de manobras;
3. o acoplamento com o trator de rabiças deverá ser fácil e rápido e também tal conjunto deverá apresentar boa estabilidade;
4. quaisquer partes móveis que representem risco ao operador deverão ser providas de anteparos de proteção (correias, polias, acoplamentos, entre outras);
5. deverão ser previstas proteções contra o arremesso de pedras ou tocos, os quais podem ser lançados pelos elementos ativos (de corte) da máquina;
6. a manutenção deverá ser fácil, rápida, barata e não deve necessitar de mão-de-obra especializada, haja vista o fato dos poucos recursos de que dispõem os pequenos agricultores, bem como o seu nível de conhecimento tecnológico;
7. o implemento deverá apresentar capacidade de manejo para diversas espécies de cobertura vegetal, desde as mais tenras até as mais resistentes ao corte;
8. capacidade de trituração uniforme das espécies, resultando em fragmentos suficientemente pequenos para evitar o seu acúmulo à frente dos elementos móveis das máquinas de preparo do solo e semeadura;
9. deverá ser possível ajustar a altura de corte do implemento, permitindo variar a altura em que a cobertura será cortada;

10. a potência consumida deverá ser a menor possível, evidentemente combinada com a maior largura de corte possível;
11. o implemento deverá ser suficientemente leve e compacto, facilitando seu transporte e armazenamento (estima-se o valor da massa total através da análise de outros equipamentos similares, acopláveis ao trator de rabiças, ou seja, em torno de 120 kg);
12. ter boa aparência, ser robusto e possuir boas características ergonômicas;
13. a sua fabricação e montagem deverá ser a mais simplificada possível, o que contribui para a diminuição dos custos de produção;
14. procurar-se-á utilizar para a fabricação do implemento materiais padronizados e de baixo custo, bem como componentes de geometria simples.

3.6. DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE - QFD

De posse das necessidades dos clientes, faz-se agora a transformação destas em requisitos de projeto, fazendo uso da ferramenta do QFD. O Anexo A apresenta uma breve descrição a respeito de tal ferramenta, bem como são mostrados os passos básicos para a montagem da Casa da Qualidade.

A seguir, a Figura 3.4 apresenta a Casa da Qualidade para o picador de cobertura vegetal. Posteriormente são listadas as Especificações de Projeto e, para cada uma destas, associa-se um “valor meta” que se deseja atingir, um “sensor” que pode ser entendido como um método ou um instrumento que verifica se os objetivos estão ou não sendo atingidos, e também as “saídas indesejáveis” que representam o que se pretende evitar com a agregação de determinada especificação.

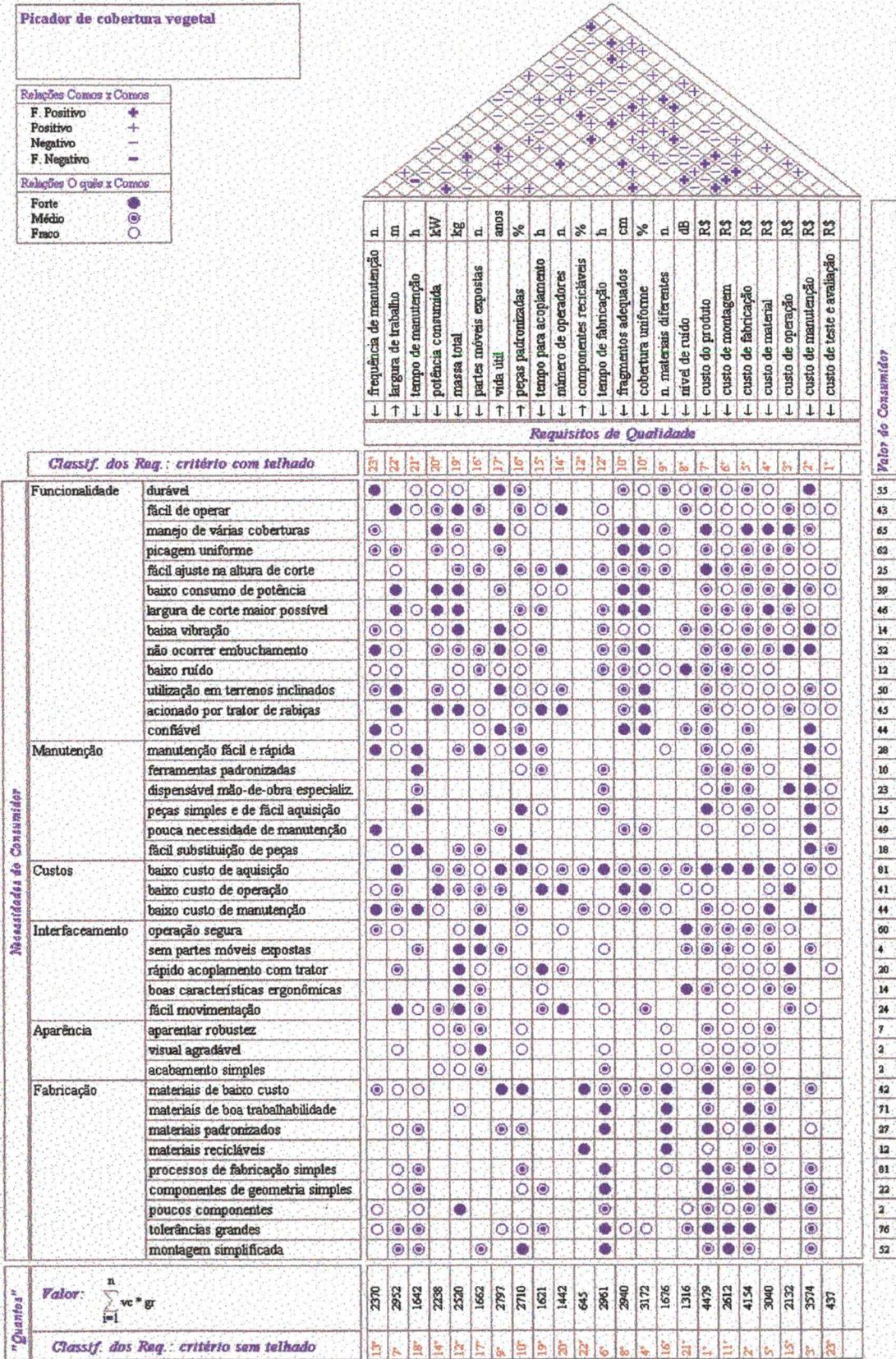


Figura 3.4: Casa da Qualidade para o Picador de Cobertura Vegetal

TABELA 3.3: ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DE PRODUTO - PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

REQUISITOS	UNIDADE	OBJETIVOS	SENSOR	SAÍDAS INDESEJÁVEIS	COMENTÁRIOS
1. Custo do produto (custo meta do protótipo)	R\$	950,00	Custos de produção e construção	Custo final acima do especificado.	Estima-se o custo do produto a partir do custo de equipamentos similares.
2. Custo de fabricação	R\$	30 % do custo do produto	Custos de fabricação.	Custo de fabricação acima do especificado.	Busca-se otimizar o projeto objetivando ao máximo a redução dos custos de fabricação.
3. Custo de manutenção (para 5 anos de vida útil).	R\$	4 % do custo do produto ao ano	Custos de manutenção anuais.	Custo de manutenção anual acima do especificado.	Busca-se otimizar o projeto objetivando ao máximo a redução dos custos de manutenção.
4. Cobertura uniforme	%	100 % do solo coberto	Verificação visual.	Deposição não uniforme dos fragmentos sobre o solo.	A não uniformidade da cobertura sobre o solo dificulta a sementeira posterior.
5. Custo de material	R\$	60 % do custo do produto.	Custo de matéria prima e de peças compradas.	Custo de material acima do especificado.	Busca-se otimizar o projeto objetivando ao máximo a redução dos custos de material.
6. Tempo de fabricação	Horas (h)	Menor tempo de fabricação possível.	Verificação dos tempos de execução do projeto.	Tempo de fabricação muito acima do especificado.	Procurar minimizar o tempo de fabricação objetivando reduzir custos.
7. Largura de trabalho	mm	1000 mm	Cálculos de projeto e testes de campo.	Largura de trabalho muito abaixo do especificado.	A máxima largura de trabalho é função da potência disponível.
8. Fragmentos de tamanho adequado	mm	Comprimento dos fragmentos entre 50 e 150 mm.	Verificação visual + trena.	Fragmentos de comprimento fora do especificado.	Fragmentos de grande comprimento podem dificultar a sementeira posterior, ao passo que fragmentos pequenos podem se decompor muito rapidamente.
9. Vida útil	anos	5 anos	Verificação de dimensionamento de projeto	Vida útil muito inferior a 5 anos.	Estima-se uma carga de trabalho de 150 horas anuais.
10. Peças padronizadas	%	100 %	Análise da especificação de projeto dos componentes.	Porcentagem de peças padronizadas muito abaixo de 100 %.	Entende-se por 100 % de peças padronizadas o uso de chapas de aço comerciais, parafusos, molas, rolamentos, entre outros, de fácil aquisição.
11. Custo de montagem	R\$	10 % do custo do produto	Verificação dos custos de montagem	Custo de montagem do implemento acima do limite especificado.	Busca-se otimizar o projeto objetivando ao máximo a redução dos custos de montagem.

TABELA 3.3: CONT.

REQUISITOS	UNIDADE	OBJETIVOS	SENSOR	SALIDAS INDESEJÁVEIS	COMENTÁRIOS
12. Massa total	kg	Em torno de 120 kg	Cálculo e pesagem da massa total do implemento.	Massa total muito acima do especificado, dificultando o manuseio do implemento.	Em desenvolvimentos anteriores de equipamentos de porte similar, os valores da massa total mostraram-se adequados em torno de 150 kg.
13. Frequência de manutenção	Nº.	Manutenção preventiva a cada 50 horas de trabalho.	Análise das especificações de projeto do implemento.	Necessidade de manutenção superior ao prescrito.	Durante 50 horas de trabalho, processa-se aproximadamente uma área de 10 hectares.
14. Potência consumida	kW	Máx. de 7,46 kW	Cálculos de projeto e testes de campo.	Potência consumida acima de 7,46 kW.	Objetiva-se essa potência máxima em função da potência total disponível em tratores de rabiça.
15. Custo de operação (para 5 anos de vida útil).	R\$	12 % do custo do produto ao ano.	Levantamento de custos durante a operação.	Custo de operação acima do especificado.	Busca-se otimizar o projeto objetivando ao máximo a redução dos custos de operação.
16. Número de materiais diferentes	Nº.	Objetiva-se usar a menor quantidade de materiais diferentes.	Análise das especificações de projeto dos componentes.	Necessidade de uso de diversos materiais diferentes.	Entende-se por materiais diferentes a matéria-prima (chapas de aço, tubos, barras de aço) utilizada na fabricação de componentes.
17. Partes móveis expostas	Nº.	Objetiva-se o menor número possível de partes móveis expostas.	Verificação de projeto.	Grande número de partes móveis expostas causando riscos ao operador.	Objetiva-se obter segurança na montagem, operação e manutenção do implemento.
18. Tempo de manutenção	Horas (h)	Mínimo tempo possível de manutenção.	Verificação dos tempos de execução da manutenção.	Tempo de manutenção muito acima do especificado.	Procurar minimizar o tempo de manutenção objetivando maximizar a disponibilidade do implemento.
19. Tempo para acoplamento	Horas (h)	Máx. de 30 min.	Tempo de montagem do implemento ao trator de rabiças.	Tempo de preparação do implemento muito acima de 30 min.	O tempo de preparação do implemento engloba o acoplamento do sistema ao trator e os ajustes necessários na altura de corte
20. Número de operadores	Nº.	1 operador apenas	Verificação do projeto do implemento.	Necessidade de mais de um operador para trabalhar com o implemento.	Objetiva-se um implemento de fácil manuseio, tanto no acoplamento com o microtrator, quanto na operação.

TABELA 3.3: CONT.

REQUISITOS	UNIDADE	OBJETIVOS	SENSOR	SAÍDAS INDESEJÁVEIS	COMENTÁRIOS
21. Nível de ruído	dB	Máximo de 85 dB para 8h de trabalho diário.	Medidores apropriados (decibelímetro) utilizados em testes de campo	Nível de ruído acima do especificado.	Nível de ruído acima do valor especificado pode provocar sérias lesões físicas no operador.
22. Componentes recicláveis	%	100 %	Análise das especificações de projeto dos componentes.	Porcentagem muito abaixo de 100 % de componentes recicláveis.	A capacidade de reciclagem do produto é um aspecto importante do ponto de vista do projeto, e que deve ser levado em conta.
23. Custo de teste e avaliação	R\$	14 % do custo do produto.	Levantamento de custos durante a fase de testes do implemento.	Custos de teste e avaliação acima do limite especificado.	Procura-se otimizar os testes e avaliações buscando a redução destes custos.

CAPÍTULO IV

PROJETO CONCEITUAL

4.1. INTRODUÇÃO

Dando continuidade ao processo de projeto do picador de cobertura vegetal, parte-se agora para o desenvolvimento conceitual do referido implemento. Para tanto, toma-se como ponto de partida as Especificações de Projeto estabelecidas no Capítulo 3, com o objetivo de se alcançar um implemento que satisfaça aos anseios dos consumidores.

Inicialmente desenvolveu-se a estruturação funcional do produto, na qual é criado um modelo de funções bastante abstrato do produto a ser projetado. Assim, várias funções são combinadas para formar uma estrutura funcional simples e lógica, facilitando a posterior pesquisa de princípios de solução e alternativas de concepção para o produto.

Em seguida buscam-se, com o auxílio de métodos e ferramentas diversas, princípios de solução para as várias subfunções estabelecidas na estruturação funcional. Estes princípios de solução são então agrupados em uma matriz morfológica, a qual mostra-se uma ferramenta particularmente útil na combinação de tais princípios. E por fim seleciona-se, dentre as combinações formadas, a mais promissora.

Neste trabalho, aplica-se uma metodologia de estimativa de custos de produtos, desenvolvida por Ferreira (1997). Em seu trabalho, Ferreira afirma que no processo de desenvolvimento do produto, o custo deve ser um parâmetro ativo, como um parâmetro de projeto qualquer, e não um fator resultante deste processo. Ainda, na etapa de projeto conceitual, as tomadas de decisões são responsáveis pela fixação de aproximadamente 65% do custo final do produto, uma vez que são levantadas as especificações do produto, definidos os requisitos de operações, fatores de desempenho e eficiência, configuração do sistema, entre outras características que definem o comportamento do produto durante seu ciclo de vida.

Partindo desta premissa, Ferreira propôs uma sistemática para estimar e avaliar o custo do produto de modo compatível com as informações disponíveis na fase de projeto conceitual, com o intuito de fornecer suporte às tomadas de decisões relacionadas à seleção

da melhor estrutura funcional e melhor alternativa de concepção do produto, tornando este processo menos subjetivo, mais sistemático e criterioso.

Em suma, a metodologia de estimativa de custos proposta por Ferreira (1997) apresenta 9 passos para a sua aplicação, e pode ser sintetizada na Figura 4.1.

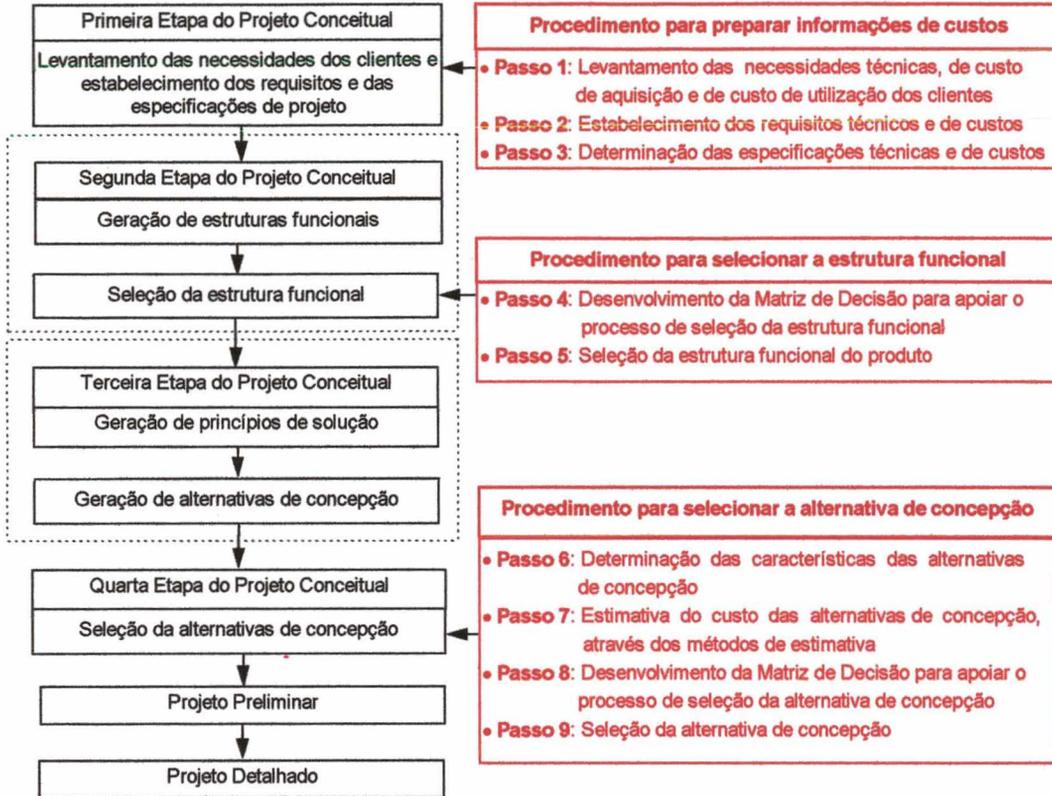


Figura 4.1: Síntese da metodologia de estimativa de custos proposta. Ferreira, (1997).

E, à medida que se desenvolve o projeto conceitual do picador de cobertura vegetal aqui apresentado, os 9 passos propostos na metodologia são brevemente explanados e aplicados.

4.2. DESENVOLVIMENTO DA ESTRUTURA DE FUNÇÕES DO PRODUTO

Conforme Pahl e Beitz (1995), a partir da análise e abstração dos requisitos de projeto do produto (estabelecidos no capítulo anterior), pode-se identificar uma função total que, baseada no fluxo de energia, material e sinal, e ainda com uso de um diagrama de blocos, expressa a relação existente entre as entradas e as saídas do sistema, independente da solução a ser escolhida para o sistema.

Partindo-se desta premissa, estabelece-se então a função total para o picador de cobertura vegetal, mostrada na Figura 4.2 a seguir.



Figura 4.2: Função total do picador de cobertura vegetal

Da maneira como se apresenta a função total, a busca por soluções para o problema em questão torna-se bastante complexa, razão pela qual procura-se decompor esta função total em subfunções de menor complexidade.

Desta forma, a função total “picar cobertura vegetal” pode ser decomposta da forma mostrada na Figura 4.3.

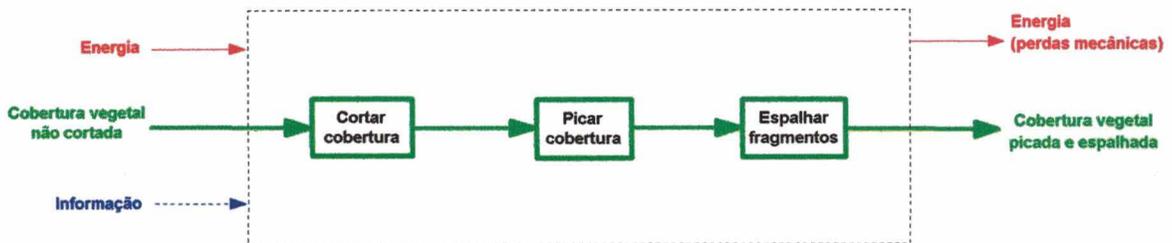


Figura 4.3: Subfunções do picador de cobertura vegetal.

Primeiramente, o implemento deverá cortar a cobertura vegetal, após deverá picar a cobertura para posteriormente espalhá-la uniformemente sobre o solo. E, conforme definido nas Especificações de Projeto, o comprimento dos fragmentos picados deverá estar entre 50 e 150 mm, o que facilita o trabalho posterior de semeadura.

Foram estabelecidas algumas notações para representar a estrutura de funções do implemento, a saber:

- uma linha pontilhada em preto representando a fronteira do sistema;
- as subfunções são descritas por um verbo + um substantivo;

- as entradas do sistema ficam agrupadas do lado esquerdo, e as saídas do lado direito da fronteira;
- o fluxo de energia no sistema é representado em vermelho, o fluxo de material em verde e o fluxo de informações em linha pontilhada azul.

Neste ponto, pode-se detalhar um pouco mais a estrutura funcional apresentada na Figura 4.3, agregando-lhe outras subfunções, e detalhando os fluxos de energia e de informação. E, mais de uma estrutura funcional pode ser gerada, variando-se a disposição das subfunções com relação aos diversos fluxos envolvidos.

Assim, foram sintetizadas diferentes estruturas funcionais, porém foram analisadas apenas duas possibilidades consideradas as mais promissoras, apresentadas respectivamente nas Figuras 4.4 e 4.5.

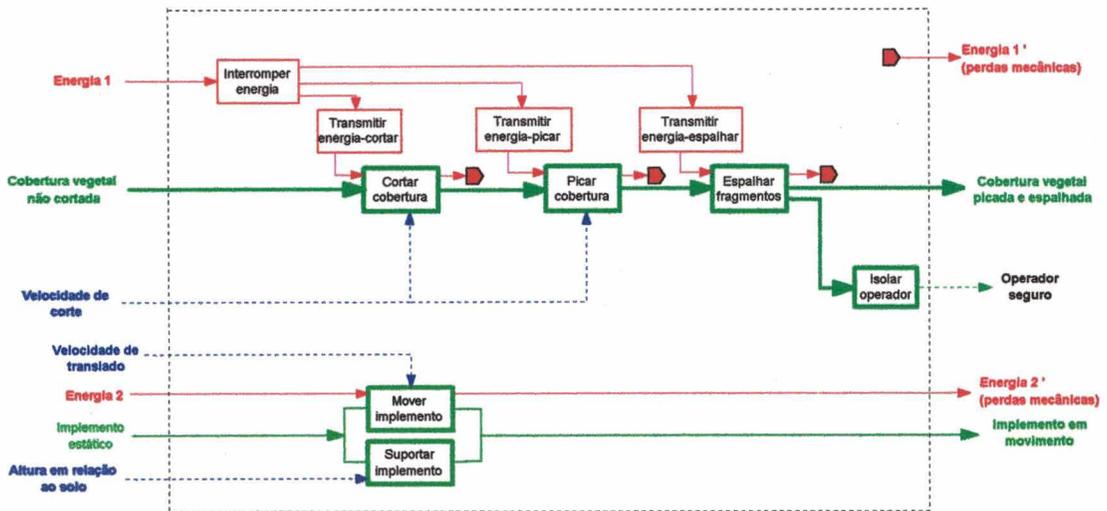


Figura 4.4: Primeira estrutura funcional proposta para o implemento.

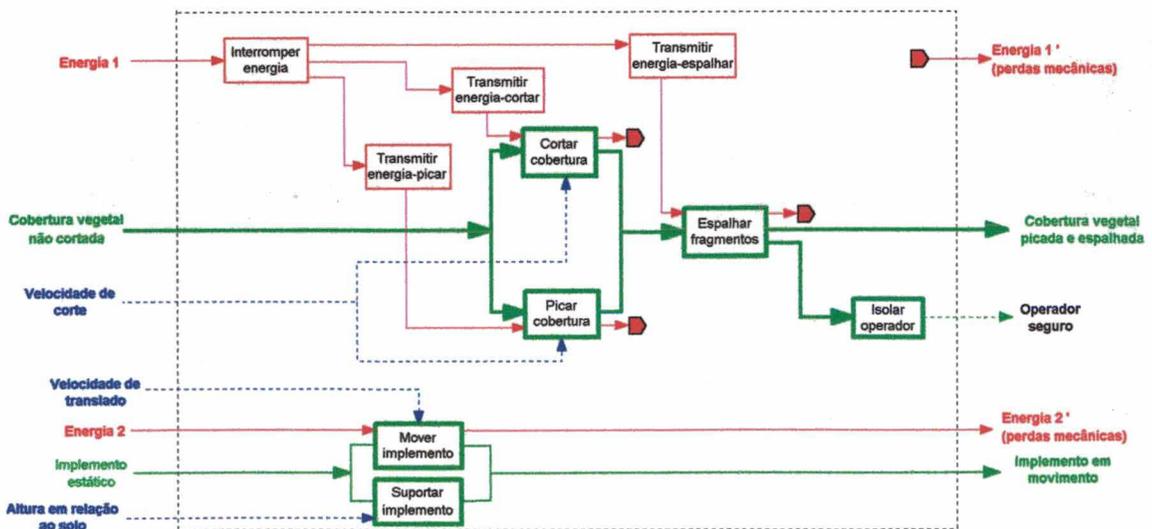


Figura 4.5: Segunda estrutura funcional proposta para o implemento.

Basicamente, o que diferencia as duas estruturas é a ocorrência em paralelo das subfunções “cortar cobertura” e “picar cobertura” na segunda estrutura, ao passo que na primeira estrutura tais subfunções ocorrem em série. Os diversos fluxos de energia, material e informação permanecem inalterados.

Ambas as possibilidades apresentam viabilidade do ponto de vista técnico, porém para se determinar qual a melhor solução para o problema, faz-se também uma análise das duas estruturas do ponto de vista econômico.

Para tanto, aplica-se a partir deste ponto a metodologia de estimativa de custos, já citada no item anterior. A seleção da melhor estrutura funcional do produto é realizada então através do emprego de uma matriz de decisão, a qual analisa cada uma das estruturas frente aos requisitos técnicos e de custos. Esta matriz de decisão compreende o passo 4 da metodologia proposta.

Antes porém, de se analisar tal matriz, deve-se fazer um esclarecimento com relação aos três passos anteriores da metodologia proposta.

No passo 1, faz-se o levantamento das necessidades dos clientes com relação ao produto, sendo divididas em necessidades técnicas e necessidades de custo. Este levantamento foi efetuado no Capítulo 3, sendo tais necessidades mostradas na Casa da Qualidade, Figura 3.4.

No passo 2, são estabelecidos os requisitos técnicos e de custos necessários ao desenvolvimento do produto. Após, tais requisitos são relacionados às necessidades dos clientes, empregando a primeira matriz do QFD, a fim de se obter os requisitos técnicos e de custos mais importantes.

A Tabela 4.1 lista os Requisitos de Projeto para o picador de cobertura vegetal, com seus respectivos pesos relativos.

Na primeira coluna são mostrados os valores dos pesos calculados considerando ambos os requisitos, técnicos e de custos (PR_{RP}). Na segunda coluna são apresentados os valores dos pesos levando em conta apenas os requisitos de custo (PR_{RC}), e na terceira coluna são mostrados os valores dos pesos levando em conta somente os requisitos técnicos (PR_{RT}).

Deve-se fazer uma pequena ressalva quanto ao requisito “custo do produto”. Este, foi considerado como sendo a soma dos custos de fabricação, material e montagem do equipamento. Assim, o custo do produto está implícito no cálculo dos pesos das especificações de projeto, apresentado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Requisitos de Projeto e seus pesos relativos.

ORDEM DE IMPORTÂNCIA DOS REQUISITOS DE PROJETO	PESOS RELATIVOS		
	PR _{RP} (%)	PR _{RC} (%)	PR _{RT} (%)
1. Custo de fabricação	8,21	26,04	
2. Custo de manutenção	7,06	22,4	
3. Cobertura uniforme	6,27		9,15
4. Custo de material	6,00	19,06	
5. Tempo de fabricação	5,85		8,54
6. Largura de trabalho	5,83		8,52
7. Fragmentos adequados	5,81		8,48
8. Vida útil	5,52		8,07
9. Peças padronizadas	5,35		7,82
10. Custo de montagem	5,16	16,37	
11. Massa total	4,98		7,27
12. Frequência de manutenção	4,68		6,84
13. Potência consumida	4,42		6,46
14. Custo de operação	4,21	13,37	
15. Número de materiais diferentes	3,31		4,83
16. Partes móveis expostas	3,28		4,79
17. Tempo de manutenção	3,24		4,73
18. Tempo para acoplamento	3,20		4,67
19. Número de operadores	2,85		4,16
20. Nível de ruído	2,60		3,80
21. Componentes recicláveis	1,28		1,87
22. Custo de teste e avaliação	0,89	2,76	
Somatório dos Pesos	100 %	100 %	100 %

No passo 3, a metodologia propõe que sejam estabelecidas as especificações técnicas e de custos do produto. Resumidamente, as especificações técnicas do produto são mostradas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Especificações técnicas do produto.

REQUISITOS TÉCNICOS	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
Cobertura uniforme	100 % do solo coberto
Tempo de fabricação	Menor tempo possível
Largura de trabalho	Em torno de 1000 mm
Fragmentos de tamanho adequado	Entre 50 e 150 mm de comprimento
Vida útil	5 anos
Peças padronizadas	100 %
Massa total	Em torno de 120 kg
Frequência de manutenção	A cada 50 h de trabalho
Potência consumida	Máximo de 7,46 kW
Número de materiais diferentes	Menor número possível
Partes móveis expostas	Menor número possível
Tempo de manutenção	Mínimo tempo de manutenção
Tempo de acoplamento	Máximo 30 min.
Número de operadores	Somente um operador
Nível de ruído	Máximo de 85 dB para 8 h diárias
Componentes recicláveis	100 %

E os valores relativos às especificações de custos foram determinados considerando as características do implemento, bem como a experiência de especialistas no desenvolvimento de máquinas agrícolas destinadas a pequenos e médios agricultores. Tem-se em mente os seguintes valores: R\$ 950,00 para o custo meta do protótipo, considerando-se apenas os custos de fabricação, material e montagem, e R\$ 1840,00 para o custo total do ciclo de vida (estimativa).

A Tabela 4.3 apresenta as especificações de custo para o produto.

Tabela 4.3: Especificações de custos do produto.

CUSTOS DO CICLO DE VIDA	ESPECIFICAÇÕES DE CUSTO	
	ECR _n (% dos custos do ciclo de vida)	ECA _n
Custo de fabricação	15,5 %	R\$ 285,00
Custo de material	31 %	R\$ 570,00
Custo de montagem dos subsistemas	5 %	R\$ 95,00
Custo de manutenção (para 5 anos de vida útil)	10,5 %	R\$ 190,00*
Custo de operação do produto (para 5 anos de vida útil)	31 %	R\$ 570,00*
Custo de teste e avaliação	7 %	R\$ 130,00
	TOTAL	R\$ 1840,00

* Estimativa

Neste ponto, pode-se aplicar o passo 4 da metodologia de estimativa de custos, no qual desenvolve-se uma matriz de decisão para apoiar o processo de seleção da melhor estrutura funcional do implemento. A Tabela 4.4 apresenta tal matriz.

Na avaliação técnica das estruturas, os símbolos utilizados apresentam a seguinte correspondência numérica:

- ⇒ desempenho excelente ⇒ 10
- ⊙ ⇒ desempenho satisfatório ⇒ 5
- ⇒ desempenho fraco ⇒ 1

E na avaliação de custos das estruturas, os símbolos utilizados apresentam a seguinte correspondência numérica:

- ↑ ⇒ custo alto ⇒ 10
- ⇒ custo médio ⇒ 5
- ↓ ⇒ custo baixo ⇒ 1

Tabela 4.4: Matriz de decisão de apoio ao processo de seleção da estrutura funcional.

MATRIZ DE DECISÃO		ESTRUTURAS FUNCIONAIS (EF _i)	
REQUISITOS TÉCNICOS E ESPECIFICAÇÕES DE CUSTO		1	2
REQUISITOS TÉCNICOS	PR _{RTM} (%)	AVALIAÇÃO TÉCNICA DAS ESTRUTURAS	
Cobertura uniforme	9,15	●	●
Tempo de fabricação	8,54	⊙	●
Largura de trabalho	8,52	●	●
Fragments adequados	8,48	●	●
Vida útil	8,07	●	⊙
Peças padronizadas	7,82	●	●
Massa total	7,27	⊙	●
Freqüência de manutenção	6,84	⊙	⊙
Potência consumida	6,46	●	⊙
Número de materiais diferentes	4,83	⊙	●
Partes móveis expostas	4,79	●	●
Tempo de manutenção	4,73	⊙	●
Tempo para acoplamento	4,67	⊙	●
Número de operadores	4,16	●	●
Nível de ruído	3,80	⊙	⊙
Componentes recicláveis	1,87	⊙	⊙
ÍNDICE DE DESEMPENHO TÉCNICO (IDT _i)		787,25	864,8
ESPECIFICAÇÕES DE CUSTOS	ECR _N (%)	AVALIAÇÃO DE CUSTOS DAS ESTRUTURAS	
Custo de fabricação	15,5	↑	–
Custo de material	31	↑	–
Custo de montagem	5	–	–
Custo de operação	31	↓	–
Custo de manutenção	10,5	↑	–
Custo de teste e avaliação	7	–	–
ÍNDICE DE DESEMPENHO DE CUSTOS (IDC _i)		661	500
RELAÇÃO ENTRE O IDT _i E O IDC _i		1,19	1,73

Como pode ser observado, as estruturas funcionais apresentam distintos índices de avaliação com relação a alguns requisitos técnicos e de custos, isto devido à ocorrência em paralelo das funções “cortar cobertura” e “picar cobertura” na segunda estrutura funcional proposta, o que pode induzir ao uso de um único sistema, mais leve e compacto. E, da mesma forma, com relação aos custos do ciclo de vida, a utilização de um único sistema que execute as funções supracitadas simultaneamente, resulta em um menor número de componentes, diminuindo assim o custo do implemento.

Avaliadas as estruturas funcionais frente aos requisitos técnicos e às especificações de custos, faz-se agora a seleção da mais adequada estrutura funcional para o implemento. Esta seleção corresponde ao passo 5 da metodologia de estimativa de custos. Assim, sob o ponto de vista técnico, os pequenos agricultores consumidores deste tipo de produto buscam um implemento que satisfaça as suas necessidades da melhor maneira possível. Portanto,

deve-se procurar selecionar a estrutura funcional que apresente um desempenho técnico superior.

Com relação aos custos, sendo o implemento destinado a pequenos agricultores, torna-se fundamental que os custos envolvidos sejam os mais baixos possíveis. Desta forma, busca-se selecionar a estrutura funcional que apresente o custo mais baixo.

Em sendo assim, objetiva-se então uma estrutura funcional que apresente um baixo custo e elevado índice de desempenho técnico. E, tomando o resultado obtido com o preenchimento da matriz de decisão mostrada na Tabela 4.4, conclui-se que a segunda estrutura funcional é a mais adequada para o projeto do implemento.

4.3. DESENVOLVIMENTO DOS PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO

Partindo da estrutura funcional escolhida, desenvolve-se agora a busca por princípios de solução visando atender às subfunções propostas. Em sendo assim, para cada subsistema em que o implemento se divide, foram listados princípios de solução, o que acabou por facilitar a análise final da solução conceitual do implemento.

Inicialmente, elaborou-se uma lista dos vários princípios e em seguida sua organização em forma gráfica, mostrada na Figura 4.6.

Descrição dos elementos da Matriz Morfológica

Sistema de acionamento

- A.1 - Acoplamento de atrito (embreagem mecânica)
- A.2 - Esticador de correias
- A.3 - Acoplamento de atrito cônico
- A.4 - Acoplamento por luva de engate

Sistema de transmissão de potência

- B.1 - Transmissão por correias
- B.2 - Transmissão por correntes
- B.3 - Transmissão por engrenagens
- B.4 - Transmissão por eixo cardã
- B.5 - Transmissão por rodas de atrito

Sistema estrutural

- C.1 - Estrutura tubular
- C.2 - Estrutura de chapas de aço
- C.3 - Estrutura de ferro fundido

Sistema de corte

- D.1 - Corte com facas oscilantes
- D.2 - Corte com facas helicoidais
- D.3 - Corte com discos horizontais
- D.4 - Corte com segadoras
- D.5 - Corte com fios de aço
- D.6 - Corte com correntes

Sistema de picagem

- E.1 - Picar com facas oscilantes
- E.2 - Picar com facas rotativas múltiplas
- E.3 - Picar com rolo "pente"
- E.4 - Picar com rotor tipo cilíndrico
- E.5 - Picar com facas rotativas duplas
- E.6 - Picar com correntes

F.3 - Distribuir por sopro e direcionador tipo fixo

Sistema de suporte e regulagem da altura de corte

- G.1 - Patins com ajuste de altura discreto
- G.2 - Rodas com ajuste de altura discreto
- G.3 - Patins com ajuste de altura contínuo
- G.4 - Rodas com ajuste de altura contínuo

Sistema de distribuição dos fragmentos

- F.1 - Distribuir por direcionador tipo fixo
- F.2 - Distribuir por espalhador rotativo

Princípios de solução Sub-funções		1	2	3	4	5	6
A	SISTEMA DE ACIONAMENTO						
B	SISTEMA DE TRANSMISSÃO						
C	ESTRUTURA						
D	CORTE						cutar com correntes
E	PICAGEM						picar com correntes
F	DISTRIBUIÇÃO DOS FRAGMENTOS						
G	SUPORTE E REGULAGEM DA ALTURA DE CORTE						

Figura 4.6: Matriz Morfológica para o picador de cobertura vegetal

4.4. GERAÇÃO DE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

A partir da Matriz Morfológica, foram geradas várias concepções para a solução da tarefa de projeto, combinando-se os diversos princípios de solução para cada uma das

subfunções em que se divide o implemento. Durante o arranjo destes diversos elementos, teve-se sempre em mente a compatibilização com os requisitos técnicos, bem como com as especificações de custos.

Assim, foram estabelecidas quatro alternativas de concepção para o implemento, apresentadas na Figura 4.7.

	Princípios de solução Funções	Concepção I	Concepção II	Concepção III	Concepção IV
A	Sistema de acionamento				
B	Sistema de transmissão				
C	Estrutura				
D	Corte				
E	Picagem				
F	Distribuição dos fragmentos				
G	Suporte e regulagem da altura de corte				

Figura 4.7: Alternativas de concepção para o picador de cobertura vegetal

A primeira concepção considera o uso de um mesmo sistema para a realização das funções “cortar cobertura” e “picar cobertura”, o que induz a simplificações técnicas e redução de custos. A estrutura é composta de chapas de aço recortadas e soldadas, conferindo rigidez ao implemento. O sistema de transmissão de potência compõe-se de pares de engrenagens, o que pode acarretar em maiores custos e dificuldades técnicas devido à relativa precisão construtiva. Aqui, faz-se uma pequena observação: independente do sistema de transmissão de potência escolhido nas concepções I, III e IV, o sentido de rotação do sistema

de corte e picagem deverá se inverter, fazendo com que os fragmentos picados sejam arremessados na direção oposta ao operador, provendo segurança ao mesmo. Esta inversão é necessária devido ao sentido de rotação da polia motora do trator de rabiças.

Quanto à distribuição dos fragmentos, é utilizado um direcionador fixo, e a interface de potência com o trator de rabiças faz-se por correias em “V”. Por fim, a regulagem da altura de corte apresenta ajuste discreto.

Já a segunda concepção difere da primeira principalmente pelos sistemas utilizados para o corte e a picagem da cobertura. Nesta concepção tais funções são executadas simultaneamente, porém por sistemas distintos, o que pode acarretar em custos maiores e maior complexidade técnica. A transmissão de potência se dá por rodas dentadas e correntes, e a estrutura compõe-se de tubos de aço dobrados e soldados, o que também garante boa rigidez ao implemento. E, a regulagem da altura de corte é feita por ajuste contínuo.

A terceira concepção utiliza, tal como na primeira, um único sistema para cortar e picar a cobertura. Porém, possui estrutura de tubos de aço dobrados e soldados, e a transmissão de potência feita por rodas dentadas e correntes. Com exceção ao sistema de suporte e regulagem da altura de corte, que é do tipo contínuo, os demais sistemas são idênticos aos da primeira concepção.

E por último, a quarta concepção apresenta estrutura em ferro fundido, o que pode acarretar em maiores custos de fabricação. O sistema de corte e picagem é idêntico ao das concepções I e III, e a transmissão de potência por correias em “V”. O sistema de acionamento faz-se por um acoplamento de atrito, a distribuição dos fragmentos picados também por um direcionador fixo e a regulagem da altura de corte apresenta ajuste discreto.

Do ponto de vista técnico, todas as quatro alternativas de concepção apresentam viabilidade, sendo necessário portanto realizar uma análise de custos para se determinar qual a melhor alternativa, tornando a escolha da concepção mais criteriosa e menos subjetiva.

Assim, são aplicados a seguir os passos 6 a 9 da metodologia de estimativa de custos, buscando uma alternativa de concepção otimizada.

4.5. SELEÇÃO DA ALTERNATIVA DE CONCEPÇÃO

No 6º passo da metodologia de estimativa de custos proposta, executa-se um “Firm-up” dos princípios de solução, refinando, estruturando e incorporando mais informações aos princípios gerados.

São então levantadas características e informações relativas à classe de material constituinte (se aço, plástico, alumínio, entre outros), processos de fabricação (usinagem, fundição, soldagem, entre outros), dimensões básicas dos componentes constituintes dos princípios de solução, informações sobre propriedades e características mecânicas dos princípios, tais como potência, velocidade de deslocamento, entre outras, e demais informações que caracterizem os princípios funcionais.

Estas informações são organizadas conforme mostrado na Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Caracterização dos princípios de solução das concepções

PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	MATERIAL	PROCESSO DE FABRICAÇÃO	OUTRAS CARACTERÍSTICAS
Polias	alumínio	-	-
Correias	borracha e lona	-	-
Acoplamento de atrito	discos de atrito	-	-
Rodas dentadas	aço 1045	torneamento e frezamento	-
Correntes	aço	-	-
Engrenagens	aço 1045	torneamento e frezamento	-
Eixos	aço 1020	corte, torneamento e frezamento	-
Mancais	aço	-	mancais de rolamento
Estrutura em chapas de aço	chapas de aço 1020	corte, dobramento e soldagem	-
Estrutura em tubos de aço	tubos de aço 1020	corte, dobramento e soldagem	-
Estrutura em ferro fundido	ferro fundido	fundição, frezamento e furação	-
Rotor central	aço 1020	corte, torneamento e soldagem	balanceado dinamicamente
Facas de corte	ferro chato	corte, dobramento, soldagem e frezamento	tratamento térmico para endurecimento
Rotores verticais	aço	torneamento, frezamento e furação	balanceado dinamicamente
Picador tipo cilíndrico	aço	torneamento, corte, furação e soldagem	tratamento térmico para endurecimento dos elementos de corte
Defletor	chapas de aço	corte, dobramento e soldagem	-
Espalhador rotativo	tubos e arames de aço	corte, torneamento e soldagem	-
Rodas de apoio	aço e rodas de borracha	-	-
Suporte das rodas de apoio	Tubos de aço	corte, torneamento, soldagem e furação	-

No passo 7, são então estimados os custos do ciclo de vida para cada uma das alternativas de concepção. Antes porém, algumas considerações devem ser feitas em virtude da natureza deste projeto.

Conforme propõe Ferreira (1997), tal estimativa leva em conta todos os custos do ciclo de vida do equipamento, englobando produção, manutenção, operação, descarte, testes e avaliações, entre outros. Assim, com o intuito de simplificar o problema, serão considerados aqui apenas os custos de produção e construção do protótipo, dado pela soma dos custos de fabricação, material e montagem, desconsiderando os demais. Isto porque os custos do ciclo de vida são de complexa determinação, principalmente por se tratar do desenvolvimento de um protótipo.

O custo de fabricação será estimado multiplicando, respectivamente, para cada processo de fabricação necessário à construção do implemento (torneamento, frezamento, furação, corte, soldagem e montagem), o custo por hora de fabricação pelo tempo necessário de fabricação.

Também, será considerado um custo médio por hora de torneamento, frezamento e soldagem de R\$ 15,00, valor obtido junto à empresas prestadoras deste tipo de serviço. Para os processos de frezamento, montagem e furação será considerado um custo médio por hora de R\$ 10,00, e por hora de corte de chapas, R\$ 5,00. Nestes valores já estão inclusos os custos de mão de obra, encargos sociais, depreciação de maquinário, ferramentas, lucros das empresas, gabaritos, entre outros.

Os custos de material (chapas de aço, mancais, barras de aço, componentes prontos, entre outros) obtidos junto ao mercado, são mostrados na Tabela 4.6.

Tabela 4.6: Custos de aquisição de componentes e materiais.

DESCRIÇÃO DO COMPONENTE / MATERIAL	CUSTO DE AQUISIÇÃO
chapa de aço SAE 1020, espessura de 6,35 mm	R\$ 45,00 / m ²
tubo de aço, $\varnothing_{\text{int. nom.}}$ de 36 mm (1¼"), $\varnothing_{\text{ext.}}$ de 42,25 mm	R\$ 3,50 / m
tubo de aço, $\varnothing_{\text{ext.}}$ de 115 mm e $\varnothing_{\text{int.}}$ de 108 mm	R\$ 40,00 / m
ferro fundido	R\$ 1,50 / kg
ferro chato 3/16" x 1" (barra)	R\$ 5,97 / m
chapa de aço SAE 1020, espessura de 1,52 mm	R\$ 15,00 / m ²
rodas do sistema de suporte (\varnothing de 160 mm)	R\$ 19,00 a unidade
barra de aço SAE 1020, $\varnothing_{\text{nom.}}$ 1"	R\$ 9,30 / m
par de engrenagens do sistema de transmissão de potência	R\$ 60,00 a unidade
mancal de rolamento	R\$ 26,00 a unidade
corrente para o sistema de acionamento	R\$ 11,00 / m
roda dentada para o sistema de acionamento	R\$ 15,00 a unidade
polia para o sistema de acionamento	R\$ 19,00 a unidade
correia para o sistema de acionamento	R\$ 13,00 a unidade
acoplamento de atrito (embreagem mecânica)	R\$ 80,00

A) Estimativa do custo de produção do sistema de acionamento

A.1) Estimativa do custo de material

O sistema de acionamento das concepções I, II e III é composto de uma polia com dois canais, duas correias em “V”, um sistema esticador de correias, um eixo e dois mancais de rolamento com os devidos suportes. Estimando que o eixo do sistema terá aproximadamente um diâmetro de 25 mm e um comprimento de 350 mm, o seu custo estimado de material será de R\$ 3,30. E, para o sistema esticador de correias, considerando este formado por uma polia plana e uma alavanca, tem-se um custo estimado de material de R\$ 12,00. Portanto, considerando os custos apresentados na Tabela 4.6, tem-se um custo estimado de material de R\$ 120,00.

A concepção IV é composta de uma polia, duas correias em “V”, um acoplamento de atrito (embreagem mecânica), quatro mancais de rolamento com os devidos suportes e dois eixos. Estimando os eixos com diâmetro de 25 mm e comprimento de 150 mm, o seu custo estimado de material será de R\$ 2,80. Assim, o custo estimado de material desta concepção é de aproximadamente R\$ 230,00.

A.2) Estimativa do custo de fabricação

O custo de fabricação deste sistema pode ser sintetizado na Tabela 4.7.

Tabela 4.7: Estimativa do custo de fabricação para o sistema de acionamento.

	Concepções I, II e III	Concepção IV
Tempo estimado de torneamento	1 h	2 h
Tempo estimado de frezamento	1 h	1 h
Tempo estimado de soldagem	0,25 h	0,25 h
Custo estimado de fabricação do sistema	R\$ 33,75	R\$ 48,75

A.3) Estimativa do custo de montagem

Para as concepções I, II e III, estima-se um tempo de montagem de 3h, o que resulta em um custo de R\$ 30,00. E para a concepção IV, estima-se um tempo de 4h, devido à necessidade de maiores ajustes (embreagem mecânica). Isto resulta em um custo estimado de montagem de R\$ 40,00.

Assim, tem-se para o custo estimado de produção do sistema de acionamento os valores mostrados na Tabela 4.8.

Tabela 4.8: Estimativa do custo de produção do sistema de acionamento.

	Concepções I, II, e III	Concepção IV
	Esticador de correias	Acoplamento de atrito
A.1) Custo de material	R\$ 120,00	R\$ 230,00
A.2) Custo de fabricação	R\$ 33,75	R\$ 48,75
A.3) Custo de montagem	R\$ 30,00	R\$ 40,00
Custo estimado de produção do sistema de acionamento	R\$ 183,75	R\$ 318,75

B) Estimativa do custo de produção do sistema de transmissão

B.1) Estimativa do custo de material

O sistema de transmissão da concepção I compõe-se de um par de engrenagens, duas polias, duas correias em “V”, dois mancais de rolamento com os devidos suportes e um eixo.

Considerando os valores apresentados na Tabela 4.6 e, para o eixo um diâmetro de 25mm e um comprimento de 280 mm, os custos com material são estimados em R\$ 216,80.

Já a concepção II, é composta por cinco rodas dentadas, seis esticadores de corrente, um eixo, duas polias, uma correia em “V”, cinco mancais de rolamento com os devidos suportes e três correntes. Estimando-se usar um eixo com 25 mm de diâmetro e comprimento 500 mm, este terá um custo de material de R\$ 4,65. E para as correntes, estima-se utilizar um total de cinco metros, o que resulta em R\$ 55,00.

Assim, o custo estimado de material desta concepção é de R\$ 293,65.

A concepção III apresenta duas rodas dentadas, uma corrente, duas correias, duas polias, dois esticadores de corrente, dois eixos e dois mancais de rolamento com os devidos suportes. Considerando uma corrente de 1200 mm de comprimento, seu custo é de R\$ 13,20. E para os eixos, um de 300 mm de comprimento e outro de 100 mm, ambos de 25 mm de diâmetro, apresentam um custo estimado de R\$ 2,80 e R\$ 0,95 respectivamente. Portanto, esta concepção apresenta um custo estimado de material de R\$ 156,95.

E, para a concepção IV tem-se basicamente duas polias e duas correias em “V”, o que resulta em um custo de material de R\$ 64,00.

B.2) Estimativa do custo de fabricação

O custo de fabricação do sistema de transmissão pode ser sintetizado na Tabela 4.9.

Tabela 4.9: Estimativa do custo de fabricação do sistema de transmissão.

	Concepção I	Concepção II	Concepção III	Concepção IV
	Engrenagens	Correntes	Correntes	Correias
Tempo estimado de torneamento	2 h	3 h	2 h	2 h
Tempo estimado de frezamento	1 h	1 h	1 h	1 h
Tempo estimado de furação	0,25 h	1 h	0,25 h	0,5 h
Tempo estimado de soldagem	-	0,25 h	0,25 h	-
Custo estimado de fabricação do sistema	R\$ 62,50	R\$ 95,00	R\$ 67,50	R\$ 65,00

B.3) Estimativa do custo de montagem

Para as concepções I, II e IV, estima-se um tempo de montagem de aproximadamente 2h, o que resulta num custo de R\$ 20,00. E para a concepção II estima-se um tempo de montagem de 3,5 h, o que implica em R\$ 35,00.

Portanto, o custo estimado de produção do sistema de transmissão pode ser sintetizado na Tabela 4.10.

Tabela 4.10: Estimativa do custo de produção do sistema de transmissão

	Concepção I	Concepção II	Concepção III	Concepção IV
B.1) Custo de material	R\$ 216,80	R\$ 293,65	R\$ 156,95	R\$ 64,00
B.2) Custo de fabricação	R\$ 62,50	R\$ 95,00	R\$ 67,50	R\$ 65,00
B.3) Custo de montagem	R\$ 20,00	R\$ 35,00	R\$ 20,00	R\$ 20,00
Custo estimado de produção do sistema de transmissão	R\$ 299,30	R\$ 423,65	R\$ 244,45	R\$ 149,00

C) Estimativa do custo de produção do sistema estrutural

A mesma análise realizada para estimar os custos de material e fabricação dos sistemas anteriores é empregada na estimativa dos custos da estrutura do implemento, os quais estão sintetizados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11: Estimativa do custo de produção do sistema estrutural

	Concepção I	Concepção II	Concepção III	Concepção IV
	Chapas de aço*	Perfil tubular**	Perfil tubular**	Ferro fundido
Quantidade de material	0,9 m ²	6,5 m	5,5 m	95 kg
C.1) Custo de material da estrutura	R\$ 40,50	R\$ 23,00	R\$ 20,00	R\$ 142,50
Tempo estimado de corte	1,5 h	1,5 h	1,5 h	-
Tempo estimado de dobramento	-	1 h	1 h	-
Tempo estimado de soldagem	1 h	1,5 h	1,5 h	-
Tempo estimado de furação	1 h	1 h	1 h	-
C.2) Custo estimado de fabricação da estrutura	R\$ 32,50	R\$ 50,00	R\$ 50,00	R\$ 10,00
Custo estimado de produção da estrutura	R\$ 73,00	R\$ 73,00	R\$ 70,00	R\$ 152,50

*: chapa de aço SAE 1020, com 6,35 mm de espessura

** : tubo de aço, $\varnothing_{nom. int.}$ de 36 mm, $\varnothing_{ext.}$ de 42,25 mm.

D) Estimativa do custo de produção dos sistemas de corte e picagem

D.1) Estimativa do custo de material

Nas concepções I, III e IV, as funções de cortar e de picar são desempenhadas pelo mesmo mecanismo, ou seja, um tubo metálico (rotor) no qual são afixadas lâminas de corte. Assim, tal mecanismo é composto por um tubo com diâmetro externo de aproximadamente 115 mm e diâmetro interno de 108 mm, e comprimento de 1000 mm. As lâminas de corte são fabricadas a partir de uma barra de ferro chato de 4 mm x 25 mm e apresentam um comprimento de 120 mm. Tais lâminas são em número de 20, aproximadamente.

Além destes materiais, utiliza-se ainda dois eixos e dois mancais de rolamento, com os devidos suportes.

Desta forma, considerando os eixos com diâmetro de 25 mm e comprimento de 120 mm, e os valores da Tabela 4.6, tem-se para o custo de material destas concepções, o valor de R\$ 123,50.

Já para a concepção II, as funções de cortar e picar são desempenhadas por mecanismos distintos. O mecanismo de corte é composto por dois discos metálicos de 450 mm de diâmetro nos quais são afixadas lâminas de corte, dois eixos de 25 mm de diâmetro e 350 mm de comprimento e dois mancais de rolamento (os outros dois mancais de rolamento já foram considerados no sistema de transmissão).

E o mecanismo de picagem é composto de um tubo metálico no qual são afixadas facas oscilatórias, dois mancais de rolamento e dois eixos de 25 mm de diâmetro e 120 mm de comprimento.

Assim, considerando também os valores da Tabela 4.6, tem-se para o custo de material desta concepção, o valor de R\$ 289,00.

D.2) Estimativa do custo de fabricação

A mesma análise realizada para estimar os custos de fabricação dos sistemas anteriores é empregada aqui para estimar os custos de fabricação dos sistemas de corte e picagem. Tais custos estão sintetizados na Tabela 4.12.

Tabela 4.12: Estimativa dos custos de fabricação dos sistemas de corte e picagem

	Concepções I, III e IV	Concepção II
Tempo estimado de corte	0,5 h	1 h
Tempo estimado de torneamento	2 h	3 h
Tempo estimado de fresamento	1 h	1,5 h
Tempo estimado de furação	2 h	2,5 h
Tempo estimado de dobramento	0,3 h	0,5 h
Tempo estimado de soldagem	2,5	2,5 h
Custo estimado de fabricação dos sistemas	R\$ 108,00	R\$ 140,00

D.3) Estimativa do custo de montagem

Para as concepções I, III e IV, estima-se um tempo de montagem de aproximadamente 3h, o que implica em um custo estimado de R\$ 30,00. E para a concepção II, estima-se um tempo de montagem de 4h, resultando em um custo de R\$ 40,00.

Assim, o custo estimado de produção dos sistemas de corte e picagem está sintetizado na Tabela 4.13.

Tabela 4.13: Estimativa do custo de produção dos sistemas de corte e picagem.

	Concepções I, III e IV	Concepção II
D.1) Custo de material	R\$ 123,50	R\$ 289,00
D.2) Custo de fabricação	R\$ 108,00	R\$ 140,00
D.3) Custo de montagem	R\$ 30,00	R\$ 40,00
Custo estimado de produção dos sistemas de corte e picagem	R\$ 261,50	R\$ 469,00

E) Estimativa do custo de produção do sistema de distribuição dos fragmentos

O sistema de distribuição dos fragmentos é composto basicamente de um defletor fixo, o qual direciona o material cortado para a parte posterior do implemento. Com a mesma análise realizada para estimar os custos de material, fabricação e montagem dos sistemas anteriores, estimam-se os custos dos sistema de distribuição, os quais estão mostrados na Tabela 4.14.

Tabela 4.14: Estimativa do custo de produção do sistema de distribuição dos fragmentos.

	Concepções I, III e IV	Concepção II
Quantidade de material	0,8m ²	1m ²
E.1) Custo estimado de material	R\$ 12,00	R\$ 15,00
Tempo estimado de corte	0,1 h	0,1 h
Tempo estimado de dobramento	0,25 h	0,25 h
Tempo estimado de soldagem	0,25 h	0,25 h
E.2) Custo estimado de fabricação da estrutura	R\$ 8,00	R\$ 8,00
Custo estimado de produção da estrutura	R\$ 20,00	R\$ 23,00

F) Estimativa do custo de produção do sistema de suporte e regulagem da altura de corte

O sistema de suporte e regulagem da altura de corte é composto por duas rodas de giro livre, sendo que nas concepções I e IV o ajuste da altura é do tipo discreto. Já nas concepções II e III, o ajuste da altura é do tipo contínuo.

Pela simplicidade apresentada, e levando-se em conta os valores da Tabela 4.6, estima-se um custo de produção para as concepções I e IV de R\$ 83,00, e para as concepções II e III, R\$ 115,00.

Ainda, na estimativa do custo de produção do implemento, deve-se considerar um tempo necessário à montagem final das concepções. Assim, estimando que sejam necessárias 5h para a montagem das concepções, o seu custo estimado de montagem final é de R\$ 50,00.

Resumindo, o custo estimado de produção das alternativas de concepção, obtido através da soma dos custos estimados anteriormente, está sintetizado na Tabela 4.15.

Tabela 4.15: Estimativa do custo de produção das alternativas de concepção.

	Concepção I	Concepção II	Concepção III	Concepção IV
Custo de produção				
Sistema de acionamento	R\$ 183,75	R\$ 183,75	R\$ 183,75	R\$ 318,75
Sistema de transmissão	R\$ 299,30	R\$ 423,25	R\$ 244,45	R\$ 149,00
Estrutura	R\$ 73,00	R\$ 73,00	R\$ 70,00	R\$ 152,50
Sistema de corte e picagem	R\$ 261,50	R\$ 469,00	R\$ 261,50	R\$ 261,50
Sistema de distribuição dos fragmentos	R\$ 20,00	R\$ 23,00	R\$ 20,00	R\$ 20,00
Sistema de suporte e regulagem da altura de corte	R\$ 83,00	R\$ 115,00	R\$ 115,00	R\$ 83,00
Montagem final	R\$ 50,00	R\$ 50,00	R\$ 50,00	R\$ 50,00
Custo estimado de produção do implemento	R\$ 970,55	R\$ 1337,40	R\$ 944,70	R\$ 1034,75

A seguir, conforme propõe a metodologia no passo 8, deve-se desenvolver uma matriz de decisão de apoio ao processo de seleção da alternativa de concepção do implemento. Tal matriz traz uma avaliação de cada uma das concepções propostas, perante os requisitos técnicos. Após esta análise, obtém-se um Índice de Desempenho Técnico (IDT) para cada concepção; este índice então é analisado conjuntamente com o valor do custo estimado de produção de cada alternativa de concepção e, a partir daí, faz-se a escolha da melhor alternativa de concepção para o implemento.

Na avaliação técnica das alternativas de concepção, os símbolos utilizados apresentam a seguinte correspondência numérica:

● ⇒ desempenho excelente ⇒ 10

⊙ ⇒ desempenho satisfatório ⇒ 5

○ ⇒ desempenho fraco ⇒ 1

A Tabela 4.16 traz a matriz de decisão de auxílio à seleção da melhor concepção para o produto.

Tabela 4.16: Matriz de decisão para seleção da alternativa de concepção do produto.

REQUISITOS TÉCNICOS	PR _{RT}	ALTERNATIVAS DE CONCEPÇÃO			
		I	II	III	IV
		AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE CONCEPÇÃO			
cobertura uniforme	9,15	●	⊙	●	●
tempo de fabricação	8,54	⊙	○	⊙	⊙
largura de trabalho	8,52	●	●	●	●
fragmentos adequados	8,48	●	⊙	●	●
vida útil	8,07	●	●	●	●
peças padronizadas	7,82	⊙	⊙	⊙	○
massa total	7,27	⊙	○	⊙	○
freqüência de manutenção	6,84	●	⊙	●	⊙
potência consumida	6,46	⊙	○	⊙	○
número de materiais diferentes	4,83	⊙	⊙	⊙	○
partes móveis expostas	4,79	●	●	●	●
tempo de manutenção	4,73	⊙	⊙	●	⊙
tempo para acoplamento	4,67	●	⊙	●	⊙
número de operadores	4,16	●	●	●	●
nível de ruído	3,80	⊙	○	⊙	●
componentes recicláveis	1,87	●	●	●	●
ÍNDICE DE DESEMPENHO TÉCNICO (IDT)		782,75	532,77	806,4	638,68
CUSTO ESTIMADO DE PRODUÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE CONCEPÇÃO		R\$ 970,55	R\$ 1337,40	R\$ 944,70	R\$ 1034,75

De posse dos resultados apresentados na Tabela 4.16, percebe-se que a alternativa de concepção II apresenta o menor índice de desempenho técnico e, o maior custo estimado de produção. Isto porque tal concepção apresenta dois sistemas distintos para realizar o corte e a picagem da cobertura vegetal, o que pode acarretar em maiores dificuldades técnicas e maiores custos.

Já a concepção IV, com estrutura em ferro fundido e sistema de transmissão composto por embreagem mecânica, apresenta uma massa total maior do que as outras concepções, podendo ocasionar maior consumo de combustível e maior tempo para acoplamento ao trator de rabiças. Soma-se a isto o fato da não padronização destes componentes, o que acarreta em aumento de custos.

E, as concepções I e III apresentam índices de desempenho técnico e custos estimados bastante próximos. Porém, no requisito técnico tempo de manutenção, a concepção I apresenta valor um pouco inferior, devido ao sistema de transmissão, este composto por engrenagens.

Assim, para se proceder à seleção da alternativa de concepção do produto, deve-se procurar por uma solução que alie um desempenho técnico superior a um custo estimado mais baixo. E, pela Tabela 4.16, obtém-se esta combinação na concepção III. Assim, tal concepção é apresentada na Figura 4.8, e foi escolhida como solução para o problema apresentado.

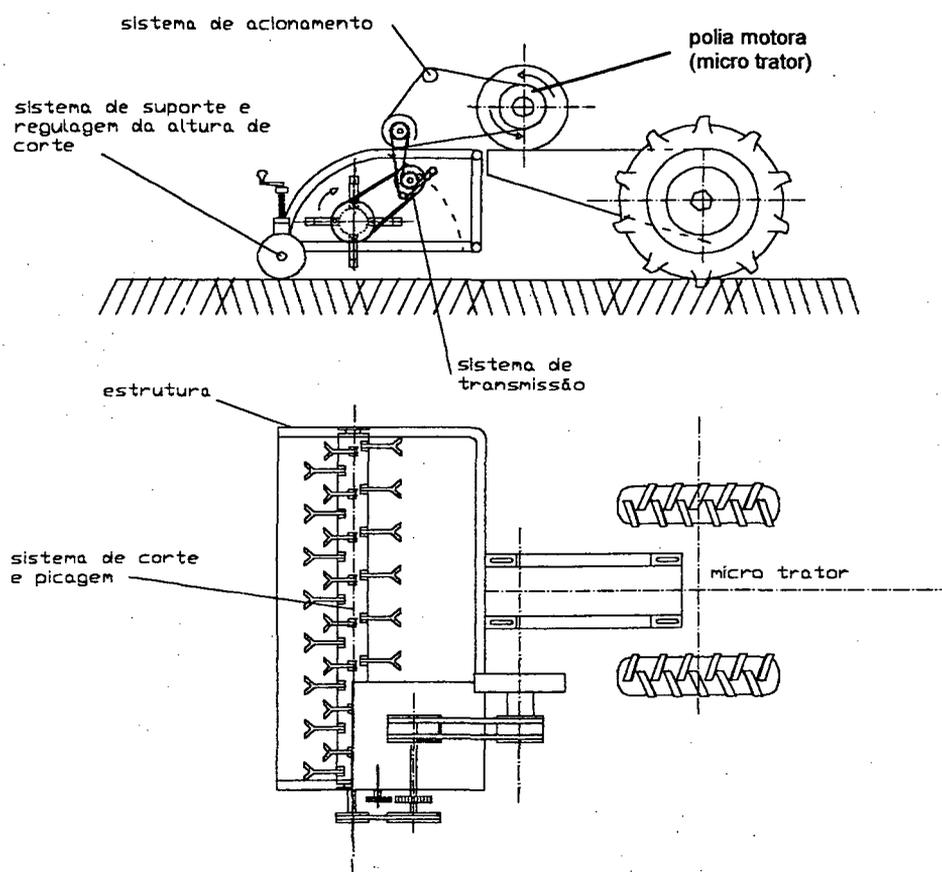


Figura 4.8: Concepção escolhida para o picador de cobertura vegetal.

Concebida então a solução conceitual para o implemento, parte-se agora para um maior detalhamento de projeto, definindo formas, dimensões e esforços, bem como os demais valores que se fizerem necessários.

CAPÍTULO V

PROJETO PRELIMINAR

5.1 INTRODUÇÃO

Uma vez definida a solução conceitual, neste capítulo apresenta-se o desenvolvimento preliminar do picador de cobertura vegetal. Determina-se aqui o leiaute dos seus respectivos sistemas, bem como todo o dimensionamento que se fizer necessário.

Obedecendo a um encadeamento lógico, estabeleceu-se que os sistemas primeiramente abordados seriam corte e picagem, estrutura, transmissão de potência e acionamento, e suporte e regulagem da altura de corte. Os demais sistemas, tais como a interface do implemento com o trator e as proteções que visam proporcionar segurança ao operador, serão abordados na seqüência.

Por fim, determinou-se o centro de gravidade do implemento, bem como sua massa total.

5.2 SISTEMA DE CORTE E PICAGEM

Numa primeira análise sobre tal sistema, faz-se necessário definir suas dimensões principais, tais como a largura de corte, o diâmetro do tubo do rotor e o diâmetro total do conjunto tubo do rotor com as facas de corte, em regime de trabalho.

Assim, a julgar pelas informações levantadas no Capítulo 3 relativas aos parâmetros mecânicos, procurou-se definir tais dimensões, principalmente a largura de corte, tendo por base a largura total do trator de rabiças (cerca de 870 mm). Ainda, segundo Kanafojski et al (1972), já citado no Capítulo 3, picadores do tipo facas oscilantes podem apresentar um consumo de potência bastante alto, dependendo da velocidade periférica das facas, da velocidade de deslocamento da máquina e da largura de trabalho. Isto posto, adotou-se preliminarmente a dimensão de 1000 mm para a largura de corte, 115 mm para o diâmetro do tubo do rotor e 360 mm para o diâmetro total do conjunto tubo do rotor com as facas de corte, em regime de trabalho.

Num próximo passo, tendo em mente as dimensões supracitadas, foram estudadas e definidas as facas de corte, sua geometria e forma de ação.

5.2.1 GEOMETRIA E DISPOSIÇÃO DAS FACAS OSCILANTES

Quando do levantamento do estado da arte, foram identificados diferentes tipos de ferramentas possíveis de serem utilizadas como facas oscilantes, sendo cada uma mais apropriada para determinada situação ou terreno (corte de gramíneas, terrenos com pedras, trituração de restos de culturas, trituração de galhos, etc.).

Algumas destas facas são mostradas na Figura 5.1.

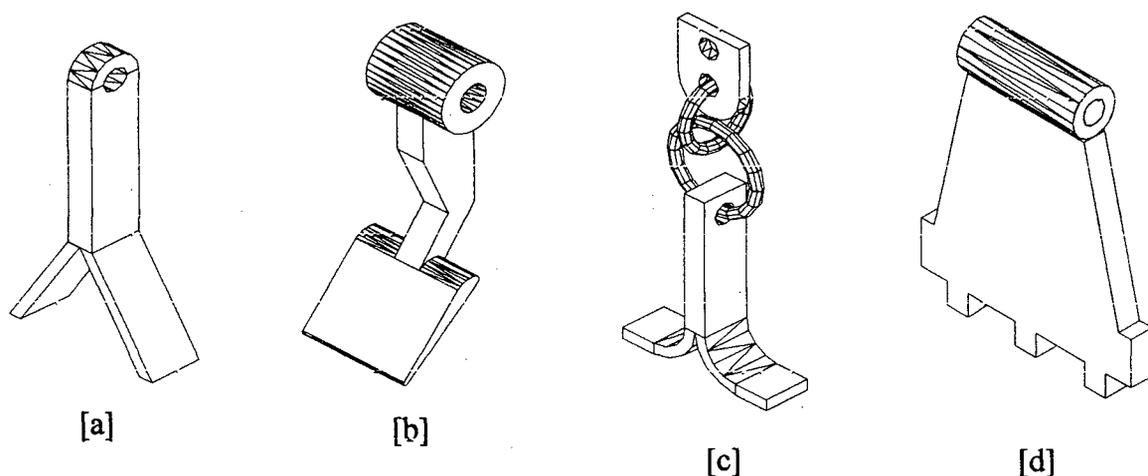


Figura 5.1: Alguns tipos de facas para picadores – [a] padrão, [b] corte de arbustos, [c] corte de gramíneas, [d] trituração de galhos.

No presente projeto optou-se pelo uso da faca padrão ou *standard* (tipo [a]), por ser o tipo que melhor se adapta ao manejo de coberturas vegetais, segundo fabricantes de picadores de grande porte. Assim, visando compatibilizar as dimensões preestabelecidas para o rotor, adotou-se a geometria mostrada na Figura 5.2 para as facas de corte. E, o material a se utilizar para sua confecção será aço ABNT 1020.

Evidentemente, com o uso continuado do equipamento, ocorrerá o desgaste do gume de corte, sendo necessária a reafiação das facas. Assim, procurando otimizar esta operação, as facas são providas de gumes cortantes em ambos os lados, tornando-as reversíveis.

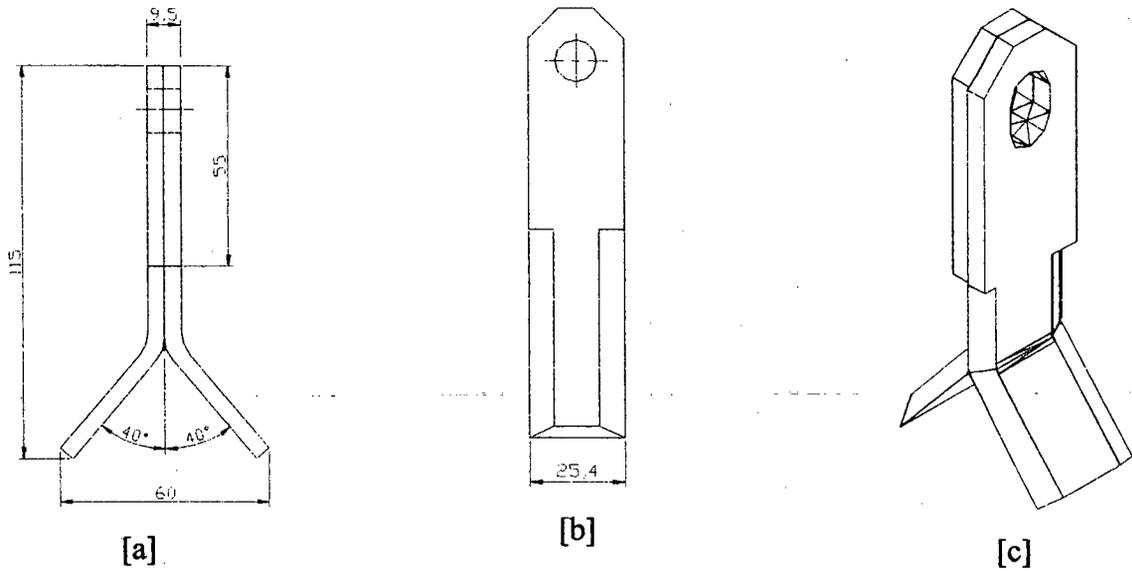


Figura 5.2: Geometria das facas de corte – [a] vista frontal, [b] vista lateral, [c] vista em perspectiva (Dimensões em mm, s/ escala).

Levando em conta a largura das facas (60 mm), para uma largura de corte total da ordem de 1000 mm, ter-se-ia em torno de 17 facas, o que causaria certa dificuldade no que diz respeito à fabricação (disposição das facas no tubo do rotor). Portanto, adotou-se um total de 20 facas dispostas radialmente em 4 fileiras com 5 facas cada, conforme mostra a Figura 5.3.

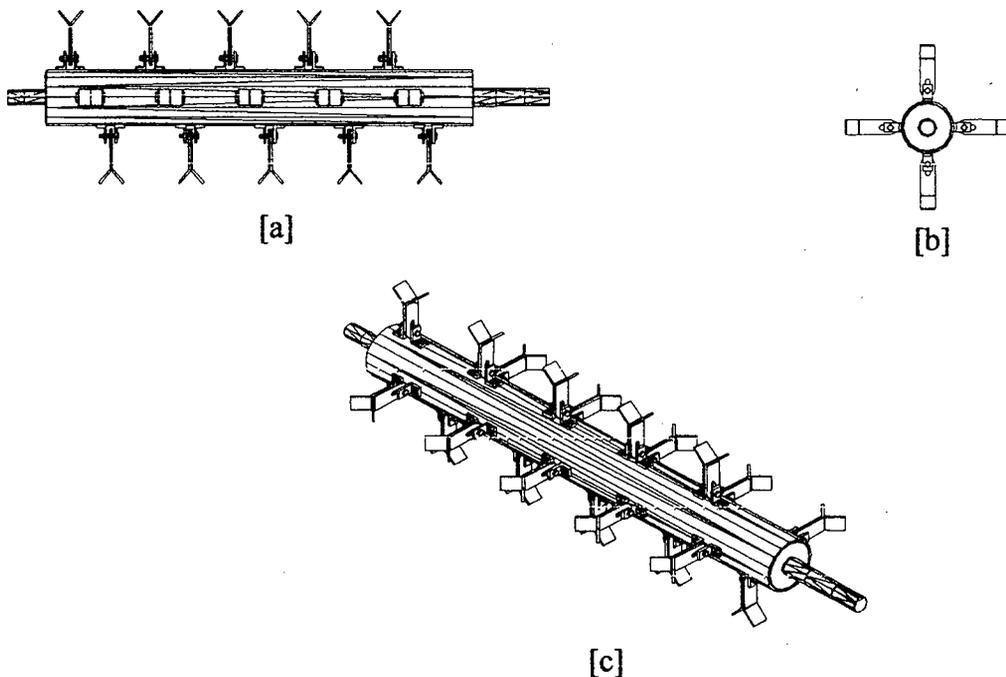


Figura 5.3: Disposição das facas de corte no tubo do rotor – [a] vista frontal, [b] vista lateral, [c] vista em perspectiva.

Ainda, cada fileira está defasada de 90° em relação à fileira adjacente e, para que não ocorressem falhas no corte da cobertura, as facas foram dispostas em forma helicoidal ao redor do tubo do rotor.

Esta disposição permitiu uma “varredura” completa ao longo de toda a largura de corte sendo que, com tal arranjo conseguiu-se uma sobreposição em torno de 12 mm na trajetória de cada faca em relação à sua vizinha, conforme mostra a Figura 5.4.

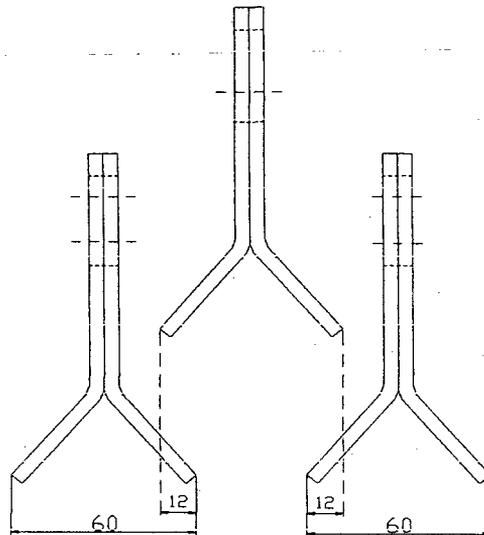


Figura 5.4: Sobreposição na trajetória das facas, decorrentes de seu posicionamento.

Quanto à fixação das facas no tubo do rotor, mostrada esquematicamente na Figura 5.5, esta foi feita por apoios (2) soldados ao tubo (5), sendo as facas seguras por um pino de aço (3).

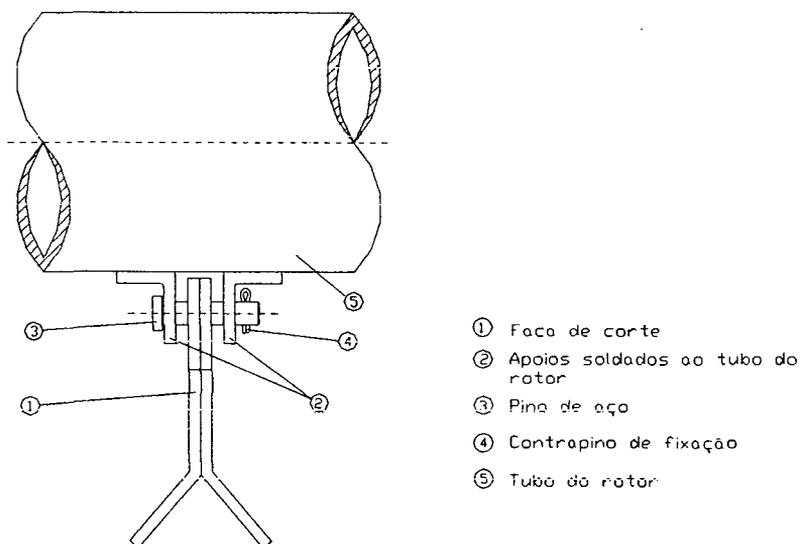


Figura 5.5: Detalhe da fixação das facas ao rotor

Com relação à necessidade de se realizar algum tipo de tratamento térmico nas facas de corte, visando o aumento da dureza e conseqüentemente da resistência ao desgaste, esta será avaliada quando da etapa de testes do protótipo. Assim, a princípio nenhum tratamento térmico será feito, o que evidentemente ajudará na redução dos custos de construção do protótipo.

E, para finalizar a descrição deste subconjunto, em cada extremidade do tubo do rotor foram soldadas pontas de eixo, nas quais foram montados mancais de rolamento rígidos de uma carreira de esferas do tipo “unidade de rolamento tipo flange”. Tal mancal permite um desalinhamento axial em torno de 5° a 6°, o que acaba facilitando grandemente a montagem do protótipo.

5.2.2 POTÊNCIA CONSUMIDA PELO SISTEMA DE CORTE E PICAGEM

Devido a falta de bibliografia a respeito, a determinação exata da potência consumida pelo sistema de corte e picagem torna-se bastante difícil. De acordo com Persson (1987), diversos são os fatores que influem na potência consumida quando do corte de plantas:

- taxa de alimentação da máquina;
- comprimento de corte;
- umidade das plantas;
- estágio de desenvolvimento das plantas;
- diferentes espécies de plantas;
- altura do material a ser cortado;
- velocidade de corte;
- largura de corte;
- geometria das facas de corte;
- natureza do corte, se reto ou oblíquo;
- distância entre a faca de corte e a contra-faca;
- geometria da contra-faca, entre outros.

Também de acordo com Persson (1987), o tipo de corte efetuado pelo implemento aqui em desenvolvimento é chamado de “corte por impacto” ou “corte livre”. Isso devido ao fato de não haver uma contra-faca que suporte o material a ser cortado, tal como ocorre em máquinas forrageiras, por exemplo. Assim, a força de reação necessária ao corte é fornecida pela inércia da planta e pela ancoragem desta ao solo.

De maneira bastante simplificada, pode-se representar as forças atuantes em uma planta submetida a um corte por impacto, de acordo com a Figura 5.6.

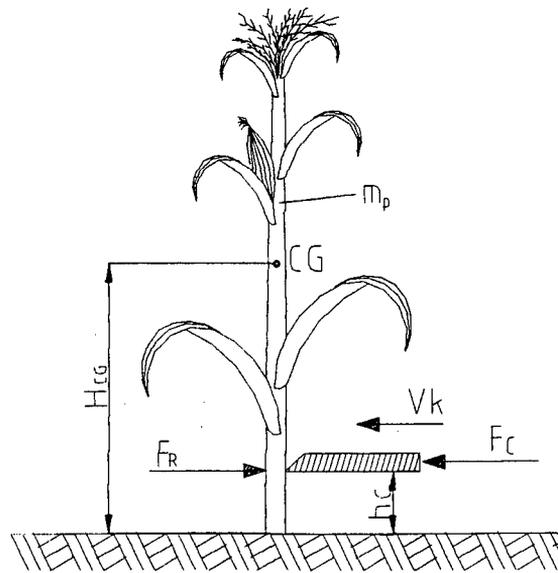


Figura 5.6: Forças atuantes no caule de uma planta em um corte por impacto.

Com base nesta representação, Wieneke (1972) citado por Persson (1987), determinou a menor velocidade de corte v_k necessária para que haja o cisalhamento do caule da planta:

$$v_k = \sqrt{\frac{(F_C - F_R) \cdot h_c \cdot d}{h_{CG} \cdot m_p \cdot 1000}} \quad (\text{m/s}) \quad (5.1)$$

onde F_c é a força de corte (N), F_R a força resistente ao corte (N), h_c a altura do corte em relação ao solo (m), d o diâmetro do caule (mm), h_{CG} a altura do centro de gravidade da planta em relação ao solo (m) e m_p a massa da planta (kg).

Devido a grande variação das características das plantas, bem como a grande variedade destas, a determinação de F_R torna-se complexa, devendo ser feita experimentalmente. Porém, Persson (1987) apresenta alguns resultados de testes realizados por outros pesquisadores.

Chancellor (1987) observou que velocidades de corte da ordem de 10 m/s foram suficientes, na maior parte dos casos, para realizar cortes por impacto, e que valores mínimos de 20 a 25 m/s foram necessários em alguns casos. Concluiu também, que se a altura de corte em relação ao solo diminuir, menores velocidades de corte podem ser aplicadas. Outro pesquisador, Dobler (1972), observou que velocidades de corte v_k da ordem de 10 m/s foram

consideradas satisfatórias em plantas de caule espesso, tais como o girassol e “sudan grass” (espécie de gramínea semelhante ao capim elefante anão).

De acordo com Kanafojski (1972), já citado no Capítulo 3, em picadores do tipo facas oscilantes, o valor da razão entre a velocidade de deslocamento da máquina v_m e a velocidade de corte v_k é de grande importância. Testes mostraram que os melhores resultados (menores consumos de potência) foram obtidos quando

$$\frac{v_m}{v_k} \cong \frac{1}{20} \quad (5.2)$$

Ainda, o mesmo autor apresenta um exemplo das variações do consumo de potência (HP/m_{linear} de largura de trabalho) para diferentes velocidades de deslocamento da máquina, bem como para diferentes velocidades periféricas das facas. A Figura 5.7 apresenta estes dados.

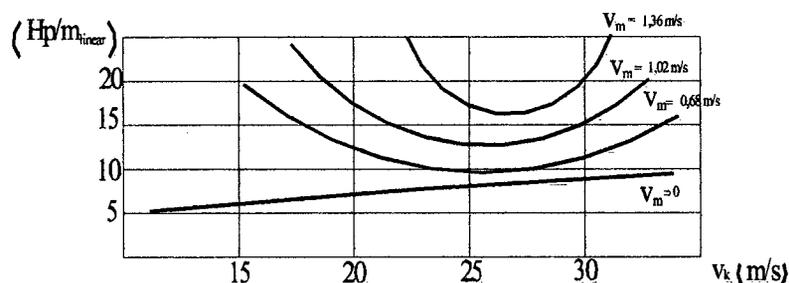


Figura 5.7: Variação do consumo de potência de um picador, dependendo de v_m e v_k .

Cobertura de alfafa, com 77% de umidade. Kanafojski (1972).

Da análise deste gráfico, conclui-se que o menor consumo de potência específico é conseguido quando v_k atinge cerca de 27 m/s. Substituindo este valor na equação 5.2, obtém-se um valor de v_m da ordem de 1,35 m/s.

Tendo em mente a rotação inicialmente adotada para o sistema de corte e picagem (1500 rpm) do picador de cobertura vegetal, bem como sua geometria, obtém-se a velocidade de corte v_k em torno de 25 m/s. Porém, para esta velocidade e aplicando a equação 5.2, o valor correspondente de v_m chega a 1,25 m/s, o que acarreta um consumo maior de potência.

Assim, levando em conta a limitação da potência disponível (10,44 kW) devido ao uso do trator de rabiças, procurou-se fixar para a velocidade de deslocamento da máquina o valor de 0,58 m/s (2,08 km/h), que é a velocidade obtida na segunda marcha do trator.

A potência total requerida para o sistema de corte e picagem pode ser calculada pela equação

$$N_T = N_C + N_V + N_E + N_F + N_P \quad (5.3)$$

onde N_C é a potência necessária para cortar e picar o material, N_V a potência necessária para vencer a resistência do ar ao movimento das facas, N_E a potência necessária para acelerar o material, N_F a potência necessária para vencer a fricção do material com as partes estacionárias da máquina e N_P a potência necessária para vencer o atrito entre as partes móveis da máquina (perdas mecânicas).

De acordo com Persson (1987), a potência requerida para cortar e picar o material é proporcional à energia de corte específica, bem como à quantidade de material a ser cortado. Conforme já mencionado, a determinação exata da potência de corte é bastante complexa, sendo por este motivo que alguns pesquisadores o fazem de maneira experimental.

Bockhop e Barnes (1955) realizaram experimentos com colhedoras de forragens, nas quais os elementos de corte atuavam como as facas oscilantes já aqui descritas.

Tais experimentos foram conduzidos com duas espécies de forragens, a saber: a alfafa, cuja semelhança com a aveia é bastante grande e a “sudan grass”. E, como principal objetivo destes testes procurou-se determinar as solicitações de potência impostas por tais colhedoras.

Basicamente, foram analisados dois modelos de colhedoras de forragens: o modelo “standard” (do original *standard model*) e o modelo “econômico” (do original *economy model*). Na Figura 5.8, são mostrados os fluxos de material cortado, para cada um dos modelos. E na Figura 5.9, são mostrados os elementos de corte para cada um dos modelos.

Assim, utilizando-se de técnicas de instrumentação, bem como de análise de regressão linear, foram determinadas as solicitações de potência para cada um dos modelos testados.

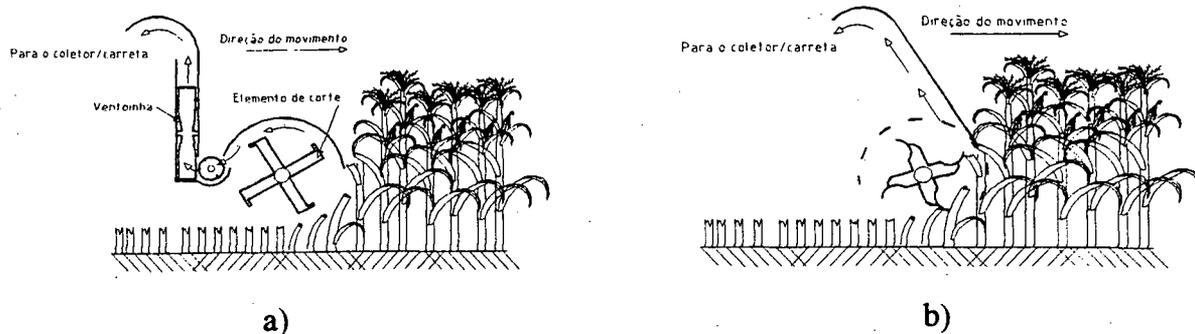


Figura 5.8: Fluxo do material cortado - a) modelo "standard", b) modelo "econômico".



Figura 5.9: Elementos de corte utilizados por Bockhup e Barnes (1955) - a) modelo "standard", b) modelo "econômico".

Para o modelo "standard", cujo princípio de funcionamento apresenta grande semelhança com o picador de cobertura aqui em desenvolvimento, a equação resultante para o cálculo da potência de corte é:

$$P_C = 2,85 + 0,0389.A_1 \quad \text{para alfafa} \quad (5.4)$$

e

$$P_C = 2,27 + 0,03.A_1 \quad \text{para "sudan grass"} \quad (5.5)$$

onde A_1 é a taxa de alimentação, em lb/min e P_C a potência de corte, em HP.

Segundo os citados autores, nas equações 5.4 e 5.5 estão inclusos os valores da potência necessária ao corte das plantas, a potência necessária para picar o material cortado, a potência necessária para acelerar o material e a potência gasta devido ao atrito do material em contato com as partes estacionárias da máquina (proteções). Mencionam ainda, que não foi possível separar cada um destes valores e determiná-los individualmente.

Desta forma, levando em conta as características das forragens trabalhadas, sua semelhança com a aveia e com o capim elefante anão, respectivamente, bem como o princípio de funcionamento do modelo "standard" analisado, utilizou-se das equações supracitadas para uma primeira aproximação da potência consumida no picador de cobertura vegetal.

Retornando à equação 5.3, com relação a potência requerida para ventilação (resistência do ar ao movimento das facas), esta não será considerada no cálculo da potência final para o implemento, pois para a sua determinação não foram encontrados dados na bibliografia consultada.

E, com relação às perdas mecânicas, considerando os diversos elementos de transmissão, adotou-se um rendimento mecânico de 94% (Niemann, 1971), o qual resulta em aproximadamente 0,84 HP (0,62 kW) de potência. Corrigindo então as equações 5.4 e 5.5, obteve-se para a potência total

$$P_C = 3,69 + 0,0389.A_1 \quad \text{para alfafa e/ou aveia} \quad (5.6)$$

e

$$P_C = 3,11 + 0,03.A_1 \quad \text{para "Sudan grass" e/ou capim elefante anão} \quad (5.7)$$

Portanto, a determinação da potência consumida no corte e picagem da cobertura vegetal fica dada em função somente da taxa de alimentação, ficando implícitas as variáveis velocidade de deslocamento da máquina e largura total de corte.

A título de exemplificação, a aveia preta apresenta uma quantidade aproximada de massa verde de 20 ton/ha; considerando a velocidade de deslocamento da máquina de 2,08 km/h e a largura de corte, já preestabelecida em 1000 mm, obtém-se uma taxa de alimentação média da ordem de 1,155 kg/s, ou 152,38 lb/min. Levando este valor na equação 5.6, chega-se a um consumo de potência de 9,61 HP, ou 7,069 kW.

Porém, como pretende-se utilizar para os testes do picador as espécies de cobertura vegetal crotalária (em média 35 ton/ha de massa verde), mucuna preta (23 ton/ha de massa verde) e milho intercalado com vegetação de menor porte (o qual fornece cerca de 20 ton/ha de massa verde), procurou-se estimar o consumo de potência que o picador apresentaria, tendo por base então as equações 5.6 e 5.7.

A Tabela 5.1 traz os valores da taxa de alimentação, bem como de potência consumida para algumas espécies vegetais, tendo por base a velocidade de deslocamento do implemento (em 1ª e 2ª marchas).

Deve-se salientar o fato de que, quando da estimativa do consumo de potência no processamento de outros tipos de cobertura, que não as citadas por Bockhup e Barnes (1955), as equações 5.6 e 5.7 deveriam sofrer correções. Desta forma tais correções deveriam, conforme já citado, ser feitas de maneira experimental o que exigiria um estudo mais aprofundado, conseqüentemente fugindo do objetivo principal deste trabalho.

Tabela 5.1: Estimativa do consumo de potência para o corte e picagem de algumas espécies de cobertura vegetal.

	$P_C = 3,69 + 0,0369.AI$		$P_C = 3,11 + 0,03.AI$	
	F (lb/min)	P _C (HP)	F (lb/min)	P _C (HP)
1ª marcha: 1,31 km/h				
aveia preta (20 ton _{mv} /ha)*	96	7,42		
milho com veget. de menor porte (20 ton _{mv} /ha)			96	5,99
mucuna preta (23 ton _{mv} /ha)			110,4	6,42
capim elefante anão (25 ton _{mv} /ha)			119,96	6,71
crotalária (35 ton _{mv} /ha)	168	10,23		
2ª marcha: 2,08 km/h				
aveia preta (20 ton _{mv} /ha)	152,38	9,61		
milho com veget. de menor porte (20 ton _{mv} /ha)			152,38	7,68
mucuna preta (23 ton _{mv} /ha)			175,31	8,37
capim elefante anão (25 ton _{mv} /ha)			190,55	8,83
crotalária (35 ton _{mv} /ha)	266,77	14,06		

*: toneladas de massa verde por hectare

Graficamente, as equações acima apresentam-se como retas de diferentes inclinações, conforme mostra a Figura 5.10.

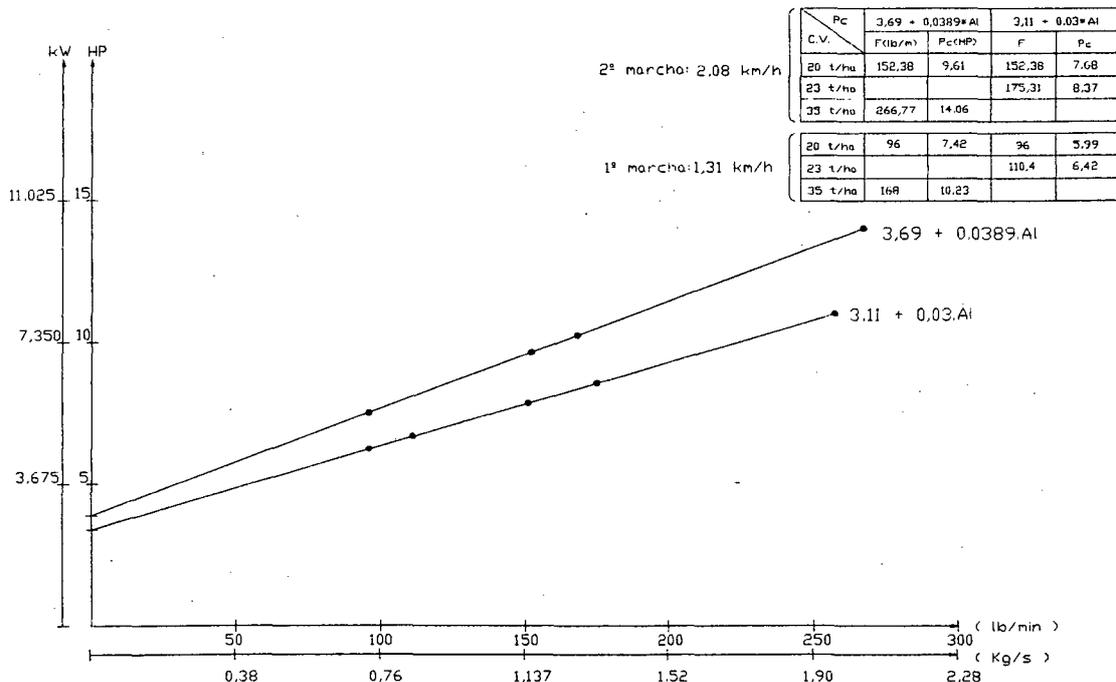


Figura 5.10: Potência necessária ao corte e picagem das coberturas vegetais “versus” taxa de alimentação.

Porém, o que levou ao uso das equações anteriores para estimar a potência consumida quando do corte e picagem de outras coberturas foi o fato destas espécies apresentarem alguma semelhança com as espécies trabalhadas pelos referidos autores. Por exemplo, o milho possui semelhança com o capim elefante anão, no que diz respeito ao seu porte; já a crotalária, não apresenta semelhanças com as espécies manejadas pelos referidos autores. Isto faz com que o uso das equações 5.6 e 5.7 para o cálculo da potência consumida deve ser feito com cautela. Também, a mucuna não apresenta semelhanças com as outras espécies; porém, em fase de maturação esta mostra-se bastante suscetível ao corte, podendo ser manejada com relativa facilidade.

Conclui-se portanto, que trabalhando em baixas velocidades de deslocamento (em 1ª e 2ª marchas no trator de rabiças), a potência disponível ao picador (cerca de 10,44 kW) é suficiente para se proceder ao manejo das coberturas vegetais. Ressalta-se apenas o fato de que, para cada tipo de cobertura há uma marcha de trabalho mais apropriada, como pôde ser visto no resultado da equação 5.6, manejo da espécie crotalária trabalhando em 2ª marcha (o consumo de potência extrapolou a disponível). A verificação e validação das equações 5.6 e 5.7 será feito quando da fase de testes do protótipo.

5.2.3 BALANCEAMENTO DO SISTEMA DE CORTE E PICAGEM

Devido à distribuição das facas em torno do tubo do rotor (distribuição helicoidal), bem como à alta rotação de trabalho (em torno de 1500 rpm), surgiu a necessidade de se balancear o rotor, balanceamento este estático e dinâmico. A Figura 5.11 mostra as forças centrífugas provenientes de cada uma das facas, e sua distribuição ao longo do tubo do rotor.

De acordo com Mabie e Ocvirk (1980), para que o rotor esteja balanceado estática e dinamicamente, as equações

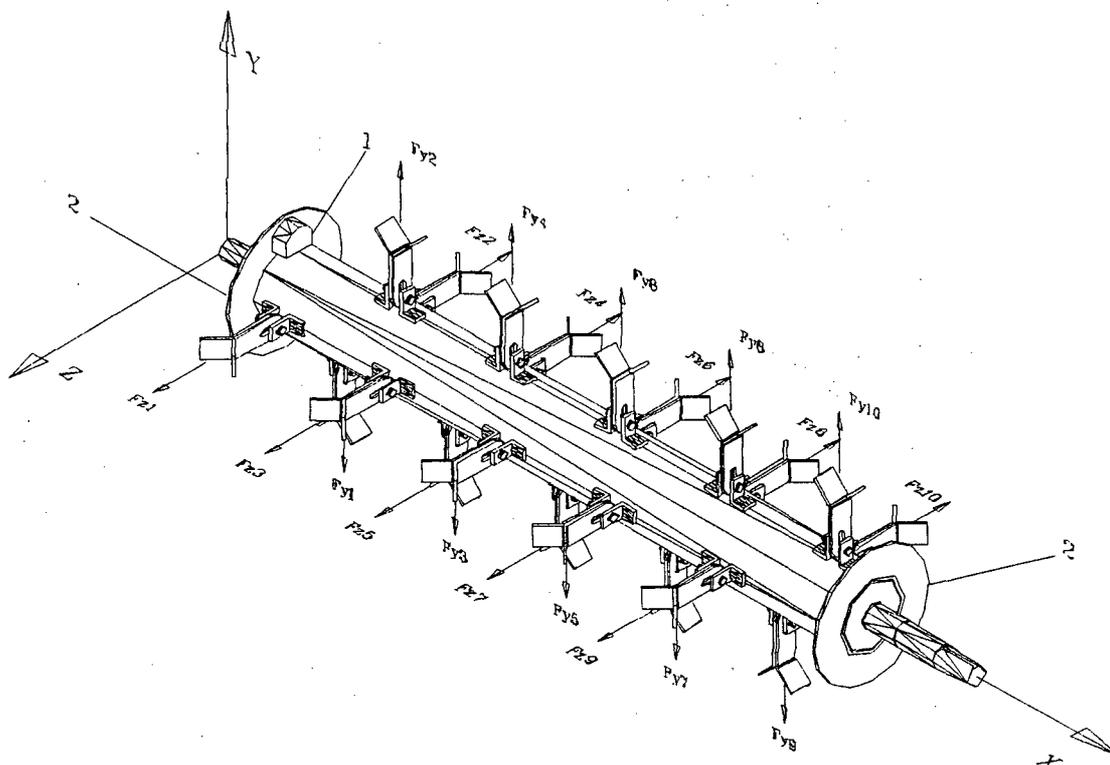
$$\sum F(y,z) = 0 \quad (5.8)$$

e

$$\sum M(y,z) = 0 \quad (5.9)$$

devem ser satisfeitas.

Porém, como tem-se uma situação em que as massas desbalanceadas estão em planos axiais diferentes, partiu-se direto para o balanceamento dinâmico, pois este estando satisfeito, também o estará o balanceamento estático.



- (1) massas de balanceamento
- (2) anéis de aço

Figura 5.11: Distribuição das forças centrífugas provenientes de cada faca, ao longo do tubo do rotor.

Assim, tal procedimento foi efetuado junto à Empresa Retífica Nereu Ltda., a qual possui uma máquina balanceadora marca Subra-Zanrosso, modelo 217/MS 800, mostrada na Figura 5.12. O equipamento então detectou a necessidade da colocação de duas massas (1) de 150 gramas cada nas extremidades do rotor, diametralmente opostas, conforme mostra a Figura 5.11.

Além das massas balanceadoras, foram acrescentados dois anéis de aço (2) nas extremidades do rotor (conforme mostra a Figura 5.11), com o intuito de proteger os eixos do rotor, bem como auxiliar no balanceamento dinâmico do conjunto.

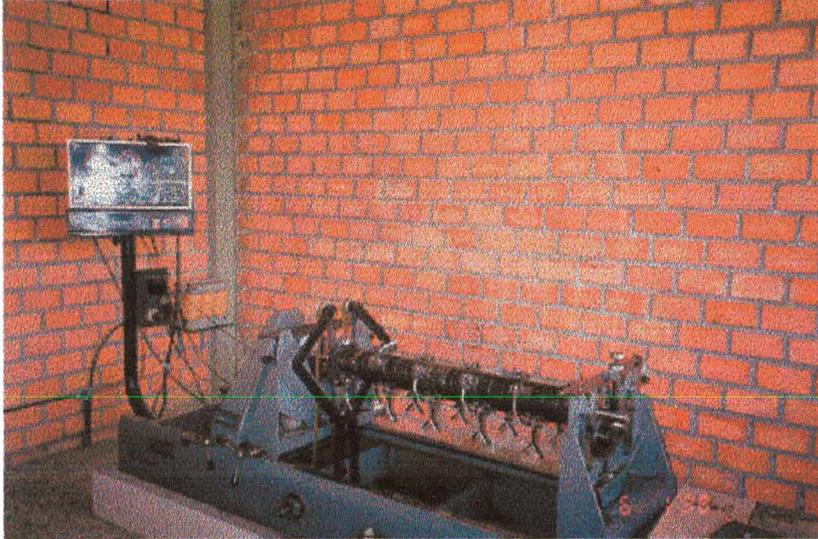


Figura 5.12: Máquina balanceadora Subra-Zanrosso (Gentileza Retífica Nereu - Palhoça, SC.)

5.3 SISTEMA ESTRUTURAL

Tendo em mente a solução conceitual escolhida no capítulo anterior, procurou-se determinar quais as melhores formas para a estrutura do implemento, considerando também todos os outros sistemas que a ele seriam agregados. Desta forma, como parâmetro principal já preestabelecido, as dimensões do conjunto tubo do rotor com as facas de corte, em regime de trabalho, deveriam estar inseridas nas dimensões da estrutura, o que resulta nas dimensões básicas de 1100 mm de largura por 400 mm de diâmetro.

Partindo dessa premissa, estabeleceu-se que os tubos a serem usados na confecção da estrutura seriam de aço, com 42,5 mm de diâmetro externo e 36 mm de diâmetro interno. A utilização destes contribuiu grandemente para o aumento da rigidez e resistência mecânica do conjunto. E, para as laterais da estrutura, foram utilizadas chapas de aço com 6,35 mm de espessura. A primeira versão da estrutura pode ser vista na Figura 5.13.

Um dos problemas percebidos nesta primeira versão foi o possível acúmulo de vegetação nos rasgos das chapas, previstos para a montagem do rotor. Isto poderia acarretar embuchamento do sistema quando em funcionamento. Um outro aspecto levantado foi o insuficiente espaço para a alocação dos componentes da transmissão, uma vez que esta é dependente das dimensões do trator de rabiças.

Desta forma, buscou-se posicionar os elementos de transmissão ao mesmo tempo em que se modificava a estrutura, objetivando melhorar os aspectos levantados anteriormente.

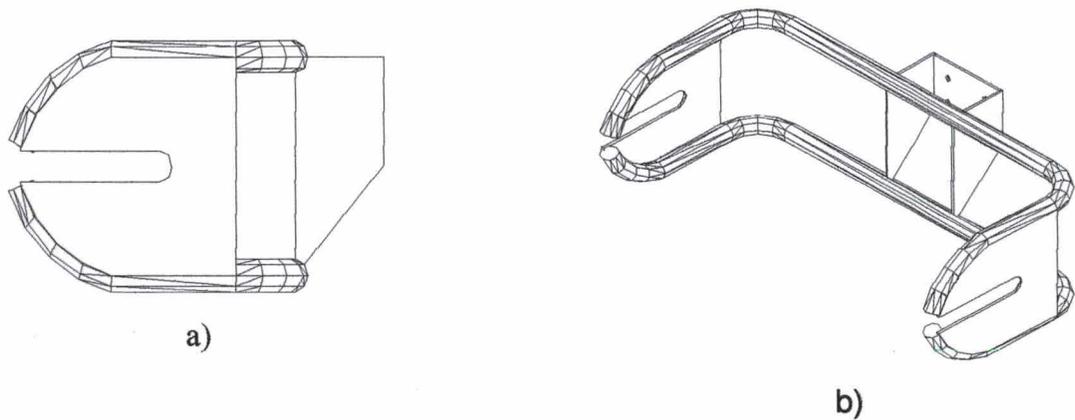


Figura 5.13: Desenho inicial da estrutura - a) vista lateral, b) vista em perspectiva.

Neste momento do projeto, optou-se por construir um modelo gráfico em três dimensões, de forma a ter-se uma visualização mais concreta da estrutura. A Figura 5.14 apresenta o desenho modificado da estrutura, na qual os rasgos frontais foram inclinados para baixo, ficando protegidos contra embuchamentos, bem como previu-se espaço suficiente para a transmissão.

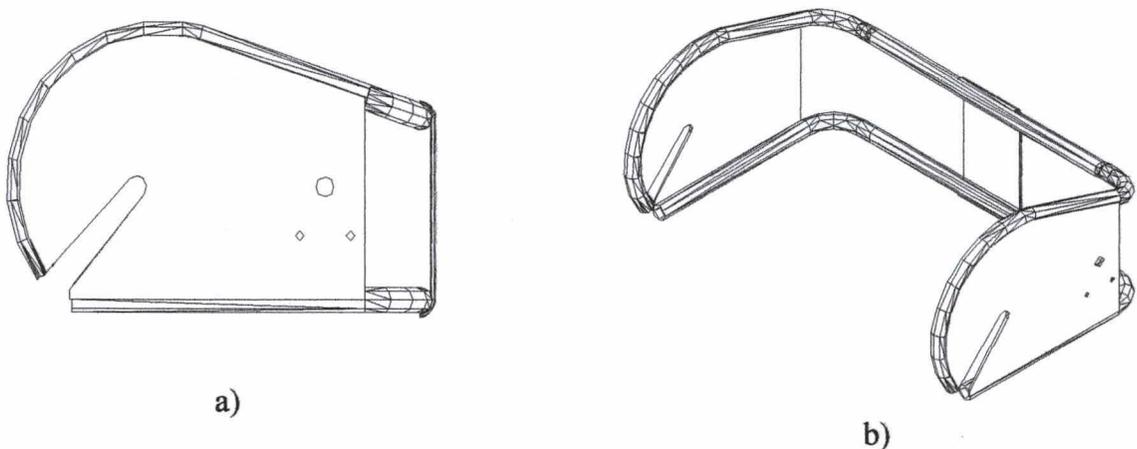


Figura 5.14: Concepção final da estrutura - a) vista lateral, b) vista em perspectiva.

Outro aspecto da concepção final é a exclusão de duas operações de dobramento de tubos, em relação à concepção inicial. Os tubos inferiores passaram a ser retos, facilitando a fabricação e a montagem.

Para as dobras a 90° , foram utilizados cotovelos de aço soldados e, na parte traseira da estrutura, uma chapa de aço de 6,35 mm de espessura une os tubos superior e inferior.

5.3.1 PRÉ-PROTÓTIPO DO SISTEMA ESTRUTURAL

Quando da fase do Projeto Conceitual, observou-se a possibilidade de haver dificuldades na movimentação e manobrabilidade do conjunto trator de rabiças e implemento, quando em operação. Isto devido ao fato do implemento estar acoplado na parte frontal do trator, visto que algumas experiências anteriores com protótipos na mesma situação apresentaram alguns problemas.

Assim, com o propósito de sanar tais dúvidas, construiu-se então um pré-protótipo utilizando-se cantoneiras dobradas e soldadas, cujas dimensões se aproximavam das reais dimensões do implemento. As cantoneiras possuíam abas iguais, com 6,35 mm de espessura por 25,4 mm de largura. Na parte frontal desta estrutura, foram posicionadas duas rodas de borracha, com diâmetro de 310 mm. E, chapas de madeira colocadas no fundo da estrutura completam a descrição desta, a qual está mostrada na Figura 5.15.



Figura 5.15: Pré-protótipo para testes de manobrabilidade do trator de rabiças.

Tal estrutura foi então posicionada na parte frontal do trator de rabiças, de forma semelhante à proposta para a fixação do implemento, e a ela foram agregados sacos de areia como forma de lastro. A massa total deste conjunto atingiu 130 kg.

Em seguida, na Fazenda Experimental da Ressacada-CCA-UFSC, o pré-protótipo foi testado e avaliado. Como principal constatação, observou-se a ótima manobrabilidade do conjunto, não apresentando dificuldades para o operador.

Outro ponto a se ressaltar foi o posicionamento das rodas. Estas foram colocadas na parte frontal do pré-protótipo, o que acabou provocando grande esforço no engate com o trator de rabiças. Assim, para o implemento, procurar-se-á posicionar as rodas sob o centro de gravidade deste, diminuindo as solicitações sobre a estrutura.

5.3.2 MODELO GRÁFICO

Conforme já citado anteriormente, o modelo gráfico em três dimensões construído utilizando-se o *software* AutoCad® - R13, possibilitou não apenas uma melhor visualização da estrutura mas também do restante do protótipo, pois ao modelo computacional foram sendo agregados todos os subconjuntos, à medida em que estes iam sendo detalhados.

Também, através dos recursos disponíveis do *software*, foi possível calcular as principais propriedades de massa de cada subconjunto, tais como centro de gravidade, momentos de inércia e a massa total. Estes dados foram importantes para os cálculos de dimensionamento do protótipo, principalmente o sistema de corte e picagem. No Anexo B encontram-se alguns dos principais dados calculados.

5.4 SISTEMA DE TRANSMISSÃO

Conforme comentado anteriormente, à definição da estrutura do implemento, foi realizada simultaneamente a definição dos elementos de transmissão. Este sistema deve, basicamente, transmitir a potência do motor do trator de rabiças para o sistema de corte e picagem.

Isto posto, esquematicamente tal sistema é mostrado na Figura 5.16, a qual apresenta as rotações de entrada, intermediárias e de saída, bem como as relações de transmissão e os torques envolvidos.

E, na Figura 5.17, tem-se a distribuição do sistema de transmissão, desde o trator de rabiças até o sistema de corte e picagem.

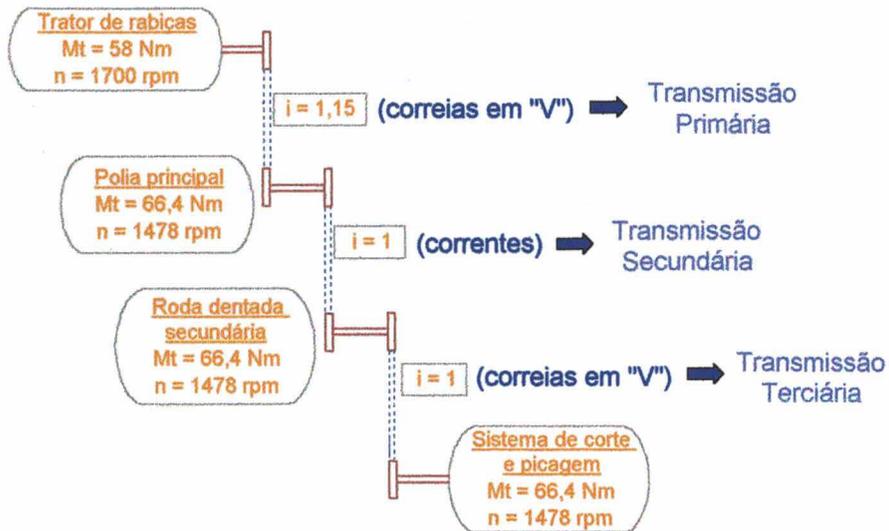


Figura 5.16: Representação esquemática do sistema de transmissão.

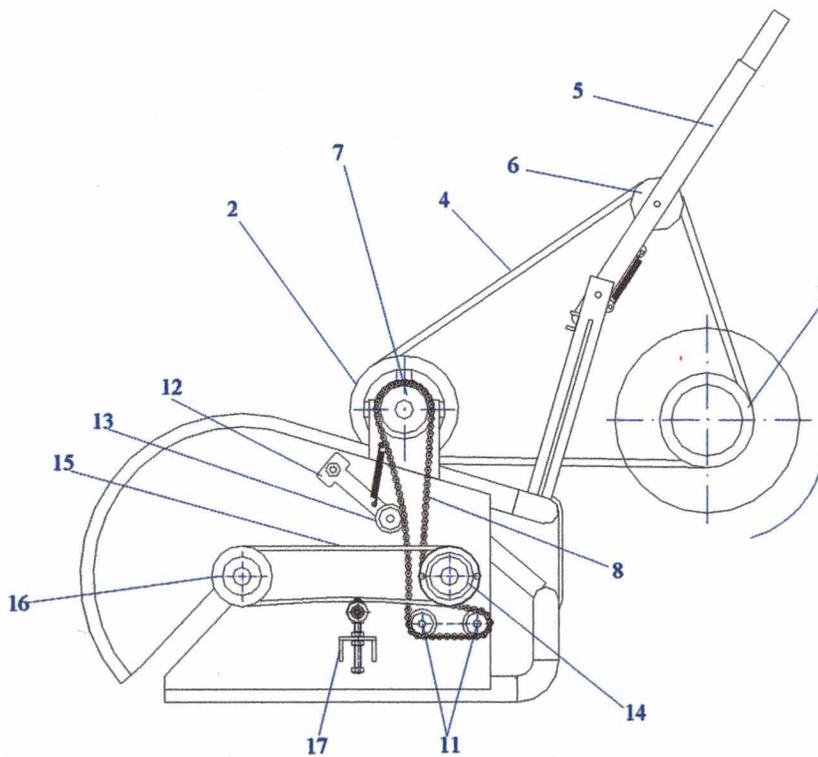


Figura 5.17: Distribuição esquemática do sistema de transmissão - vista lateral

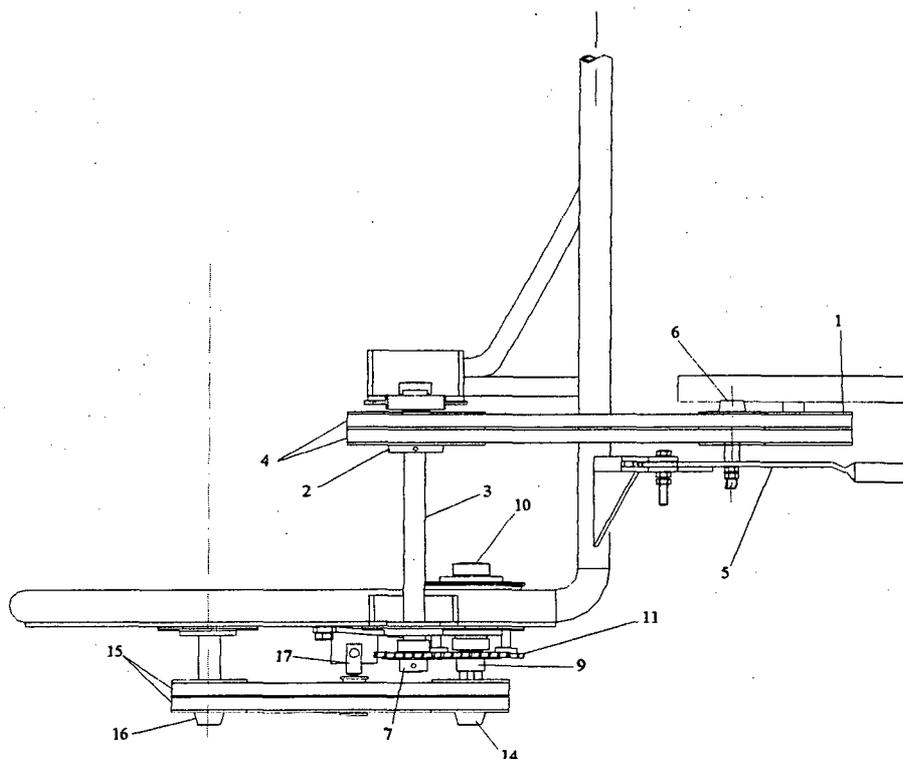


Figura 5.18: Distribuição esquemática do sistema de transmissão - vista superior

A polia de acionamento (1) do trator de rabiças transmite o movimento de rotação para a polia acionada (2) do picador, montada sobre o eixo principal (3), através de um par de correias “V” (4). Nesta mesma transmissão primária há um esticador para as correias, formado por uma alavanca (5) a qual sustenta uma polia menor (6), e que serve também como guia para as correias principais. Tal esticador funciona como uma embreagem, acionando e desacionando o implemento.

A partir da polia (2), aciona-se a roda dentada (7) que, através da corrente de elos simples (8) faz girar a roda dentada (9) montada sobre o eixo secundário (10), de mesmas características que a anterior (7). Neste momento ocorre a inversão do movimento de rotação dos eixos, em função da disposição da corrente. Tal inversão é necessária, pois o conjunto de corte e picagem deverá girar em sentido oposto ao sentido de giro do motor do trator de rabiças, em virtude do fator segurança durante a operação.

Esta transmissão secundária possui ainda outras duas rodas dentadas (11) cuja função é apoiar a corrente (8). Completa a descrição deste subconjunto o esticador (12) para a corrente (8), em cuja extremidade está posicionada uma roda dentada (13).

Solidária à roda dentada (9), gira uma polia menor (14), a qual aciona através de um par de correias “V” (15), outra polia menor (16) de mesmas características que a polia anterior (14). E esta, por sua vez, aciona o sistema de corte e picagem. Nesta transmissão terciária há ainda um esticador (17) para tais correias.

Feita a descrição do sistema, partiu-se então para o dimensionamento dos eixos, sendo que os valores obtidos aqui permitirão detalhar todos os componentes relacionados a estas peças. Basicamente, três são os eixos a definir: o eixo principal, o eixo secundário e os eixos dos sistema de corte e picagem (pontas de eixo).

5.4.1 EIXO PRINCIPAL

A Figura 5.19 mostra, esquematicamente, o arranjo dos elementos de transmissão no eixo principal, as forças e os momentos aplicados e as distâncias relativas.

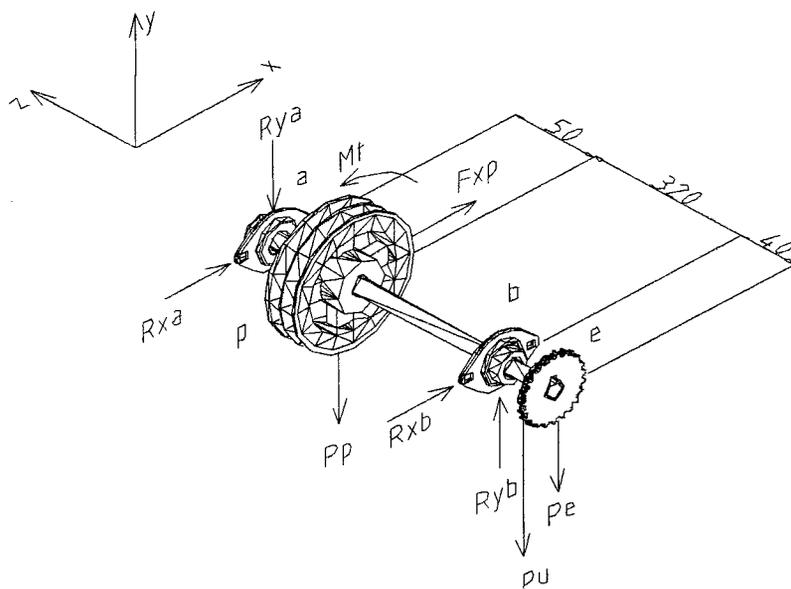


Figura 5.19: Modelo das forças envolvidas no eixo principal.

O momento torçor $M_T = 66,5 \text{ Nm}$ é obtido pela equação

$$M_T = 9550 \cdot \frac{N}{n} \quad (5.10)$$

onde $N = 10,44 \text{ kW}$ é a potência fornecida pelo trator de rabiças, e $n = 1500 \text{ rpm}$ é a rotação estimada ao conjunto.

Com base nestes valores, foram calculadas as forças de tração nas correias e na corrente; a partir daí, esboçou-se os diagramas de esforços cisalhantes, momentos fletores e

momentos torçores, sendo encontrados para as reações nos mancais $R_{Xa} = 1507 \text{ N}$, $R_{Ya} = 143 \text{ N}$, $R_{Xb} = 235,5 \text{ N}$ e $R_{Yb} = 1586 \text{ N}$. E, para os momentos fletores máximos $M_p = 75,68 \text{ Nm}$ e $M_B = 57,23 \text{ Nm}$.

Assim, calcula-se o diâmetro do eixo principal pelo critério da máxima tensão cisalhante através da equação

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \cdot \tau_{adm}} \cdot \sqrt{(K_m \cdot M_f)^2 + (K_t \cdot M_t)^2}} \quad (5.11)$$

onde $K_m = 2,0$ e $K_t = 1,5$ são os coeficientes devido ao choque e à fadiga associados respectivamente, ao momento fletor calculado e ao momento torçor calculado; ainda, para um eixo com rasgo de chaveta, utiliza-se $\tau_{adm. \text{ c/ rasgo}} = 0,75 \cdot \tau_{adm}$, ou seja, para um material com $\tau_{adm} = 175 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, tem-se $\tau_{adm. \text{ c/ rasgo}} = 131 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. Assim, com $M_f = 75,68 \text{ Nm}$ e $M_t = 66,5 \text{ Nm}$, chega-se a $d_0 = 0,01922 \text{ m}$, ou $d_0 = 20 \text{ mm}$.

Como trata-se de um eixo relativamente longo, foi feita a verificação do diâmetro pelo critério da máxima deformação transversal. Assim, admite-se uma deformação (flecha) máxima da ordem de $0,2 \text{ mm/m}$, o que resulta para um eixo com 410 mm , $f_{m\acute{a}x} = 0,082 \text{ mm}$.

Após esboçar os diagramas das deformações verticais e horizontais, conclui-se que a seção do eixo onde se encontra a polia principal apresenta a maior deformação, a qual obedece à expressão

$$y_p = \frac{0,4267}{d^4} \quad (5.12)$$

sendo d o diâmetro do eixo. Substituindo o valor da deformação máxima, encontra-se o valor $d = 26,8 \text{ mm}$.

Portanto, analisando os dois resultados, conclui-se que o diâmetro do eixo principal deverá ser de 27 mm no mínimo.

5.4.2 EIXO SECUNDÁRIO

A Figura 5.20 apresenta o modelo das forças atuantes no eixo secundário, bem como as distâncias entre os componentes ligados ao eixo.

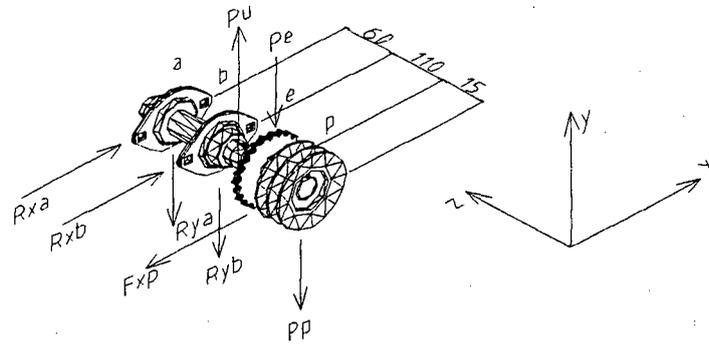


Figura 5.20: Modelo das forças envolvidas no eixo secundário.

O momento torçor que chega a este eixo é o mesmo que sai do eixo principal, devido à relação de transmissão $i = 1$, ou seja, $M_t = 66,5 \text{ Nm}$.

Assim, utilizando-se da mesma seqüência que a usada para o dimensionamento do eixo principal, foram encontrados para os valores das reações nos mancais $R_{Xa} = 3990 \text{ N}$, $R_{Ya} = 2800 \text{ N}$, $R_{Xb} = 5985 \text{ N}$ e $R_{Yb} = 4200 \text{ N}$. E o momento fletor máximo encontrado $M_b = 292,5 \text{ Nm}$.

Novamente, aplicando-se o critério da máxima tensão cisalhante, equação 5.11, chega-se ao valor do diâmetro do eixo $d_0 = 30 \text{ mm}$.

5.4.3 PONTAS DE EIXO

E, na Figura 5.21 mostra-se o modelo das forças atuando nas pontas de eixo do rotor, com as distâncias respectivas, em milímetros.

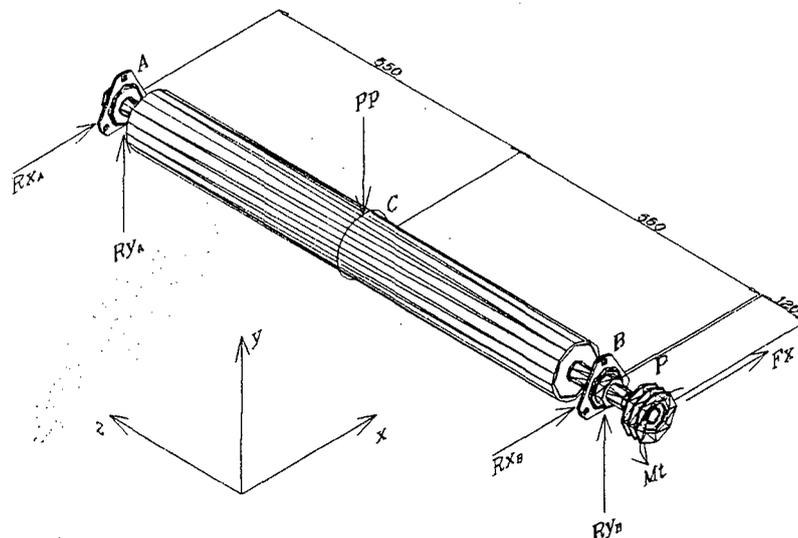


Figura 5.21: Modelo das forças envolvidas nas pontas de eixo do rotor.

Também devido à relação de transmissão $i = 1$, tem-se o mesmo momento torçor que sai do eixo secundário, $M_T = 66,5 \text{ Nm}$.

Assim, seguindo a mesma seqüência de cálculo já detalhada anteriormente, encontra-se para as reações nos mancais $R_{Y_a} = R_{Y_b} = 130 \text{ N}$, $R_{X_a} = 217,64 \text{ N}$ e $R_{X_b} = 2213 \text{ N}$. Para os momentos fletores tem-se $M_C = 71,5 \text{ Nm}$ e $M_B = 239,4 \text{ Nm}$, e o diâmetro calculado para as pontas de eixo vale $d_0 = 30 \text{ mm}$.

5.5 SISTEMA DE SUPORTE E REGULAGEM DA ALTURA DE CORTE

Partindo das especificações de projeto (Capítulo 3), buscou-se idealizar um sistema construtivamente simples, com poucas peças e de fácil montagem. No entanto, como a regulagem de altura deveria ser do tipo contínua, optou-se por utilizar fusos de rosca trapezoidal, como principais elementos do sistema. Isto acabou embutindo certa complexidade à construção deste, porém tornou a regulagem de altura bastante simples de ser executada. A Figura 5.22 mostra esquematicamente o conjunto formador do sistema, e a Figura 5.23 apresenta o posicionamento deste com relação à estrutura.

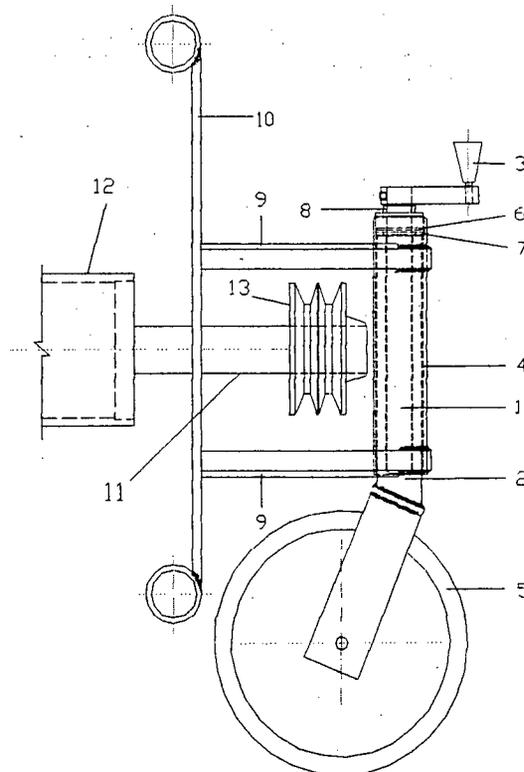


Figura 5.22: Sistema de suporte e regulagem da altura de corte (lado esquerdo)

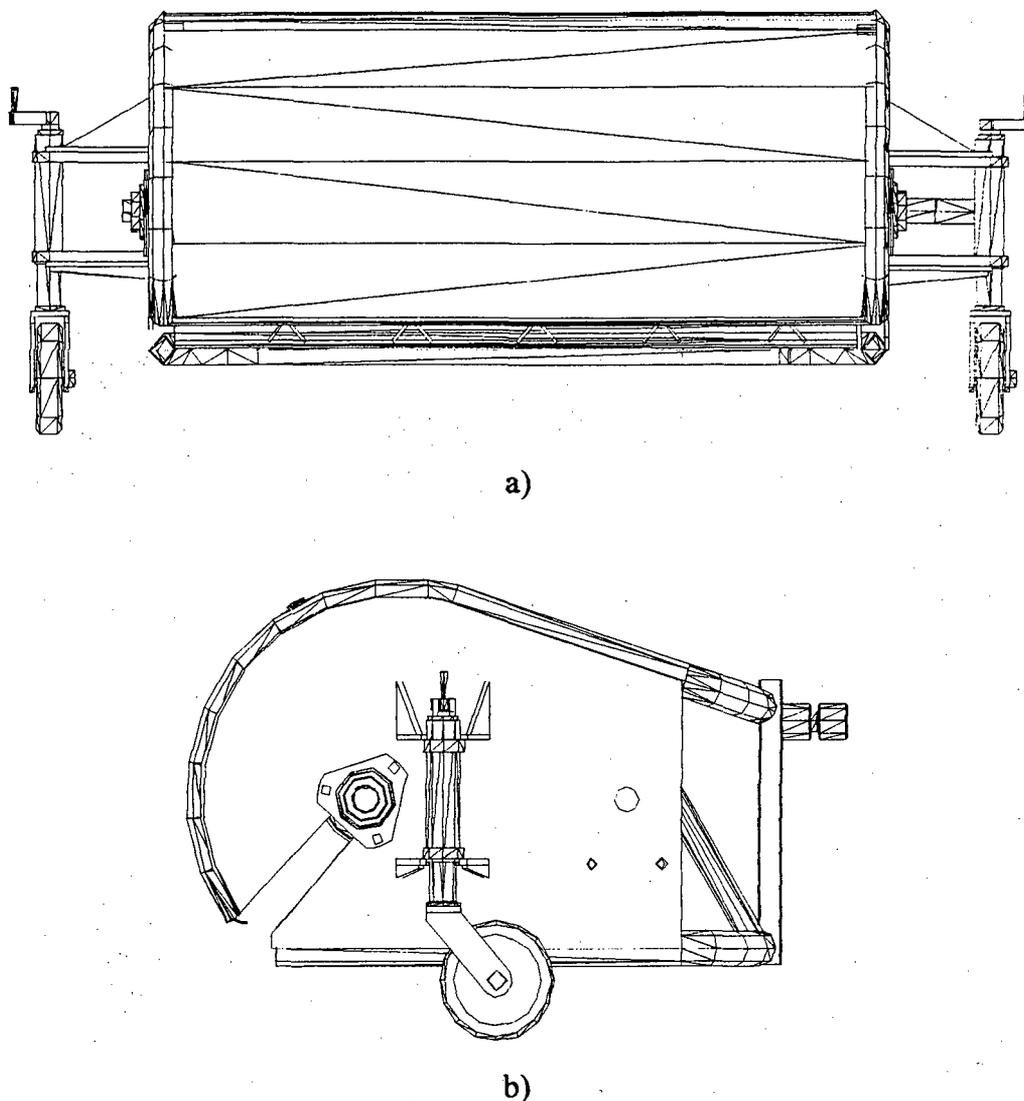


Figura 5.23: Posição do sistema de suporte e regulagem de altura relativamente à estrutura -
a) vista frontal, b) vista lateral.

Reportando-se à Figura 5.22, tal sistema é constituído basicamente por um fuso de rosca trapezoidal (1), o qual aloja-se em uma luva (2) também com rosca trapezoidal interna. Quando o fuso (1) gira, acionado manualmente pelo manípulo (3), ocorre o deslocamento da luva (2), a qual corre internamente ao tubo (4), fixo à estrutura. Desta forma faz-se o posicionamento da roda (5), cujo apoio está rigidamente fixo à luva (2). A fixação do fuso (1) ao tubo (4) se dá por meio dos batentes (6) e (7), e por uma porca (8) aparafusada ao tubo. E, por meio de chapas de aço (9) devidamente cortadas e soldadas, faz-se a fixação deste conjunto às chapas laterais (10) da estrutura do implemento.

Ainda, a Figura 5.22 mostra a ponta de eixo esquerda (11), o tubo do rotor (12) e a polia (13) da ponta de eixo esquerda.

Quanto ao posicionamento deste conjunto relativamente à estrutura, há de se fazer algumas observações. Primeiramente, uma característica deste sistema é permitir o giro livre de 360° das rodas, bem como a regulagem de sua altura, uma independente da outra. Também, uma preocupação que surge é a possibilidade de uma excessiva solicitação mecânica da estrutura, devido a um mau posicionamento do sistema de suporte. Tal solicitação surge devido ao peso do implemento, e do próprio trator, este tendendo a se inclinar para a frente.

Porém, quando dos testes com o pré-protótipo, já citado anteriormente, percebeu-se que a alocação das rodas sobre o centro de gravidade do implemento reduziria suficientemente os esforços na estrutura. Em sendo assim, fixou-se os apoios do sistema à estrutura de tal forma que, com as rodas voltadas para trás, Figura 5.23 b), (posição comum em regime de trabalho) o centro destas coincida com o centro de gravidade do implemento.

E, com relação à regulagem de altura permissível, esta é função direta do comprimento do fuso trapezoidal. Sua construção possibilitou então, uma variação de altura em relação ao solo entre 90 mm e 180 mm, valores estes tomados a partir do ponto mais baixo do sistema de corte e picagem (extremidade das facas), tal como mostra a Figura 5.24.

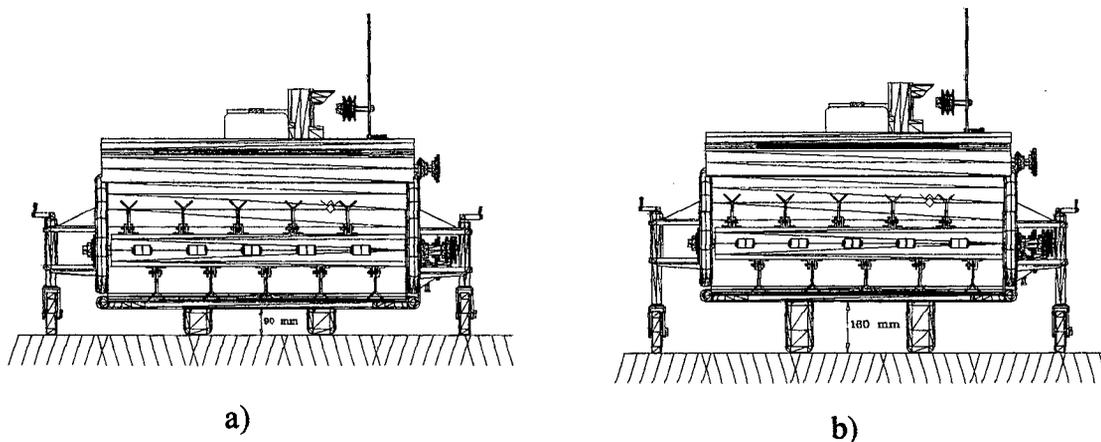


Figura 5.24: Regulação de altura permissível em relação ao solo (vista frontal do protótipo com a tampa de proteção aberta): a) altura mínima, b) altura máxima.

5.6 SISTEMA DE ENGATE

O sistema de engate com o trator de rabiças foi projetado visando simplicidade, robustez e rapidez na operação. Consiste basicamente, tal como mostra a Figura 5.25, de um

pino de aço (1) soldado à estrutura do implemento, e de uma luva (2) a qual é soldada a uma chapa de aço (3). Esta por sua vez é aparafusada na parte frontal do trator.

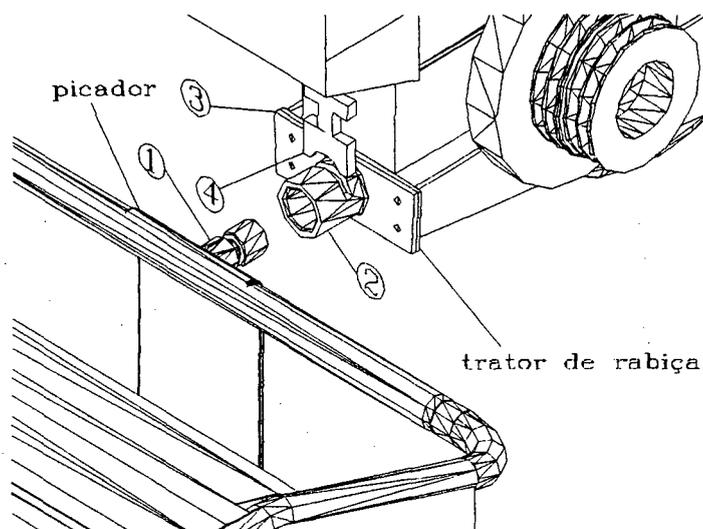


Figura 5.25: Sistema de engate com o trator de rabiças.

A operação de engate consiste de duas etapas distintas: inicialmente faz-se a fixação da chapa (3) no trator, por meio de parafusos; em seguida, o pino de aço (1) é direcionado e encaixado à luva (2). Para evitar o desencaixe destas peças, entre o pino e a luva é introduzida uma trava (4).

Pelas características dos elementos de engate (pino e luva cilíndricos), surge aí um movimento relativo entre o implemento e o trator. Este grau de liberdade permite rotação entre o conjunto, o que por um lado representa vantagem quando do deslocamento do implemento por terrenos com algum desnível e/ou obstáculos. Porém, pode ser prejudicial para a transmissão primária, pois esta apresenta um desempenho melhor quando o implemento e o trator estão perfeitamente alinhados. Ou seja, uma grande inclinação pode provocar o escape das correias de transmissão, bem como um desgaste acentuado das mesmas.

5.7 PROTEÇÕES

As proteções do implemento são divididas em dois conjuntos, tal como mostrado na Figura 5.26: as chapas de proteção para o sistema de corte e picagem (1) e (2) e as proteções para o sistema de transmissão (3) e (4).

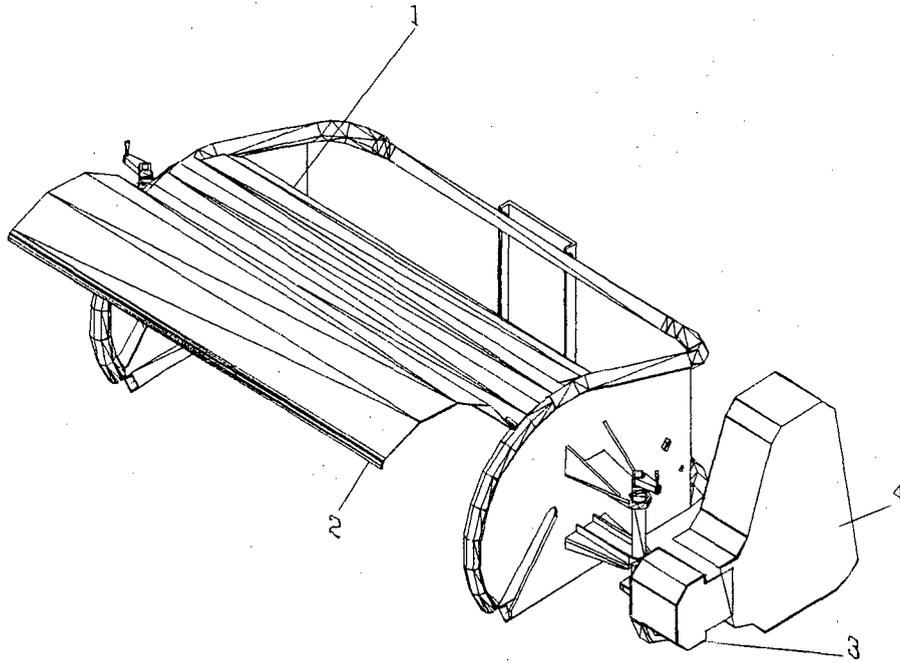


Figura 5.26: Conjuntos de proteções para o implemento.

O primeiro conjunto possui, como funções principais, proteger o operador de eventuais arremessos de pedras ou outros objetos, bem como fazer a contenção do material cortado e picado. E o segundo conjunto de proteções evita que vegetação e/ou objetos estranhos se enrosquem nos elementos de transmissão, podendo até danificá-los. Também, fornece proteção ao operador e outras pessoas próximas do equipamento.

Basicamente, a proteção superior divide-se em duas chapas: uma fixa (1) à estrutura, sendo que esta chapa direciona o material cortado e picado para a parte posterior do implemento, e a outra móvel (2), a qual se abre para proporcionar acesso aos elementos de corte e picagem. Esta articulação é feita por meio de dobradiças, e a tampa é fixada à estrutura por presilhas. Caso ocorra qualquer tipo de embuchamento, esta tampa móvel permitirá um rápido acesso ao rotor.

E, a proteção do sistema de transmissão também se divide em duas partes, uma frontal (3) que protege a polia do rotor e uma lateral (4) que protege os demais elementos da transmissão, exceto os elementos da transmissão primária (esticador principal). Estas duas são fixas à estrutura por meio de parafusos, e se constituem basicamente de chapas de aço de pequena espessura e de telas de alumínio.

5.8 CÁLCULO DO CENTRO DE GRAVIDADE E DA MASSA TOTAL

Com base no modelo computacional 3D, foi feita a determinação do centro de gravidade do implemento nos planos X-Y, X-Z e Y-Z. Como referência, tomou-se a extremidade da ponta de eixo esquerda, tal como mostrado na Figura 5.27.

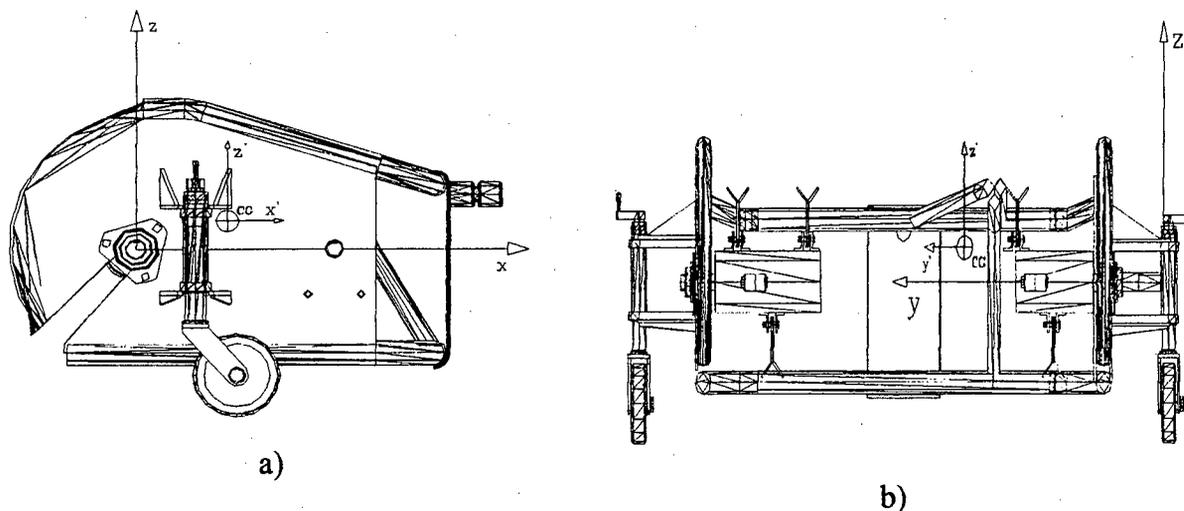


Figura 5.27: Posição do centro de gravidade para o picador

Assim, o próprio *software* calcula e fornece a posição do C.G., sendo encontrados os valores

$$X_{CG} = 153,60 \text{ mm}$$

$$Y_{CG} = -538,70 \text{ mm}$$

$$Z_{CG} = 50,12 \text{ mm}$$

Conforme já citado anteriormente, com base nestes dados pôde-se fazer o posicionamento adequado do sistema de suporte e regulagem de altura, reduzindo assim solicitações mecânicas indesejáveis na estrutura do implemento.

A determinação da massa total do implemento também foi feita computacionalmente. Inicialmente previa-se um valor em torno de 120 kg; porém o valor fornecido pelo modelo ficou em torno de 110 kg. Esta diferença deve-se principalmente, ao fato de que quando da primeira estimativa, muitos detalhes dos vários sistemas do implemento eram desconhecidos.

5.9 ASPECTO FINAL DO PICADOR PARA COBERTURAS VEGETAIS

Com base nas definições feitas nesta fase de projeto preliminar, pôde-se obter um aspecto bem mais aproximado do formato final para o protótipo em questão.

Assim, a Figura 5.28 mostra o aspecto final do protótipo, base para o detalhamento completo que virá em seguida.

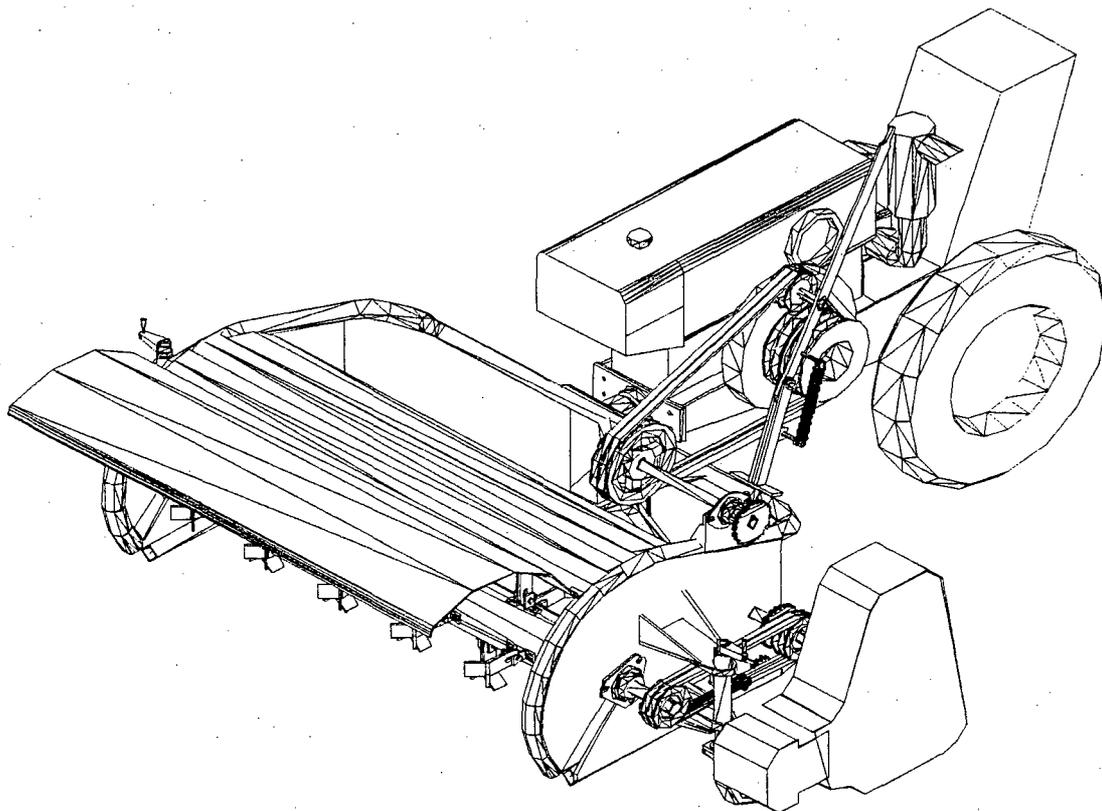


Figura 5.28: Aspecto final do protótipo acoplado ao trator de rabiças -
Vista em perspectiva, com as proteções abertas.

CAPÍTULO VI

PROJETO DETALHADO E CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

6.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são detalhados todos os subsistemas componentes do protótipo em questão, sendo que a explanação que segue reporta-se aos desenhos contidos no Anexo C. A codificação adotada para tais desenhos apresenta-se na forma X.YY, sendo o primeiro dígito referente ao desenho de conjunto do subsistema, e os dois dígitos seguintes aos desenhos detalhados que se fizerem necessários.

Em seguida à explanação detalhada dos conjuntos, faz-se a descrição da construção do protótipo, na qual foram utilizados processos de fabricação os mais acessíveis possíveis, possibilitando a construção do protótipo sem a necessidade de processos e operações especiais.

6.2 DESENHO DE CONJUNTO DO PROTÓTIPO - VISTAS GERAIS: DESENHOS 1.00, 1.01 E 1.02

Os desenhos 1.00 (modelo em perspectiva), 1.01 (vista lateral) e 1.02 (vista frontal) apresentam o conjunto completo do picador de cobertura vegetal, com todos os subsistemas integrados: estrutura, transmissão, corte e picagem, suporte e regulagem da altura de corte, engate com o trator e proteções.

6.3 DESENHO DE CONJUNTO DO SISTEMA DE CORTE E PICAGEM - DESENHO 2.00

Este sistema é composto basicamente pelo rotor, facas de corte, fixações das facas, massas de balanceamento e pontas de eixo. O rotor é composto de um tubo de aço, com costura, de 115 mm de diâmetro externo, 4 mm de espessura de parede e 1030 mm de comprimento, sendo que nas extremidades deste foram feitos pequenos rebaixos para permitir que as pontas de eixo pudessem ser embutidas (Desenho 2.01). Para formar cada faca de corte (Desenho 2.02), foram justapostos dois perfis de aço (ferro chato), cada um com dimensões 120x25,4x5 mm, sendo posteriormente soldados. Após, cada peça foi submetida a usinagem

para formar os gumes de corte e os furos oblongos de fixação. Para as fixações das facas (Desenho 2.03), foram utilizadas cantoneiras, de 25,4x25,4x20 mm com 5 mm de espessura (duas para cada faca), soldadas ao rotor, e pinos de aço com 45 mm de comprimento e 10 mm de diâmetro.

E, nas pontas de eixo, são montados mancais de rolamento fixos de uma carreira de esferas do tipo “unidade de rolamento tipo flange”, especificação SKF PFD 72-35 FJ. Na ponta de eixo esquerda (Desenho 2.07), é montada uma polia de alumínio de 100 mm de diâmetro, com dois canais tipo “B”, chavetada ao eixo. Esta polia recebe o movimento de rotação do sistema de transmissão e o transmite para o sistema aqui descrito. E, cada um dos mancais supracitados é fixado à respectiva chapa lateral por meio de três parafusos M10.

6.4 DESENHO DE CONJUNTO DA ESTRUTURA - DESENHO 3.00

A estrutura do implemento foi confeccionada com perfis tubulares de 42,5 mm de diâmetro externo e 3,25 mm de espessura de parede, e chapas de aço ABNT 1020 com 6,35 mm de espessura (Desenhos 3.01 a 3.05). À esta estrutura, foram agregados os suportes das rodas, o sistema de engate, os apoios dos esticadores principal e secundário, a chapa de proteção superior fixa e os mancais do eixo principal. Cada um destes subconjuntos será detalhado oportunamente.

As chapas laterais, por possuírem razoável espessura, permitiu o uso de furos roscados, eliminando assim a necessidade de porcas para os parafusos de fixação dos rolamentos. Porém, com a intenção de prover maior segurança ao conjunto, foram adicionadas contra-porcas a tais parafusos.

A união dos tubos laterais (superiores e inferiores) com os tubos traseiros foi feita com o auxílio de quatro cotovelos de aço de 90°, pois não seria possível dobrar tais tubos com raios tão pequenos. E, a forma de união usada em todos os componentes deste sistema foi a soldagem.

6.5 DESENHO DE CONJUNTO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO - DESENHO 4.00

O movimento de rotação advindo do trator de rabiças é transmitido para o eixo principal através de duas correias “V” tipo B-68. A alavanca de acionamento, com 650 mm de comprimento (Desenhos 4.10 a 4.14), sustenta uma polia de alumínio de 100 mm de diâmetro com dois canais de perfil “B” (polia esticadora). Assim, a polia motriz do trator, a polia

movida do protótipo e a polia esticadora apresentam-se alinhadas. E, a estrutura de sustentação (Desenho 4.14) deste esticador principal encontra-se soldada na estrutura do protótipo.

Para o eixo principal (Desenhos 4.02 a 4.04), o qual apresenta como dimensões principais diâmetro de 32 mm e comprimento de 410 mm, são usados dois mancais de rolamento fixos de uma carreira de esferas do tipo “unidade de rolamento tipo flange”, especificação SKF PFT 62-30 FJ. Neste eixo, é montada uma polia de alumínio de 176 mm de diâmetro, com dois canais de perfil “B”, bem como uma roda dentada para corrente, com 98 mm de diâmetro primitivo e 23 dentes. Tais elementos são chavetados ao eixo e, os rolamentos são fixados em mancais de aço (Desenhos 4.18 a 4.26) soldados na estrutura, com dois parafusos M10 cada.

O eixo secundário (Desenhos 4.05 a 4.07), de dimensões 212 mm de comprimento e 31 mm de diâmetro, também é suportado por dois mancais de rolamento idênticos aos supracitados, os quais são fixados às chapas laterais (externa e interna esquerdas) por meio de dois parafusos M10 cada. Neste eixo monta-se outra roda dentada para corrente idêntica à anterior, e uma polia de alumínio de 100 mm de diâmetro, com dois canais de perfil “B”. Ambos os elementos são chavetados neste eixo. E, uma corrente de elos simples com passo 12,7 mm e comprimento 1350 mm transmite o movimento de rotação da roda dentada principal para a secundária. Os desenhos 4.27 e 4.28 mostram o esticador utilizado para manter a corrente tencionada. Há ainda, duas rodas dentadas menores (Desenhos 4.08 e 4.09), com 49 mm de diâmetro primitivo e 11 dentes cada, as quais servem de guia para a corrente.

A transmissão do movimento para o sistema de corte e picagem se dá através de duas correias “V” tipo B-36, as quais são tencionadas pelo esticador secundário (Desenhos 4.15 a 4.17). Este por sua vez, fixa-se à chapa lateral da estrutura por meio de um pequeno suporte soldado a esta.

6.6 DESENHO DE CONJUNTO DO SISTEMA DE SUPORTE E REGULAGEM DA ALTURA DE CORTE - DESENHO 5.00

Este sistema possui sua estrutura de apoio, soldada às chapas laterais, formada de chapas de aço de 6,35 mm de espessura (Desenhos 5.05 e 5.06); cada um dos conjuntos laterais possui duas chapas maiores, posicionadas perpendicularmente às chapas laterais, e reforçadas por chapas menores. Nesta estrutura de apoio, solda-se um tubo vertical de

reforçadas por chapas menores. Nesta estrutura de apoio, solda-se um tubo vertical de dimensões 42,5 mm de diâmetro externo, 3,25 mm de espessura de parede e 180 mm de comprimento; internamente a este tubo, corre uma luva com rosca trapezoidal interna de 22 mm de diâmetro e passo 4 mm (Desenhos 5.02 a 5.04). Tal luva apresenta ainda 160 mm de comprimento e diâmetro externo de 36 mm. A esta luva, fixa-se por solda o apoio para as rodas, sendo que tais rodas apresentam diâmetros de 200 mm. Faz-se uma ressalva: as rodas utilizadas nos testes com o pré-protótipo ($d=300$ mm), foram substituídas por rodas menores ($d=200$ mm), pois caso contrário o valor mínimo para a altura de corte em relação ao solo ficaria comprometido.

Solidário à luva de rosca interna, corre um fuso de rosca trapezoidal de 200 mm de comprimento, e em sua extremidade fixa-se, através de um parafuso M10, um manipulador para movimentação. Na extremidade superior do tubo vertical há uma rosca M40, na qual aloja-se uma porca que faz a fixação do fuso supracitado. O desenho 5.01 mostra a posição dos conjuntos de apoio esquerdo e direito, relativamente às laterais da estrutura.

Com exceção aos manipuladores, que são de ferro fundido, os demais componentes deste sistema são de aço ABNT 1020.

6.7 SISTEMA DE ENGATE - DESENHO DE CONJUNTO 6.00

O sistema de engate é composto de um pino cilíndrico de aço, de 50 mm de diâmetro e 77 mm de comprimento (Desenho 6.01). Possui também um rebaixo para realizar o travamento do sistema quando do engate com o trator. Tal pino é, por sua vez, fixado por meio de solda a uma chapa de 6,35 mm de espessura que une os tubos superior e inferior traseiro.

A luva de engate (Desenho 6.01) possui 72 mm de comprimento, 72 mm de diâmetro externo e 52 mm de diâmetro interno. É soldada a uma chapa de aço de 220x82x10 mm, a qual possui quatro furos passantes de 11 mm de diâmetro cada (Desenho 6.02). A fixação desta chapa ao trator de rabiças se dá por meio de quatro parafusos M10.

E, a trava utilizada entre o pino e a luva possui 10 mm de espessura, sendo que tal trava se prende à estrutura por meio de uma corrente simples.

Aqui também, utilizou-se como material para a confecção das peças o aço ABNT 1020.

6.8 PROTEÇÕES – DESENHOS 7.01 E 7.02

As proteções do picador dividem-se em dois subconjuntos, superiores e laterais. As superiores (Desenho 7.01) são feitas em chapas de aço com 2 mm de espessura, sendo uma fixa à estrutura por solda, e a outra móvel, a qual permite acesso ao sistema de corte e picagem. A fixação desta chapa móvel à estrutura se dá por meio de quatro presilhas rebitadas tipo fecho rápido, e a articulação entre as chapas faz-se através de três dobradiças, também rebitadas.

As proteções laterais (Desenho 7.02) são compostas de chapas de aço de 1 mm de espessura, conformadas para proteger o sistema de transmissão, e de telas de alumínio rebitadas por sobre tais chapas. Este subconjunto é fixado à estrutura por meio de parafusos M6, três na proteção anterior, e cinco na proteção posterior.

6.9 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Findo o detalhamento dos desenhos do protótipo, partiu-se para a construção deste, a qual foi realizada no NeDIP - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos, além de se utilizar dos Laboratórios de Soldagem (LABSOLDA), Usinagem (USICON) e de Materiais (LABMAT), todos vinculados ao Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC.

Também, buscou-se ajuda para algumas operações de usinagem junto ao Laboratório de Máquinas Operatrizes da Escola Técnica Federal de Santa Catarina (ETFSC).

Paralelamente à usinagem das peças, iniciou-se a construção da estrutura do protótipo; com o corpo principal da estrutura pronto (laterais de chapas de aço e tubos soldados), foi-se agregando a esta os outros elementos, tais como os suportes das rodas, os suportes dos esticadores principal e secundário, o sistema de engate e os mancais do eixo principal. Também foi soldada a chapa de proteção superior fixa. Nas Figuras 6.1, 6.2 e 6.3 tem-se uma visão mais completa destas montagens.



Figura 6.1: Estrutura do picador

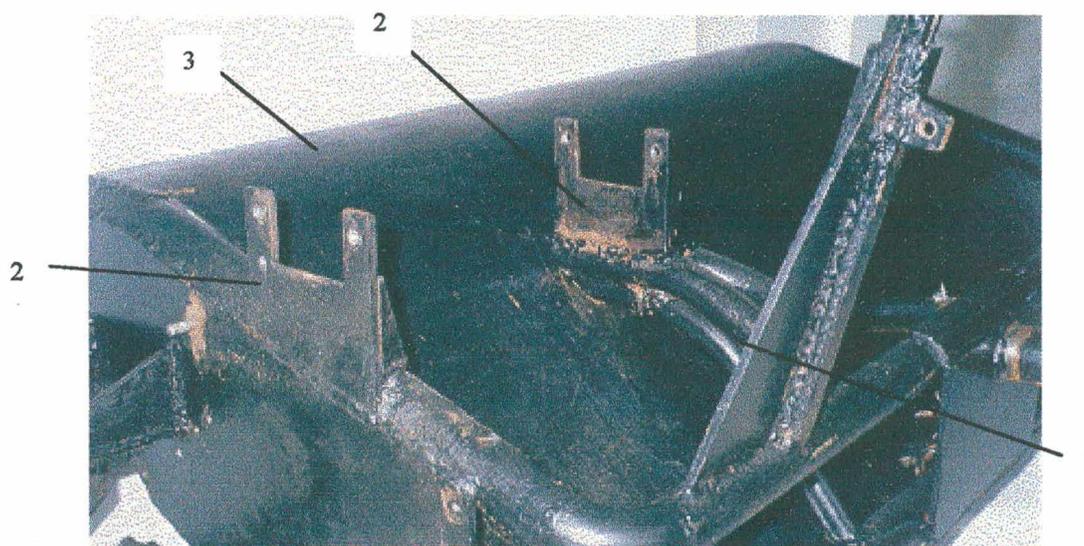


Figura 6.2: Detalhe da fixação do suporte do esticador principal (1), dos mancais do eixo principal (2) e da chapa de proteção superior fixa (3).



Figura 6.3: Detalhe da fixação do suporte do esticador secundário (1) e dos suportes das rodas (2).

Após a soldagem destes suportes partiu-se para a montagem dos diversos subsistemas, os quais podem ser visualizados nas Figuras 6.4, 6.5 e 6.6.

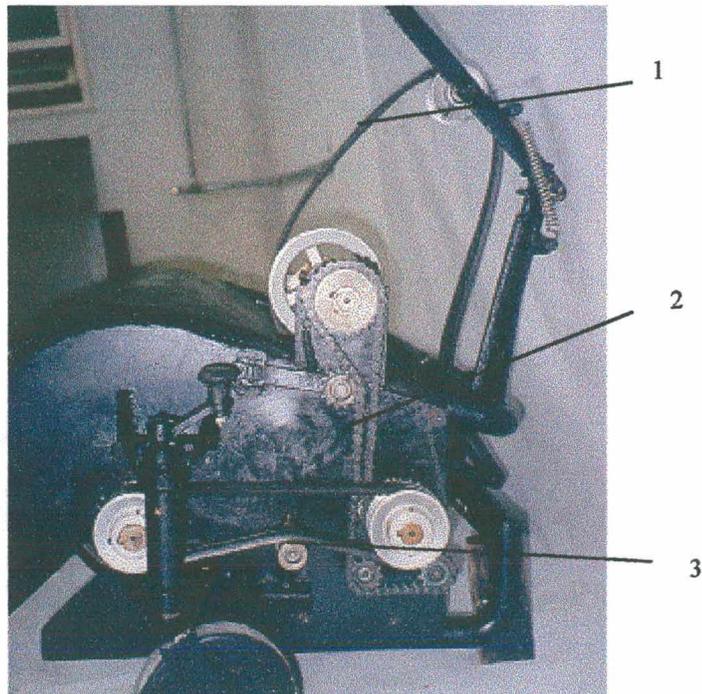


Figura 6.4: Detalhe do sistema de transmissão montado. (1) Transmissão primária, (2) transmissão secundária e (3) transmissão terciária.

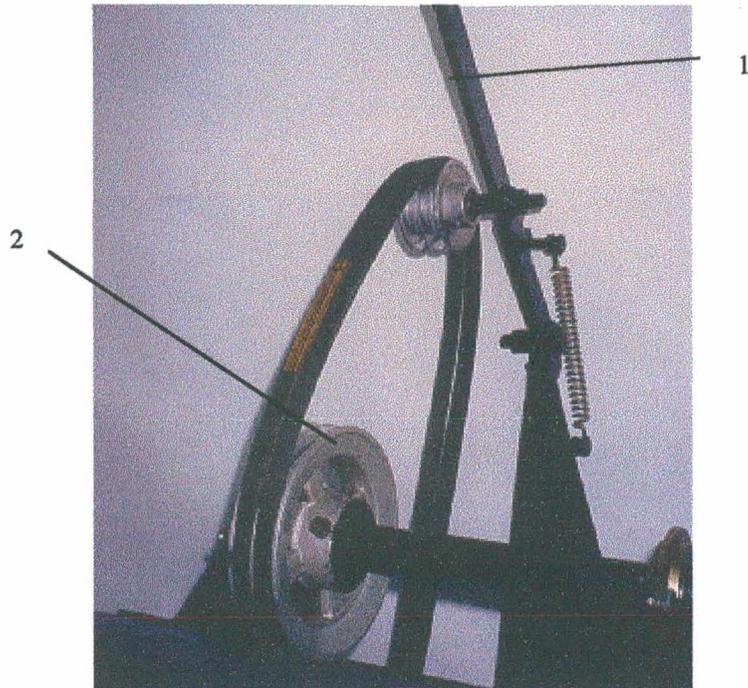


Figura 6.5: Detalhe do esticador principal. (1) Alavanca do esticador principal e (2) polia principal.

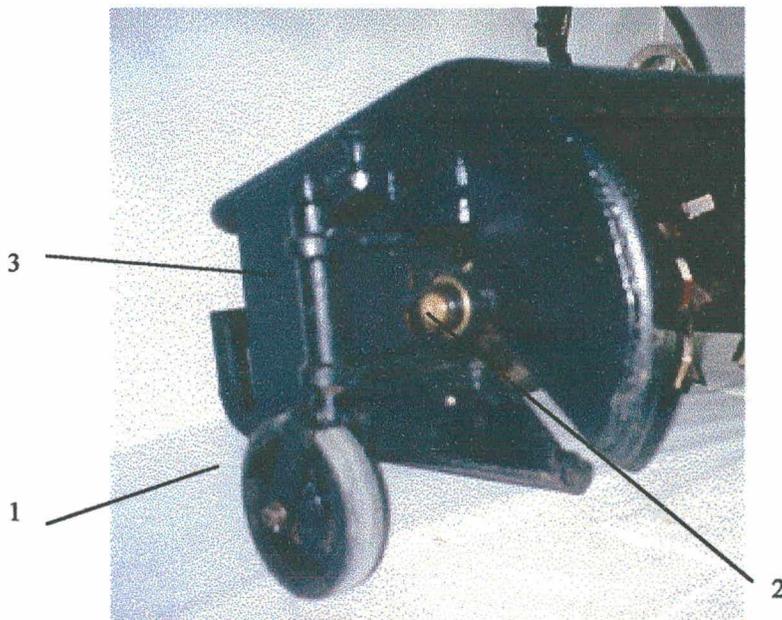


Figura 6.6: Detalhe do sistema de suporte e regulagem de altura. (1) Roda, (2) mancal do sistema de corte e picagem e (3) suporte e regulagem de altura – lado esquerdo.

O sistema de corte e picagem, após montado por completo, foi submetido a balanceamento dinâmico, já explanado no capítulo anterior. A Figura 6.7 mostra tal sistema pronto.

Devido à utilização de aço ABNT 1020 para a confecção das facas, estas não puderam ser submetidas a tratamento de têmpera em virtude das características do material. Porém, vislumbrou-se a necessidade de uma maior resistência ao desgaste para as facas, pois estas seriam submetidas a condições de trabalho severas. Portanto, submeteu-se as facas a operação de nitretação, tratamento superficial cujo objetivo é o aumento da dureza superficial do material. Tal operação foi realizada junto ao Laboratório de Materiais (LABMAT).

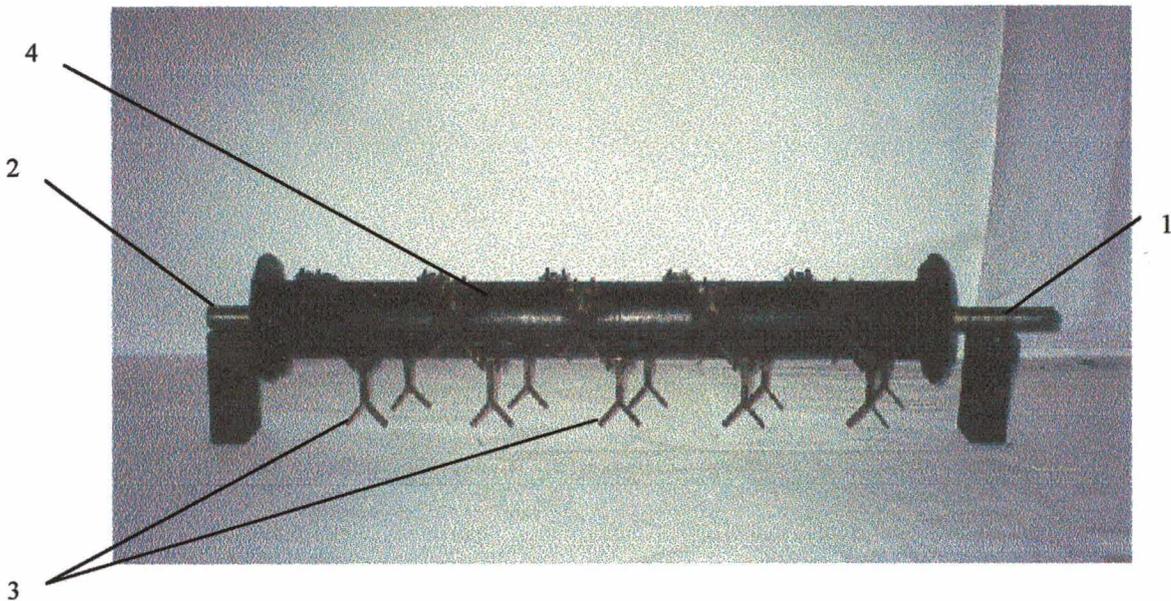


Figura 6.7: Sistema de corte e picagem. (1) Ponta de eixo esquerda, (2) ponta de eixo direita, (3) facas de corte e (4) tubo do rotor.

E, na Figura 6.8, tem-se uma visão geral do picador, sem a chapa de proteção móvel, mostrando o rotor com as facas de corte.



Figura 6.8: Vista geral do picador de cobertura vegetal.

TESTES E AVALIAÇÕES DO PROTÓTIPO

7.1 INTRODUÇÃO

Findo o processo de construção, partiu-se para uma série de testes visando a avaliação do protótipo. Estes, foram divididos em testes preliminares, realizados no próprio NeDIP e em outros locais da UFSC, e testes de campo realizados na Fazenda Experimental da Ressacada, vinculada ao Centro de Ciências Agrárias da UFSC.

Tais testes serviram para constatar o desempenho do protótipo em condições reais; também, a partir dos resultados obtidos, pôde-se analisar o atendimento às especificações de projeto definidas anteriormente.

7.2 TESTES PRELIMINARES

As primeiras avaliações foram realizadas a partir da montagem dos principais componentes do protótipo. Assim, constatou-se em nível de laboratório, o bom funcionamento de todos os subsistemas, principalmente da transmissão e do esticador principal.

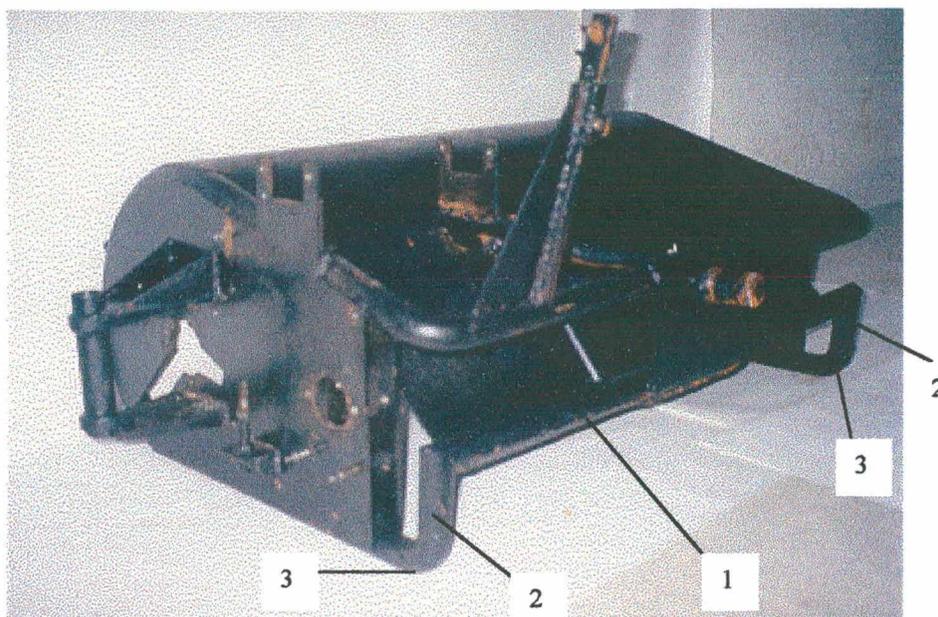
Isto feito, partiu-se para os testes fora do laboratório, cujos principais objetivos foram testar a manobrabilidade do conjunto trator e implemento, bem como aspectos de funcionamento geral. Estes primeiros testes foram realizados em terreno plano. E, o desempenho obtido mostrou-se bastante satisfatório.

Num próximo passo, o protótipo foi conduzido para uma área interna ao *campus* da UFSC, caracterizada por apresentar inclinação em torno de 15 %, com cobertura de grama, a qual apresentava altura entre 300 e 400 mm.

Com relação ao corte e picagem da vegetação testada, este apresentou grande eficiência, principalmente por se tratar de uma espécie bastante suscetível ao corte. Porém, a distribuição dos fragmentos picados ficou muito prejudicada devido à pouca altura do tubo

inferior traseiro da estrutura, em relação ao solo. Isto fez com que a cobertura picada fosse arrastada pelo implemento, não ocorrendo a distribuição uniforme desta sobre o solo.

Assim, como solução para este problema, o tubo supracitado foi elevado cerca de 150 mm em relação à posição inicial, permitindo assim a passagem do material cortado e picado. A Figura 7.1 mostra a modificação feita na estrutura.



- (1) – tubo inferior traseiro
- (2) – tubo inferior lateral
- (3) – curva a 90°

Figura 7.1: Modificação realizada na estrutura do protótipo, após testes preliminares.

Outra modificação proposta diz respeito ao esticador principal. A alavanca de acionamento apresentou grande flexibilidade devido aos esforços oriundos das correias de transmissão. Assim, substituiu-se a alavanca de acionamento por uma nova alavanca de perfil retangular mais robusto, com 32 mm de largura por 9 mm de espessura. Isto reduziu a um nível aceitável o problema da flexibilidade.

Feitas as modificações propostas, partiu-se para os testes de campo, nos quais seriam encontradas condições mais críticas do que as evidenciadas pelos primeiros testes.

7.3 TESTES DE CAMPO

Os testes de campo foram realizados na Fazenda Experimental da Ressacada-CCA-UFSC, no início do mês de fevereiro/1998. Basicamente, a área de testes caracterizava-se por apresentar relevo plano e solo do tipo areia quartzosa hidromórfica. As espécies vegetais cultivadas exclusivamente para a realização dos testes deste protótipo, foram: crotalária em fase de formação de sementes, apresentando cerca de 20 ton/ha de massa seca; mucuna em fase de plena floração, com 8 ton/ha de massa seca e, resteva de milho intercalada com vegetação espontânea de menor porte, resultando em cerca de 12 ton/ha de massa seca. Havia também, uma pequena faixa de feijão guandu em floração, o qual apresentava cerca de 18 ton/ha de massa seca. As quantidades de massa seca para cada espécie vegetal foram determinadas tendo por base medições realizadas em amostras, coletadas imediatamente antes dos testes. As amostras foram coletadas em áreas de 1m², posteriormente foram secas e tiveram suas massas determinadas. Destes valores, pôde-se determinar a quantidade de massa seca por hectare (kg/10000m²).

As Figuras 7.2 e 7.3 mostram vistas das áreas de testes.



Figura 7.2: Vista geral da área de testes: em primeiro plano tem-se resteva de milho, em segundo plano mucuna e ao fundo a crotalária.

Foram realizados dois testes de campo, em datas diferentes, sendo que entre um teste e outro foram implementadas algumas modificações no protótipo.

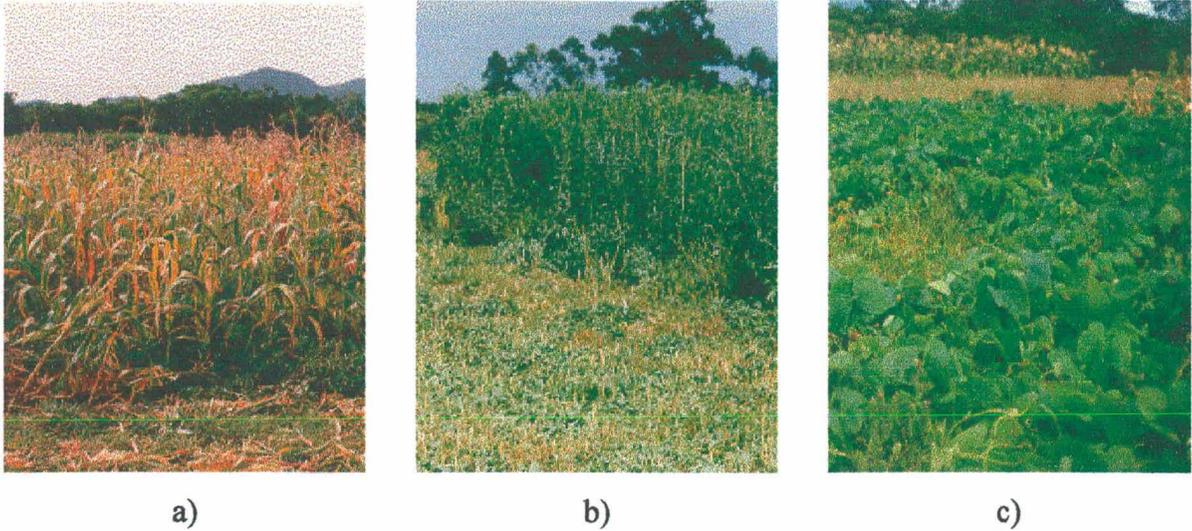


Figura 7.3: Espécies utilizadas nos testes - a) resteva de milho, b) crotalaria, c) mucuna.

1º TESTE DE CAMPO

Os testes de campo tinham como objetivo avaliar o funcionamento global do picador, em condições reais de utilização. Os principais aspectos abordados foram: capacidade de manejo da cobertura vegetal (corte e picagem), manobrabilidade, rendimento, bem como o desempenho de todos os subsistemas do equipamento.

Inicialmente testou-se o picador na resteva de milho intercalada com vegetação de menor porte, em primeira e segunda marchas no trator de rabiças (1,32 km/h e 2,08 km/h, respectivamente). Evidentemente, a proteção frontal estava em sua posição normal, envolvendo o sistema de corte e picagem. Isto fez com que parte das plantas de milho fossem dobradas rente ao solo e, ao invés de cortar e picar a cobertura, o protótipo amassou as plantas, cortando pouco material, conforme mostrado na Figura 7.4.



Figura 7.4: Manejo da resteva de milho com a proteção frontal em posição normal.

Tal fato ocorreu em todas as passadas da máquina por sobre a cultura. Assim, resolveu-se abrir a proteção frontal e testar o corte da vegetação. Nesta condição, o corte ocorreu sem problemas, como esperado inicialmente. A Figura 7.5 mostra estas duas condições, sendo a faixa à direita manejada com a proteção frontal em posição normal, e a faixa à esquerda com a proteção aberta. Percebe-se a grande diferença em termos de altura final da cobertura vegetal.

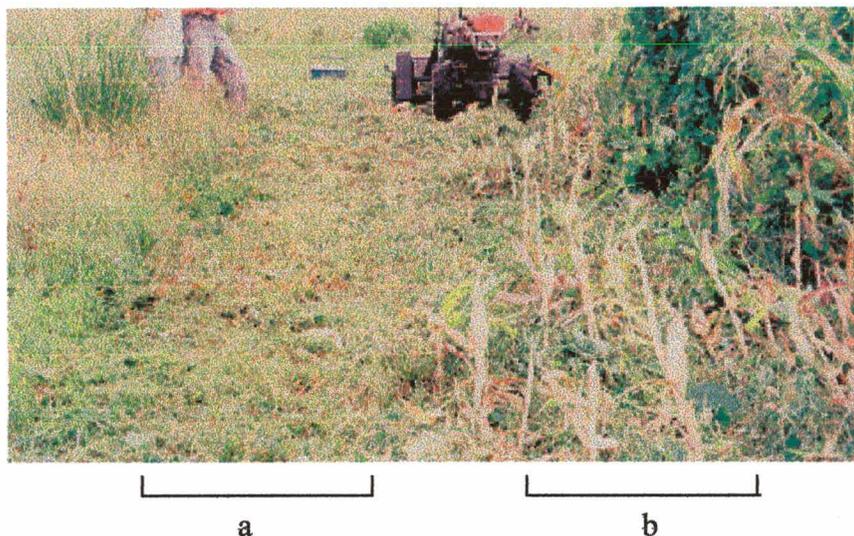


Figura 7.5: Resultado do manejo de resteva de milho sem (a) e com (b) a proteção frontal.

Todavia, houve um certo espalhamento da cobertura pela ação dos elementos de corte, pois assim que o material era cortado, ocorria seu arremesso para a frente do picador, além de que o trabalho nesta condição (sem proteção frontal) torna-se relativamente perigoso (risco de arremesso de pedras e outros objetos).

Partiu-se em seguida para o manejo com a espécie mucuna, também realizado em primeira e segunda marchas do trator. Com esta espécie, praticamente não houve diferença de manejo com a proteção frontal em posição normal ou aberta, isto devido à característica de baixo porte da espécie. Porém, nos eixos do sistema de corte e picagem ocorreu o enrolamento dos caules das plantas, o que contudo não chegou a afetar o funcionamento do implemento nos testes; todavia, detectou-se a necessidade de proteções para tais eixos. As Figuras 7.6 e 7.7 ilustram respectivamente, o manejo da mucuna e o resultado pós-manejo.



Figura 7.6: Manejo da espécie mucuna.



Figura 7.7: Cobertura de mucuna após o manejo.

Por fim, partiu-se para os testes em cobertura de crotalária e de feijão guandu. A crotalária, por sua vez, apresentava-se em fase de formação de sementes, portanto já ultrapassando a época de manejo. Assim, uma parte das plantas apresentava os caules bastante lenhosos e de difícil corte.

No início do teste, com o operador utilizando toda a largura de corte da máquina, como normalmente fez com as coberturas anteriores, ocorreu certo embuchamento no sistema. Portanto, nas condições em que se encontrava esta cobertura, o manejo só foi

possível utilizando uma largura de corte menor do que a total, conseqüentemente processando menor quantidade de material. Salienta-se aqui o fato de que isto ocorreu em apenas parte desta cobertura, sendo que no restante da área o manejo foi realizado sem problemas.

E, com o feijão guandu, os testes não apresentaram problemas, visto que tal espécie encontrava-se na época de manejo, portanto bastante suscetível ao corte. As Figuras 7.8 e 7.9 mostram, respectivamente, o corte da crotalária e do feijão guandu.



Figura 7.8: Manejo da espécie crotalária.



Figura 7.9: Manejo da espécie feijão guandu.

De acordo com o equacionamento apresentado no Capítulo 5 para o cálculo da potência consumida pelo picador, viu-se que, devido à grande quantidade de massa verde presente nas coberturas supracitadas, o manejo destas com o trator de rabiças operando em 2ª marcha não seria possível. Tal fato comprovou-se nos testes realizados e, portanto, tais coberturas foram manejadas somente na 1ª marcha do trator.

Analisando os resultados obtidos no corte da resteva de milho com relação à posição da proteção frontal, percebeu-se que o manejo da crotalária e do feijão guandu não apresentaria bons resultados com a proteção frontal em posição normal. Em sendo assim, o corte destas espécies foi realizado com a proteção frontal aberta, sendo que neste caso a vegetação cortada não era lançada para a frente do protótipo, pois as plantas à frente funcionavam como anteparo.

E, na Figura 7.10 tem-se o aspecto destas coberturas antes e após o corte. Pode-se perceber que o manejo das espécies foi uniforme, e que os restos vegetais ficaram igualmente distribuídos sobre o solo.



Figura 7.10: Aspecto das espécies crotalária e feijão guandu antes e após o corte.

CONCLUSÕES DO 1º TESTE DE CAMPO

A partir deste primeiro teste, pôde-se constatar o grande potencial para o manejo da cobertura vegetal do picador, apesar deste apresentar alguns aspectos a serem melhorados.

Inicialmente, percebeu-se a necessidade do redimensionamento da proteção frontal, com o intuito de otimizar seu posicionamento, associando um manejo eficiente com a proteção necessária.

Outro ponto levantado foi com relação à proteção para os eixos do sistema de corte e picagem. Apesar da falta de tal proteção não afetar o funcionamento do picador, conforme já citado, os mancais de rolamento contidos em cada eixo poderão ser danificados devido a um maior acúmulo de plantas.

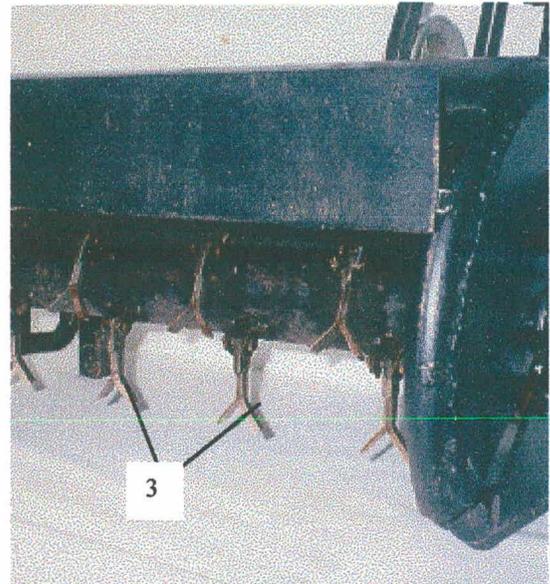
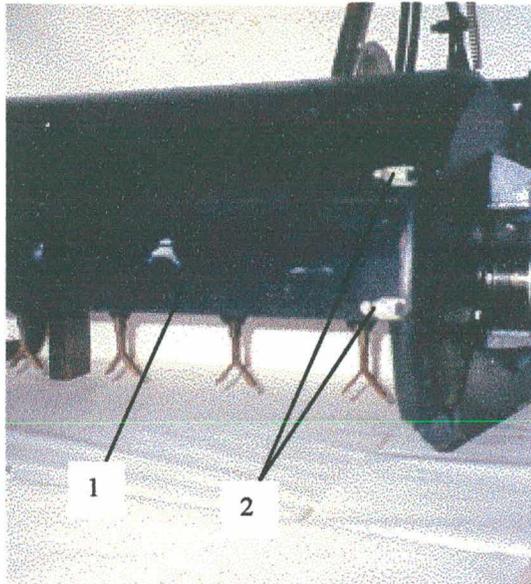
Assim, para o segundo teste de campo, propôs-se realizar as mudanças supracitadas, com o intuito de promover uma análise mais detalhada. Outros aspectos importantes, tais como avaliação do grau de picagem da cobertura, robustez do protótipo, interface com o trator de rabiças e facilidade de operação, serão abordados na seqüência.

2º TESTE DE CAMPO

Para o segundo teste de campo, realizado após oito dias do primeiro teste e nas mesmas condições (mesmo local e espécies vegetais), procurou-se reavaliar o desempenho operacional já com as modificações propostas a partir dos resultados do primeiro teste de campo.

Assim, as Figuras 7.11 e 7.12 mostram as mudanças feitas no protótipo, respectivamente na proteção frontal e nos eixos do sistema de corte e picagem.

Basicamente, dividiu-se a proteção frontal em três partes iguais, sendo que a parte mais baixa foi descartada, pois viu-se do primeiro teste que, com a proteção totalmente fechada, o corte das coberturas não foi satisfatório. Com esta configuração, pôde-se testar o picador com a proteção frontal em duas posições diferentes, tal como mostrado na Figura 7.11.



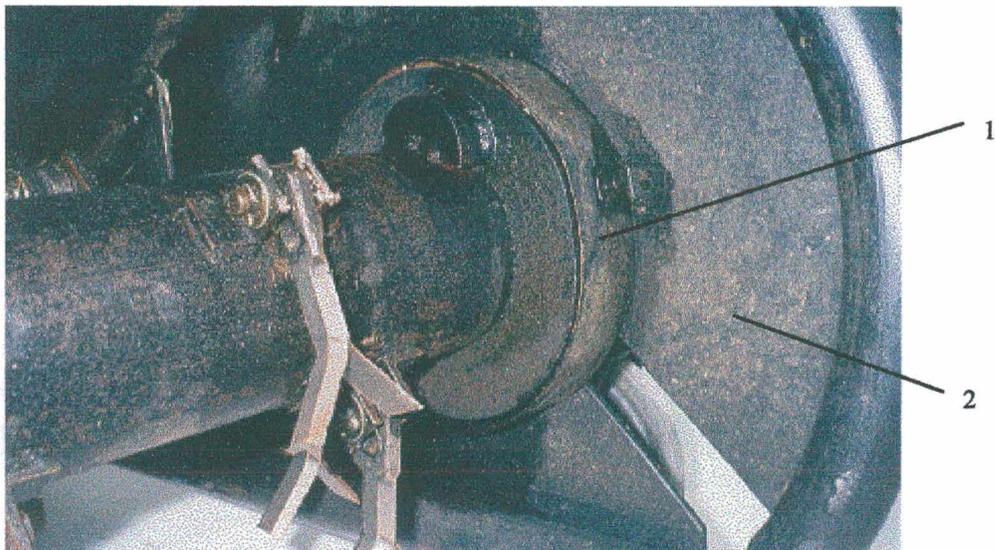
- (1) – chapa de proteção frontal
- (2) – presilhas para fechamento da proteção frontal

- (3) – facas de corte

a)

b)

Figura 7.11: Modificação proposta para a chapa de proteção frontal -
a) fechada, b) parcialmente aberta.



- (1) – proteção para os mancais de rolamento
- (2) – chapa lateral da estrutura (lado esquerdo)

Figura 7.12: Proteção adicionada aos eixos do sistema de corte e picagem.

No teste com resteva de milho, percebeu-se que o corte foi bastante satisfatório quando a proteção encontrava-se parcialmente aberta (Figura 7.11, b), sendo que na posição fechada o corte não se mostrou adequado. Houve também um pequeno espalhamento da cobertura picada pela parte frontal do protótipo, porém inferior ao ocorrido nos primeiros testes com a proteção frontal totalmente aberta. E, para finalizar os testes com esta espécie, avaliou-se o desempenho do conjunto com o trator de rabiças em 3ª marcha (4,89 km/h). O corte ocorreu sem problemas, com a proteção frontal parcialmente aberta; porém, nesta velocidade tornou-se difícil manobrar o trator, principalmente em virtude das irregularidades do terreno e da cobertura vegetal.

No manejo com mucuna, já no primeiro teste o desempenho do picador foi considerado bastante satisfatório com a proteção frontal totalmente fechada. E no segundo teste, praticamente não foram detectadas diferenças visíveis quando da variação das posições da proteção frontal. E, com relação ao enrolamento dos caules das plantas ocorrido nos eixos do sistema de corte de picagem, as proteções colocadas para tais eixos solucionou o problema.

E no manejo das espécies crotalária e feijão guandu, percebeu-se um comportamento semelhante ao manejo com resteva de milho. Com a proteção frontal fechada (Figura 7.11, a) ocorreu o tombamento das plantas, resultando em uma grande altura remanescente, conforme se vê na Figura 7.13.



Figura 7.13: Altura remanescente da espécie crotalária, manejada com a proteção frontal fechada.

Já com a proteção parcialmente aberta (Figura 7.11, b), o comportamento do picador foi satisfatório. A altura de corte ficou em torno de 100 mm, valor este adequado.

Finalmente, afora os aspectos já tratados, os demais sistemas do protótipo mostraram-se eficientes. Ressalta-se apenas o fato das correias da transmissão primária terem sofrido um certo esticamento, fato este devido ao uso.

7.4 ASPECTOS GERAIS

Na avaliação do grau de picagem da cobertura, constatou-se uma grande trituração da vegetação, principalmente em virtude da elevada rotação de trabalho do picador, bem como do modo de ação dos elementos de corte. Contudo, em todas as coberturas vegetais testadas, o recobrimento do solo mostrou-se bastante uniforme.

Porém, para se proceder a uma avaliação mais detalhada do grau de picagem, Peche Filho *et al* (1994) apresentam uma proposta de metodologia, a qual fundamenta-se na avaliação detalhada do material antes e após a picagem.

Como o principal objetivo do presente trabalho foi o desenvolvimento de um implemento capaz de manejar cobertura vegetal em determinadas situações, não foi realizada uma análise mais detalhada do grau de picagem da cobertura, visto que tal aprofundamento foge do contexto deste trabalho.

Com relação à robustez do protótipo, esta característica mostrou-se bastante satisfatória, não sendo alvo de preocupações. Já a interface com o trator de rabiças, apesar da facilidade de engate, apresentou como ponto fraco a falta de um subsistema limitador de giro, pois como já citado na descrição do primeiro teste, ocorreu o escape das correias devido à diferença de inclinação entre o implemento e o trator.

E, a facilidade de operação de maneira geral, foi constatada em todos os testes realizados, tanto nos preliminares como nos de campo. Ressalta-se porém que não se pôde, evidentemente, abordar todos os aspectos relativos à operação do implemento, tais como manobrabilidade em terrenos inclinados, desempenho em outros tipos de cobertura, bem como operação em situações extremas (terrenos com pedras e/ou cascalho). Tais situações poderão ser evidenciadas em testes futuros.

7.5 INSPEÇÃO FINAL DO PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

Finalizando este capítulo, faz-se a análise das especificações de projeto obtidas no Capítulo 3, comparando-as aos resultados obtidos nos testes preliminares e de campo. Assim, a Tabela 7.1 apresenta cada requisito de projeto com os valores inicialmente estimados e os resultados obtidos.

Tabela 7.1: Avaliação final do picador de cobertura vegetal.

Requisito	Unid.	Valor meta	Valor obtido
1. Custo do produto	R\$	950	O custo final total (produção e construção) atingiu R\$ 1116,50, valor este considerado satisfatório para o protótipo.
2. Custo de fabricação	R\$	30% do custo do produto	Requisito não avaliado
3. Custo de manutenção	R\$	4% do custo do produto ao ano	Requisito não avaliado
4. Cobertura uniforme	%	100% do solo coberto	Os testes de campo comprovaram a eficiência do protótipo com relação a este requisito (100% do solo coberto).
5. Custo de material	R\$	60% do custo do produto	Este custo atingiu R\$ 596,50, correspondendo a 54% do custo do produto.
6. Tempo de fabricação	horas (h)	mínimo tempo possível	Requisito não avaliado
7. Largura de trabalho	mm	1000 mm	A largura de corte do protótipo mostrou-se bastante adequada (1030 mm).
8. Fragmentos de tamanho adequado	mm	fragmentos entre 50 e 150 mm	A picagem da cobertura mostrou-se demasiada (comprimento dos fragmentos < 40 mm), o que pode acarretar em rápida decomposição da cobertura.
9. Vida útil	anos	5 anos	Requisito não avaliado
10. Peças padronizadas	%	100%	Todos os componentes e materiais utilizados foram conseguidos no mercado com facilidade, auxiliando na redução de custos.
11. Custo de montagem	R\$	10% do custo do produto	Requisito não avaliado
12. Massa total	kg	Em torno de 120 kg	A massa total final do protótipo atingiu 134 kg, valor este considerado satisfatório.
13. Freqüência de manutenção	Nº	Manutenção preventiva a cada 50 horas de trabalho	Requisito não avaliado
14. Potência consumida	kW	Máx. 7,46 kW	A potência disponível no trator de rabiças foi suficiente para manejar as coberturas testadas.
15. Custo de operação	R\$	12% do custo do produto ao ano	Requisito não avaliado
16. Nº. de materiais diferentes	Nº	Menor número possível	O protótipo foi fabricado com praticamente três tipos de materiais: aço, borracha (correias de transmissão e rodas) e alumínio (polias).

Tabela 7.1: Continuação

Requisito	Unid.	Valor meta	Valor obtido
17. Partes móveis expostas	Nº	Menor número possível	Apenas a transmissão primária não possuía proteção.
18. Tempo de manutenção	horas (h)	Mínimo tempo possível de manutenção.	Requisito não avaliado
19. Tempo para acoplamento	horas (min)	Máx. 30 min.	O tempo total de acoplamento ficou em torno de 15 minutos, bastante satisfatório.
20. Nº. de operadores	Nº	1 operador apenas	A operação propriamente dita necessita de apenas um operador; porém na operação de engate, são necessárias duas pessoas.
21. Nível de ruído	dB	Máximo de 85 dB para 8 h de trabalho diário	Requisito não avaliado
22. Componentes recicláveis	%	100%	Com exceção às correias de transmissão e às rodas, praticamente todos os demais elementos são recicláveis (aço e alumínio).
23. Custo de teste e avaliação	R\$	14% do custo do produto	Requisito não avaliado

CAPÍTULO VIII

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

8.1 INTRODUÇÃO

Primeiramente, pode-se dizer que o desenvolvimento e construção deste protótipo do picador para coberturas vegetais foi o passo fundamental para a obtenção de um equipamento capaz de atender as necessidades dos pequenos produtores rurais do Estado de Santa Catarina, no que tange aos sistemas de cultivo conservacionistas do solo.

Assim, na seqüência serão explanadas as conclusões a respeito do protótipo, com relação às especificações de projeto e aos testes realizados. E, com base nas constatações obtidas a partir dos testes e avaliações, serão listadas algumas sugestões de modificação para este primeiro protótipo, objetivando melhorar seu desempenho geral.

Além destas, serão feitas outras sugestões de aspectos a se avaliar em testes futuros, os quais complementarão os testes já realizados.

8.2 CONCLUSÕES SOBRE O PROTÓTIPO CONSTRUÍDO

No que diz respeito ao protótipo construído, este atingiu os principais objetivos propostos com relação às especificações de projeto, sendo portanto um equipamento de pequeno porte, baixo custo e de grande simplicidade técnica, o que o torna bastante atrativo não apenas do ponto de vista operacional, mas também do ponto de vista comercial.

Cabe ressaltar aqui que o picador não deve ser encarado como um equipamento concorrente a outros implementos de manejo da cobertura vegetal, tais como o rolo-facas e o rolo-discos, e sim como um implemento alternativo à realização desta tarefa, pois as condições em que se aplicam tais equipamentos são bastante diversas. Ou seja, em determinadas situações, tais como terrenos arenosos e também com pedras e/ou cascalho, o picador se aplica com vantagens sobre os outros equipamentos supracitados. Assim, este equipamento vem preencher uma lacuna em termos de implementos adequados aos pequenos produtores.

Com relação aos testes realizados, o picador de coberturas vegetais mostrou-se bastante versátil quando do manejo de diferentes espécies de coberturas, correspondendo plenamente às necessidades dos pequenos produtores rurais. O manuseio do equipamento mostrou-se facilitado, não apresentando grandes dificuldades; o corte das coberturas foi bastante satisfatório, e esta ficou uniformemente picada e espalhada sobre o solo; e, a potência disponível ao equipamento (7,46 kW), foi suficiente para promover o manejo da cobertura, mesmo em situações de maior solicitação.

E, com relação às especificações de custos do protótipo, estas forneceram informações importantes no tocante às tomadas de decisão, principalmente no que diz respeito aos custos de fabricação, material e montagem. Assim, o custo final total do protótipo atingiu R\$ 1116,50, ficando cerca de 15% acima do especificado. Em se tratando de uma estimativa, este valor foi considerado satisfatório.

8.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Inicialmente, sugere-se realizar em trabalhos futuros uma análise detalhada da estrutura do protótipo, utilizando-se para tanto algum *software* de análise numérica, com vistas a otimizar suas dimensões, bem como redimensionar seus elementos componentes (chapas laterais e tubos). Com esta análise, pode-se conseguir uma redução no valor da massa total do equipamento, inferior ao valor obtido (134 kg). Assim, além de diminuir os custos com material, um equipamento mais leve apresentaria maior facilidade de operação, bem como menor consumo de combustível.

Com relação ao conjunto de acionamento, apesar das modificações realizadas após os testes preliminares, este ainda apresentou pontos a serem melhorados. Um destes diz respeito à falta de um sistema que permita fazer a compensação do esticamento das correias. Ocorreu que, com o uso, tais correias acabaram se alongando, o que permitiu o deslizamento destas entre as polias principal e do trator de rabiças, quando em operação.

Ainda, sugere-se o uso de um braço de reforço para a polia esticadora. Com isto, não ocorreria a flexão da alavanca de acionamento, tal como constatado nos testes preliminares. E, sugere-se também, o posicionamento de uma alavanca auxiliar afixada na rabiça do trator, o que permitiria o acionamento do protótipo com maior segurança.

Com relação às proteções do sistema de transmissão, estas mostraram-se apropriadas no sentido de fornecer segurança ao operador. Porém, na transmissão primária

(entre a polia motora do trator de rabiças e a polia movida do picador), não foi colocada nenhuma proteção devido ao posicionamento da alavanca de acionamento. Assim, sugere-se a colocação desta proteção, em conjunto com uma alavanca auxiliar de acionamento, já citada anteriormente.

Outra modificação proposta, diz respeito ao sistema de engate. Conforme descrito no capítulo de Projeto Preliminar, tal engate permite o giro relativo entre o picador e o trator de rabiças, conforme mostrado na Figura 8.1.

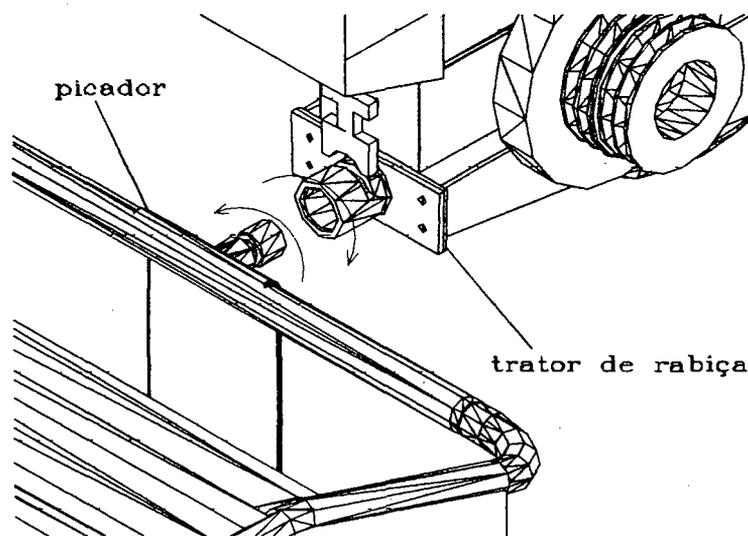


Figura 8.1: Giro relativo entre o picador e o trator de rabiças.

Porém, se este giro for excessivo, ocorrerá o escape das correias da transmissão primária, conforme relatado nos testes de campo. Assim, propõe-se a utilização de um sistema de engate com limitadores de giro, permitindo assim certo giro relativo entre o picador e o trator de rabiças. Desta forma, com este giro limitado a um certo ângulo, o escape das correias ficaria dificultado.

No que diz respeito ao sistema de transmissão, este poderia ser simplificado através da eliminação do esticador de corrente (transmissão secundária, conforme mostrado na Figura 5.17). E, para promover o esticamento contínuo da corrente de transmissão, a roda dentada menor deveria ser móvel, mantida tensionada por uma mola, conforme Figura 8.2.

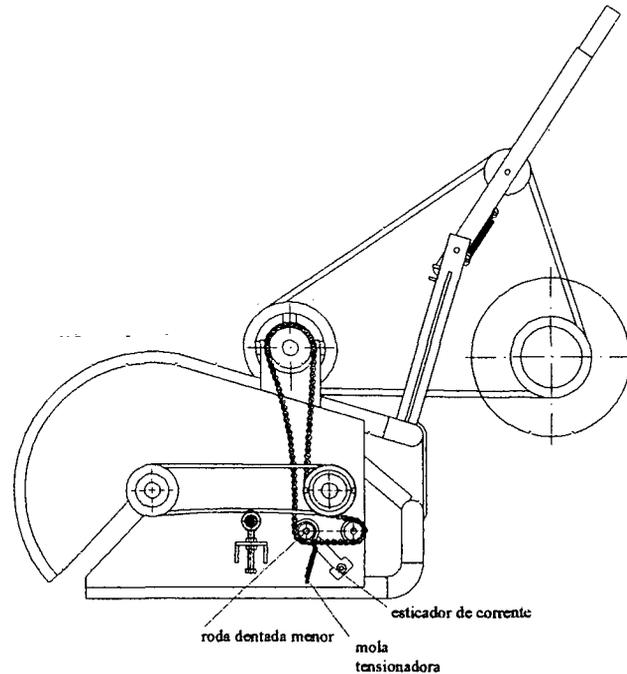


Figura 8.2: Sistema de transmissão com o esticador de corrente na roda dentada menor

E também, sugere-se que no sistema de corte e picagem o tubo utilizado como rotor possua uma maior espessura de parede, da ordem de 6 mm. Isto facilitaria a operação de usinagem a que esta peça é submetida.

Com relação aos testes de campo realizados, inicialmente outros tipos de ferramentas de corte com diferentes geometrias poderiam ser testadas, bem como poderia-se utilizar um maior ou menor número de ferramentas. Também, tais testes poderiam ser feitos com diferentes espécies de cobertura vegetal. Assim, os resultados obtidos forneceriam o tipo ideal de ferramenta para cada cobertura específica. Além disso, poderia-se testar o picador em diferentes rotações de trabalho, com o intuito de verificar se ocorrem variações no comprimento dos fragmentos picados.

Outro ponto diz respeito ao trabalho em terrenos com pedras e cascalho. Esta situação pode ser considerada de grande solicitação para o sistema de corte e picagem; desta forma, faz-se necessário avaliar o desempenho do picador neste caso. Também, para tal situação pode-se sugerir o uso de correntes simples de elos como ferramenta de corte; porém, o grau de picagem da vegetação deve ser analisado cuidadosamente.

Por fim, como os testes foram realizados no mês de fevereiro, não foi possível, evidentemente, avaliar o desempenho do picador em espécies de coberturas vegetais utilizadas nos meses de inverno, entre outras a aveia preta e o centeio. Assim, como estas

espécies possuem grande importância como cobertura vegetal de inverno, sua avaliação faz-se necessária.

8.4 CONCLUSÕES GERAIS

Com relação às ferramentas de projeto, ressalta-se sua importância como instrumentos balizadores de todo o processo, auxiliando as tomadas de decisão do projetista. Segundo Back (1996), "...é imprescindível a utilização de um procedimento sistemático, capaz de integrar e otimizar os diferentes aspectos envolvidos no projeto, se adequando a várias tecnologias e possibilitando a interação entre o pessoal envolvido, de modo que o processo todo seja lógico e compreensível". Portanto, a metodologia de projeto segundo Pahl e Beitz (1995) utilizada, mostrou-se fundamental no que diz respeito às orientações fornecidas à equipe de projeto.

Com relação ao Desdobramento da Função Qualidade (QFD), esta ferramenta foi de grande importância quando da determinação dos itens que deveriam ser priorizados durante o planejamento e desenvolvimento do produto. Ressalta-se também que, a utilização de um *software* para a construção da Casa da Qualidade facilitou grandemente esta atividade.

Também, o uso de uma nova ferramenta na fase de Projeto Conceitual para realizar as estimativas de custos do produto, forneceu dados importantes para as tomadas de decisão, auxiliando na escolha de uma concepção mais econômica e otimizada.

E, o modelo gráfico construído em três dimensões mostrou-se bastante útil na etapa de dimensionamento do protótipo, bem como na visualização entre todos os subsistemas componentes do picador.

Por fim, tem-se em mente que a necessidade de desenvolvimento de implementos agrícolas para pequenos produtores é uma constante. Apesar de que o cenário agrícola no qual baseou-se o desenvolvimento deste protótipo possui um número predominante de pequenas propriedades, é certo que tal equipamento poderá beneficiar outras regiões do país, auxiliando na conservação do solo, a conseqüente valorização da propriedade e na melhoria da qualidade de vida dos pequenos produtores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AKAO, Yoji. **Manual de Aplicação do Desdobramento da Função Qualidade**. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais: Fundação Christiano Ottoni. V. 1, 1990.
- [2] BACK, Nelson. **Metodologia de Projeto de Produtos Industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983. 389 p.
- [3] BACK, Nelson. FORCELLINI, Fernando A. **Notas de aula da Disciplina Projeto Conceitual**. Florianópolis: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, 1996. 137 p.
- [4] BALASTREIRE, Luiz Antonio. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 310 p.
- [5] BALDAN IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS S. A. **Catálogo técnico de produtos**. São Paulo.
- [6] BOCKHOP, C.W. BARNES, Kenneth K. **Power Distribution and Requirements of a Flail-Type Forage Harvester**. *Agricultural Engineering*, v. 36, n. 7, p. 453-457, July, 1955.
- [7] BOLLER, Walter. KLEIN, Vilson A. HEISSLER, Luiz R. **Avaliação do desempenho de um picador de palha tratorizado**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 20, 21 a 26 de julho, 1991, Londrina. **Anais...** Londrina, 1991, p. 1276-1286.
- [8] CALEGARI, A. e outros. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA- Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1992. 346 p.
- [9] COSTA, Baltazar B. (Coord) e outros. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA- Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa., 1993. 2 ed., 346 p.
- [10] DERPSCH, R. **Adubação Verde no Sul do Brasil**. Campinas: Fundação Cargil, 1984. 362 p.
- [11] EPAGRI. **Recomendação de Cultivares para o Estado de Santa Catarina 1995-1996**. Florianópolis, 1995. 142 p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 72).

- [12] FERREIRA, Cristiano Vasconcellos. **Estimativa de Custos de Produtos na Fase de Projeto Conceitual: Uma Metodologia para Seleção da Estrutura Funcional e da Alternativa de Solução**. Florianópolis, 1997. 149 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina.
- [13] FERREIRA, Marcelo G.G. **Utilização de Modelos para a Representação de Produtos no Projeto Conceitual**. Florianópolis, 1997. 128 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina.
- [14] FIBGE. Censo Agropecuário do Estado de Santa Catarina - 1985. Rio de Janeiro: IBGE - Censos Econômicos, 1985. n. 23.
- [15] FORCELLINI, Fernando Antônio. **Desenvolvimento do Protótipo de Colhedora de Forragens Acoplável a Tratores de Rabiça**. Florianópolis, 1989. 119 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina.
- [16] GASSEN, Dirceu N. **O Plantio Direto e o uso de Produtos Fitossanitários**. Plantio Direto, Passo Fundo, Edição Especial sobre o Cerrado, p. 36, mar. 1995.
- [17] GENTIL, Luiz Vicente. **Aspectos Econômicos do Plantio Direto**. In: Seminário Internacional do Sistema de Plantio Direto, 1, 7 a 10 de agosto, 1995, Passo Fundo, RS.
- [18] IAPAR. **Plantio Direto no Estado do Paraná**. Circular Instituto Agrônomo do Estado do Paraná, ago, 1981.
- [19] IMASA. **Catálogo técnico de produtos**.
- [20] JAN S/A. **Catálogo técnico de produtos**. Não Me Toque, RS.
- [21] KANAFOJSKI, Cz. KARWOWSKI, T. **Agricultural Machines, Theory and Construction**. Tradução por Waldemar Bartoszewski e Halina Markiewicz. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture and National Science Foundation. 1976. v. 2, 1047 p.
- [22] KEPNER, R.A. BAINER, Roy. BARGER, E.L. **Principles of Farm Machinery**. Westport, Connecticut: The Avi Publishing Company, Inc., 1972. 486 p.
- [23] KUBOTA-TEKKO DO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. **Catálogo técnico de produtos**. Diadema, SP.

- [24] KUHN S. A. **Catálogo técnico de produtos**. Saverne, France.
- [25] MABIE, H. H. e OCKVIRK, F. W. **Mecanismos e Dinâmica das Máquinas**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, Editora S. A. 1980. 2 ed.
- [26] MAMETORA AGRIC. MACHINERY CO. , LTD. **Catálogo técnico de produtos**. Okegawa-City, Saitama-Pref., Japan.
- [27] MOTT CORPORATION. **Catálogo técnico de produtos**. Illinois, USA.
- [28] MONEGAT, Claudino. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó: 1991. 336 p.
- [29] MUZILLI, Osmar. FANCELLI, Luiz Antonio. **Atualização em Plantio Direto**. Campinas, 1985, 343 p.
- [30] NIEMANN, G. **Elementos de Máquinas**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1976. 3 v.
- [31] OGLIARI, A.; BACK, N.; PRADO, I.J.E.; KOMOSINSCKI, L.. **“Implementação computacional do processo de concepção de produtos utilizando análise orientada à objetos e sistemas especialistas”**. In: XIII Congresso Brasileiro e II Congresso Ibero Americano de Engenharia Mecânica - COBEM-CIDIM/95, UFMG. **Anais...** (em CD-ROM). Belo Horizonte, 1995.
- [32] PAHL, G. BEITZ, W. **Engineering Design: a Systematic Approach**. 2. ed. Tradução por Ken Wallace, Luciëne Blessing e Frank Bauert. London: Spring Verlag, 1995. 544 p. Original em alemão.
- [33] PECHE Filho, A. e outros. **Avaliação do grau de picagem de material orgânico: uma proposta de metodologia**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 23, 18 a 23 de julho, 1994, Campinas. **Anais...** Campinas, 1994.
- [34] PERSSON, Sverker. **Basic Force, Stress and Energy Concepts**. In: **Mechanics of Cutting Plant Material**. Michigan: American Society of Agricultural Engineers, 1987. p. 125-217.
- [35] SAAD, Odilon. **Máquinas e Técnicas de Preparo Inicial do Solo**. São Paulo: Livraria Nobel S.A, 1979.
- [36] SANTA CATARINA. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento **Manual de Uso, Manejo e Conservação do Solo e da Água: Projeto de Recuperação e Manejo dos**

- Recursos Naturais em Microbacias Hidrográficas.** Florianópolis: EPAGRI, 1994. 2 ed., 384 p.
- [37] SANTOS, Salete dos. **Avaliação e Melhoramento de Equipamentos para Manejo Mecânico de Cobertura Vegetal.** Florianópolis, 1997. 111 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina.
- [38] SKF - **Catálogo Geral de Rolamentos 4000 PB.** Torino: Stamperia Artistica Nazionale, 1989. 976 p.
- [39] STANGE, Plínio. PEREIRA, Maria da Graça. **Notas de aula da Disciplina Engenharia da Qualidade.** Florianópolis: Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, 1996. 25 p.
- [40] WEISS, A . SANTOS, S. **Diagnóstico da Mecanização Agrícola Existente nas Microbacias da Região do Tijucas / da Madre.** Relatório Final do Convênio 054/91 EPAGRI / FEESC, 1996. 114 p.
- [41] WEISS, Augusto. **Desenvolvimento e adequação de implementos para a mecanização agrícola nos sistemas conservacionistas em pequenas propriedades.** Florianópolis, SC: Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – CTC – EPS – UFSC. 200p. 1998. (Tese de Doutorado).

ANEXO A

A-1 OBJETIVOS DA METODOLOGIA DO QFD

Historicamente, as primeiras notícias sobre a utilização do QFD datam da década de 70, quando o Professor Dr. Yoji Akao (1990) introduziu, em 1966, o conceito de QFD no Japão. Em 1972, com a ajuda dos Drs. Mizuno e Furukawa, os estaleiros da Mitsubishi Heavy Industries desenvolveram uma matriz das necessidades do consumidor e características da Qualidade. No ocidente, os primeiros contatos com o QFD ocorreram na década de 80, sendo que o primeiro estudo de caso ocorreu nos Estados Unidos em 1986, na Ford Motors Co..

A nível de Brasil, os estudos do QFD iniciaram-se no final dos anos 80 e início dos anos 90. Porém, sua utilização nas empresas brasileiras é ainda relativamente pequena, no entanto já existem algumas empresas de grande porte utilizando tal ferramenta, principalmente na indústria automobilística.

Dentre os principais objetivos do QFD, pode-se citar:

- ⇒ Manter uma boa interpretação dos objetivos em relação ao produto, baseados nas necessidades dos clientes, ao longo de todas as etapas do ciclo de vida do produto;
- ⇒ Fazer o desenvolvimento do produto em um ciclo menor, reduzindo o tempo para o seu lançamento no mercado;
- ⇒ Reduzir as mudanças de engenharia;
- ⇒ Obter custos menores e maior produtividade, com ênfase no planejamento e na prevenção de problemas;
- ⇒ Fornecer uma visão geral de todo o projeto;
- ⇒ Permitir cruzamento de parâmetros, mostrando interferências, inter-relações e influências positivas e negativas;
- ⇒ Potencializar a criatividade de todos os elementos da equipe de projeto nas oportunidades de melhoria;

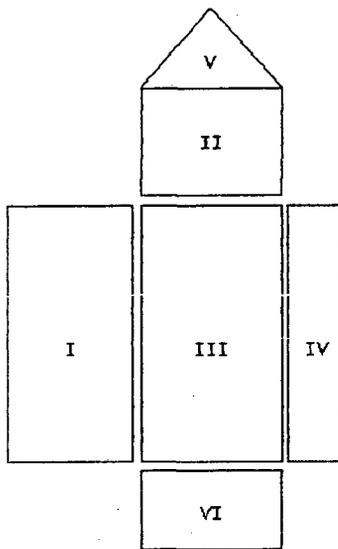
O QFD auxilia então na obtenção do produto com a qualidade definida pelo cliente, pela clara definição dos objetivos das tarefas necessárias para alcançá-la.

Muito embora o emprego do QFD não seja garantia de sucesso, sem dúvida é grande a probabilidade de se atingir o sucesso, pois a aplicação do QFD possibilita uma nova e melhor abordagem para o planejamento do produto.

A-2 PASSOS BÁSICOS PARA A CONSTRUÇÃO DA CASA DA QUALIDADE

A Casa da Qualidade (1ª Matriz do QFD) pode ser entendida como um mapa conceitual que permite um planejamento inter-funcional e comunicativo entre todos os responsáveis pelo desenvolvimento do produto, em todas as suas etapas.

Esquemáticamente, as principais partes que compõem a Casa da Qualidade são mostradas na figura abaixo:



Campo I: Necessidades dos clientes (NC's)

Campo II: Requisitos de projeto (RQ's)

Campo III: Matriz de relacionamentos

Campo IV: Valoração das necessidades dos clientes

Campo V: Relacionamento entre os requisitos de projeto

Campo VI: Classificação por importância dos RQ's

Figura A.1: Representação esquemática da Casa da Qualidade

Neste trabalho foi utilizado o *software* "QFD" no auxílio à construção da Casa da Qualidade, haja visto a facilidade proporcionada pelo mesmo, na editoração dos vários campos componentes da Casa, nos relacionamentos e também na apresentação dos resultados (cálculos matemáticos e plotagem).

Num primeiro passo, realiza-se o preenchimento do Campo I com as necessidades dos clientes levantadas a partir de dados de pesquisas e enquetes junto aos mesmos, bem como de consultas a especialistas. Tais necessidades foram subdivididas em dois tipos, as dos clientes externos, e as dos clientes intermediários e/ou internos. Assim, as NC's "fácil de operar", "baixo custo de aquisição" e "operação segura", por exemplo, dizem respeito aos clientes externos, ou seja, aquelas pessoas que efetivamente irão utilizar o equipamento. E, as NC's "utilizar processos comuns de fabricação" e "componentes de geometria simples", por exemplo, são relativas aos clientes intermediários e internos, ou seja, as pessoas envolvidas na fabricação e na distribuição do equipamento.

Feito o preenchimento deste primeiro campo, parte-se agora para o Campo II. Neste, as NC's são transformadas em linguagem de engenharia, os Requisitos da Qualidade (RQ's). Estes, são características técnicas que podem então ser mensuradas através de algum tipo de sensor, e que o produto necessita ter para atender as necessidades dos clientes. Assim, "peso total" (medido em kg), "vida útil" (medida em anos) e "potência requerida" (medida em CV), são alguns exemplos de características técnicas que devem ser levadas em conta quando do desenvolvimento do produto. Os sinais (\uparrow) e (\downarrow) mostrados na frente de cada RQ representam o que se espera para cada requisito. Por exemplo, o sinal (\downarrow) do requisito "potência requerida" reflete o desejo de redução do consumo de potência pelo equipamento, ou seja, quanto menos potência consumir a máquina, melhor. E, o sinal (\uparrow) para o requisito "vida útil" significa que quanto mais tempo a máquina durar, melhor.

O próximo passo consiste em estabelecer de forma qualitativa o quanto cada requisito da qualidade afeta cada necessidade do consumidor. Desta forma, faz-se o preenchimento da "matriz de relacionamentos" (Campo III) entre RQ's e NC's, a qual será usada posteriormente na quantificação dos RQ's.

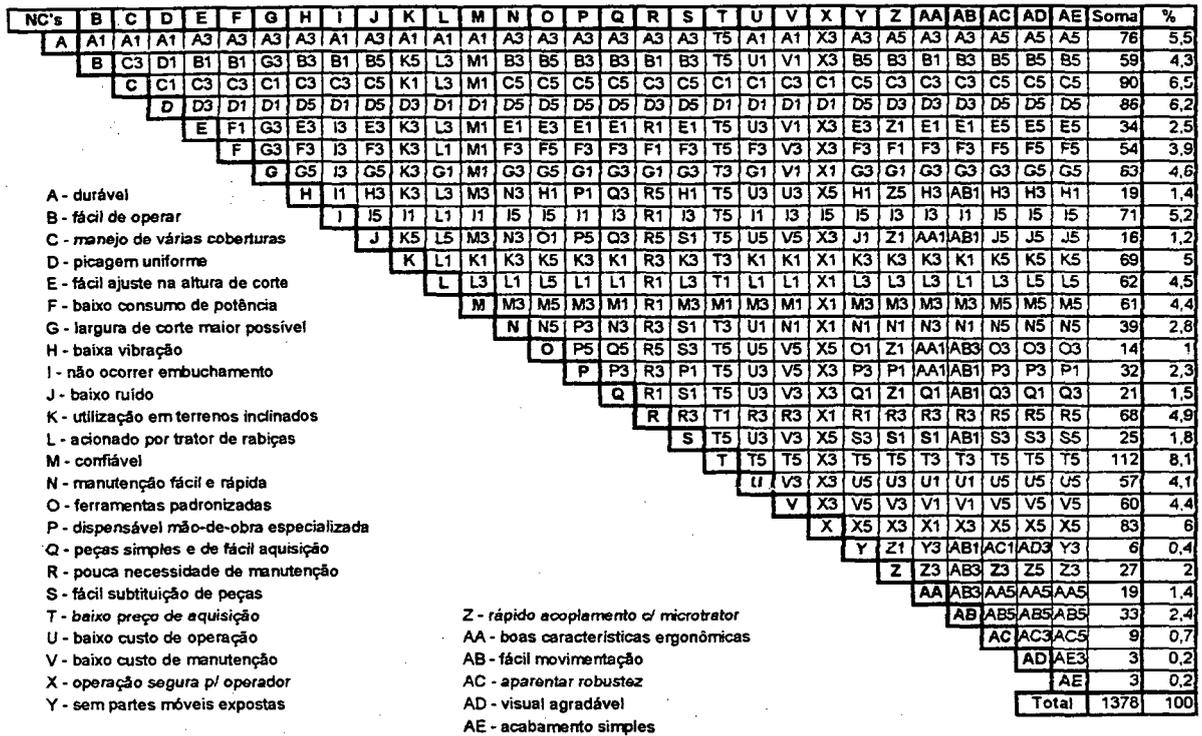
O inter-relacionamento entre as NC's e os RQ's pode ser representado por símbolos ou números, conforme critério da equipe responsável pelo projeto. Neste trabalho, optou-se por trabalhar com símbolos, pois o *software* utilizado na construção da Casa da Qualidade faz as conversões necessárias. Como exemplo destes relacionamentos, pode-se citar o forte relacionamento entre a NC "fácil substituição de peças" e o RQ "peças padronizadas", tendo o valor numérico 5. Outro exemplo é o nulo relacionamento entre a NC "visual agradável" e o RQ "vida útil", representado por zero.

A seguir deve-se estabelecer os valores de cada uma das NC's perante os próprios consumidores. Para tanto, com o objetivo de se determinar valores mais próximos da realidade, haja visto que não foram realizadas enquetes junto com os agricultores principalmente devido ao pouco tempo disponível, fez-se uso do **Diagrama de Mudge**, o qual relaciona todas as necessidades duas a duas, e estabelece qual é a mais importante através da atribuição de pesos de importância. Assim, para o projeto em questão, foram construídos dois diagramas, o primeiro relacionando as necessidades dos clientes externos (os agricultores), e o segundo relacionando as necessidades dos clientes internos (fabricantes e distribuidores).

Isto foi realizado devido ao fato da postura que teve de ser adotada para se fazer os relacionamentos, ou seja, quando da análise do primeiro diagrama, este foi preenchido sob o

ponto de vista dos clientes externos. E, quando do preenchimento do segundo diagrama adotou-se a ótica dos clientes internos. Se fossem relacionadas as necessidades destes dois tipos de clientes, a equipe deveria optar por um ponto de vista, em detrimento do outro.

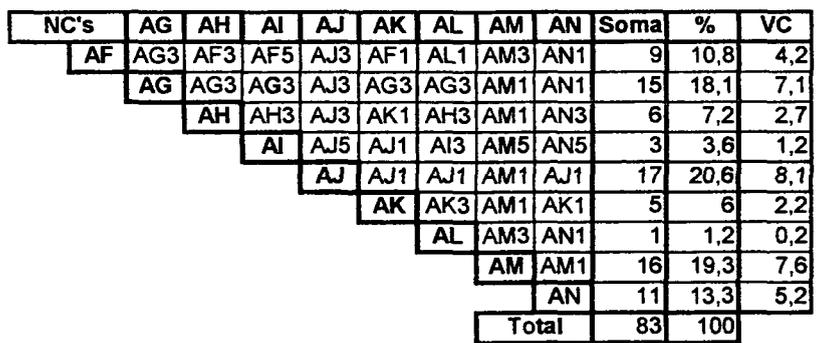
Os respectivos diagramas são mostrados nas Figuras A.2 e A.3.



- A - durável
- B - fácil de operar
- C - manejo de várias coberturas
- D - picagem uniforme
- E - fácil ajuste na altura de corte
- F - baixo consumo de potência
- G - largura de corte maior possível
- H - baixa vibração
- I - não ocorrer embuchamento
- J - baixo ruído
- K - utilização em terrenos inclinados
- L - acionado por trator de rabiças
- M - confiável
- N - manutenção fácil e rápida
- O - ferramentas padronizadas
- P - dispensável mão-de-obra especializada
- Q - peças simples e de fácil aquisição
- R - pouca necessidade de manutenção
- S - fácil substituição de peças
- T - baixo preço de aquisição
- U - baixo custo de operação
- V - baixo custo de manutenção
- X - operação segura p/ operador
- Y - sem partes móveis expostas

- Z - rápido acoplamento c/ microtrator
- AA - boas características ergonômicas
- AB - fácil movimentação
- AC - aparentar robustez
- AD - visual agradável
- AE - acabamento simples

Figura A.2: Diagrama de Mudge para as necessidades dos clientes externos



- AF - usar materiais de baixo custo
- AG - usar materiais de boa trabalhabilidade
- AH - usar materiais padronizados
- AI - usar materiais recicláveis
- AJ - usar processos corriqueiros
- AK - componentes de geometria simples
- AL - reduzido número de componentes
- AM - tolerâncias grandes
- AN - montagem simplificada

Figura A.3: Diagrama de Mudge para as necessidades dos clientes internos

Em ambos os diagramas foram adotados, para os pesos de importância, os seguintes valores: 5, quando uma das necessidades era muito mais importante do que a outra, 3 quando era de média importância e 1 para pouca importância.

Como resultado destes relacionamentos, obtém-se todas as necessidades classificadas por ordem de importância, sendo então estes valores transferidos para a Casa da Qualidade. Ressalta-se aqui apenas a necessidade de ajustes nos valores do segundo diagrama, sendo que a última coluna (VC - Valor Correspondente) representa valores os quais foram interpolados linearmente com os valores obtidos no primeiro diagrama. Isto foi feito com o objetivo de equalizar os valores de ambos os diagramas de Mudge.

Após a determinação do Valor do Consumidor (Campo IV), pode-se fazer agora os relacionamentos entre os diversos Requisitos da Qualidade (RQ's), representados pelo Campo V. O "telhado" da Casa da Qualidade é uma forma de visualizar como uma mudança em determinada característica do produto pode influenciar em outra. Ou seja, o "telhado" identifica o grau de dependência entre os RQ's.

Os relacionamentos entre os RQ's podem ser de quatro tipos, a saber: fortemente positivo, positivo, negativo e fortemente negativo. Assim, a relação entre "custo de aquisição" e "peças padronizadas" é fortemente positiva, pois quanto maior o número de peças padronizadas utilizadas no equipamento, menor será o custo de aquisição. Já o relacionamento entre os RQ's "vida útil" e "amplitude de vibração" é do tipo fortemente negativo, pois se existir uma amplitude de vibração demasiado alta, a vida útil do equipamento com certeza ficará comprometida.

Desta forma, pode-se fazer um monitoramento entre os diversos Requisitos da Qualidade quando de alterações destes, com especial atenção sendo dispensada aos requisitos conflitantes.

O próximo passo constitui-se do preenchimento do Campo VI da Casa da Qualidade, com o cálculo dos valores de importância para cada um dos RQ's. Para tanto, multiplica-se o Valor do Consumidor de cada uma das NC's pelos respectivos valores correspondentes de cada RQ, e somam-se os resultados (o *software* utilizado realiza automaticamente estes cálculos). A determinação do Valor de Importância de cada RQ possibilita então classificá-los, podendo desta forma serem priorizadas as atitudes de melhoramento.

Após a realização destas várias etapas, chega-se à construção de uma Casa da Qualidade que visa atender às necessidades estabelecidas pela equipe de projeto. Poderia-se,

inclusive, realizar os desdobramentos necessários à construção das outras matrizes do QFD, assegurando por exemplo, a escolha dos melhores processos de fabricação e produção, e a escolha dos melhores materiais construtivos. A Figura 3.4, Capítulo III, apresenta a Casa da Qualidade para o picador de cobertura vegetal.

ANEXO B

B-1 CARACTERÍSTICAS DAS FACAS DE CORTE, EM RELAÇÃO AO CENTRO DO ROTOR

----- SOLIDS -----

Mass: 28212.3879

Volume: 28212.3879

Bounding box: X: 29.5944 - 90.4056
 Y: -16.0000 -- 16.0000
 Z: 63.3620 -- 175.9392

Centroid: X: 60.0000
 Y: 0.0000
 Z: 127.2522

Moments of inertia: X: 487354196.1845
 Y: 589450644.9409
 Z: 107120135.9604

Products of inertia: XY: 0.0000
 YZ: 0.0000
 ZX: 215405362.4788

Radii of gyration: X: 131.4324
 Y: 144.5452
 Z: 61.6191

Principal moments and X-Y-Z directions about centroid:

I: 30507305.0253 along [1.0000 0.0000 0.0000]
 J: 31039157.2340 along [0.0000 1.0000 0.0000]
 K: 5555539.4128 along [0.0000 0.0000 1.0000]

B-2 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE CORTE E PICAGEM (ROTOR + FACAS DE CORTE)

----- SOLIDS -----

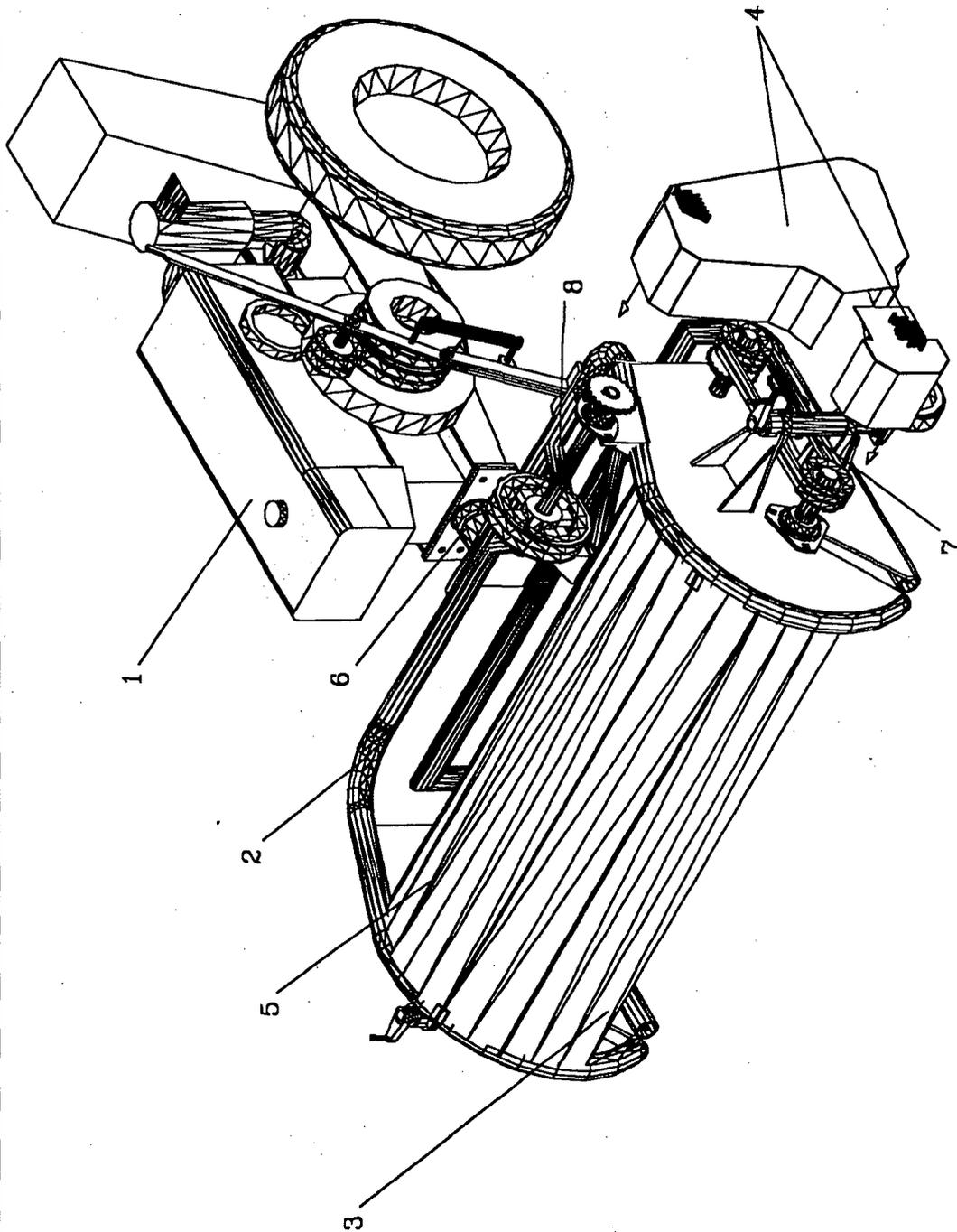
Mass: 3555978.6729
 Volume: 3555978.6729
 Bounding box: X: -1.0010 -- 1311.0000
 Y: -175.9392 -- 175.9392
 Z: -175.9392 -- 175.9392
 Centroid: X: 652.0926
 Y: 0.0000
 Z: -0.0139
 Moments of inertia: X: 17706651387.8917
 Y: 1.9756E+12
 Z: 1.9756E+12
 Products of inertia: XY: 2199591961.1352
 YZ: 0.0000
 ZX: 2197947377.8993
 Radii of gyration: X: 70.5649
 Y: 745.3610
 Z: 745.3611
 Principal moments and X-Y-Z directions about centroid:
 I: 17684641504.9703 along [1.0000 0.0049 0.0050]
 J: 4.6348E+11 along [-0.0001 0.7253 -0.6885]
 K: 4.6350E+11 along [-0.0070 0.6884 0.7253]

B-3 CARACTERÍSTICAS DO PROTÓTIPO COMPLETO

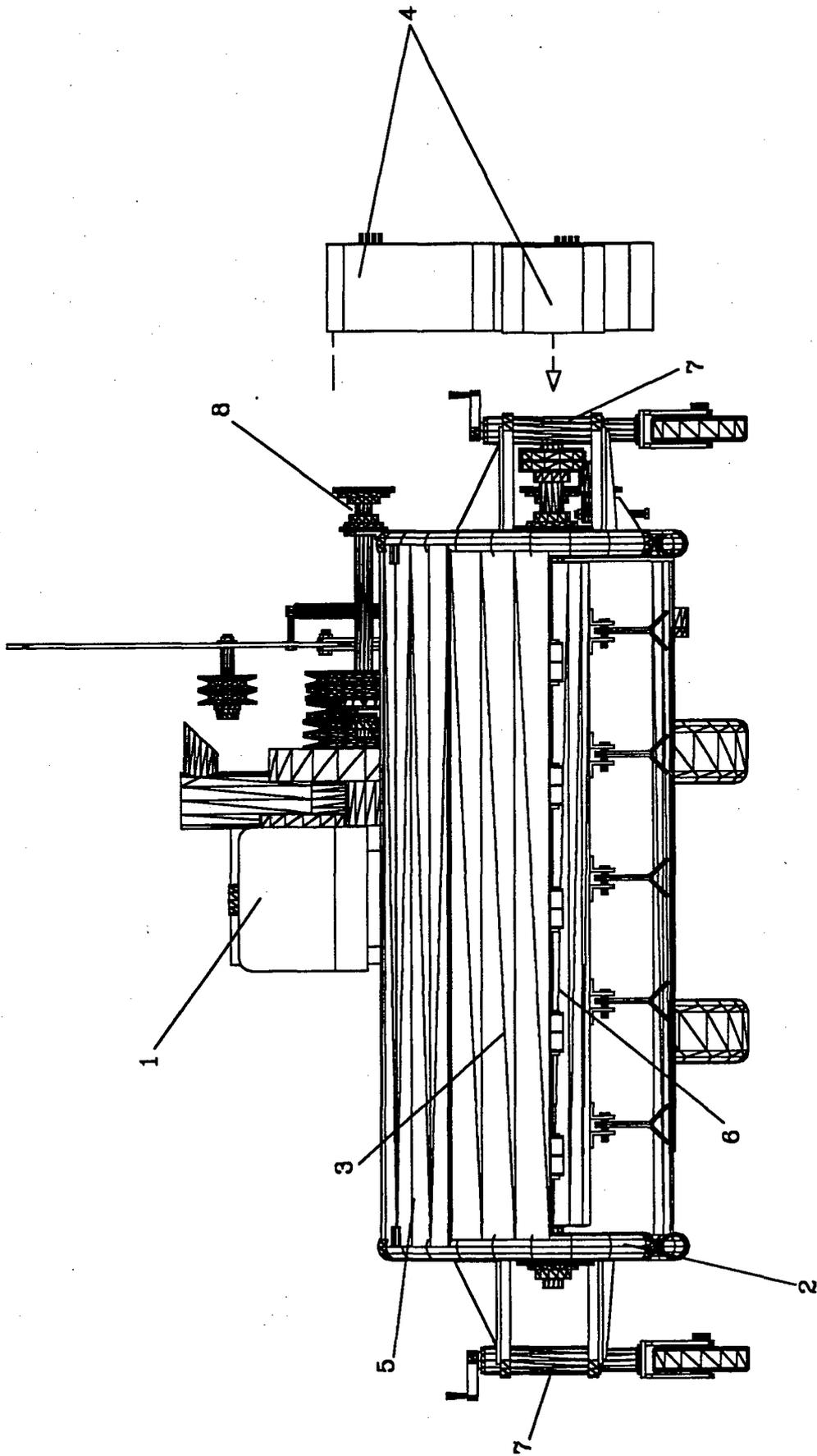
----- SOLIDS -----

Mass: 14027427.0578
 Volume: 14027427.0578
 Bounding box: X: -876.7457 -- 230.8321
 Y: -1485.7321 -- 83.4021
 Z: -258.3500 -- 833.3243
 Centroid: X: -153.6040
 Y: -538.6995
 Z: 50.1162
 Moments of inertia: X: 6.9109E+12
 Y: 1.2967E+12
 Z: 7.5007E+12
 Products of inertia: XY: 9.6796E+11
 YZ: -2.8205E+11
 ZX: -2.0918E+11
 Radii of gyration: X: 701.9055
 Y: 304.0351
 Z: 731.2426
 Principal moments and X-Y-Z directions about centroid:
 I: 2.7977E+12 along [0.9523 0.1130 -0.2836]
 J: 9.0567E+11 along [-0.1034 0.9935 0.0486]
 K: 3.1311E+12 along [0.2872 -0.0169 0.9577]

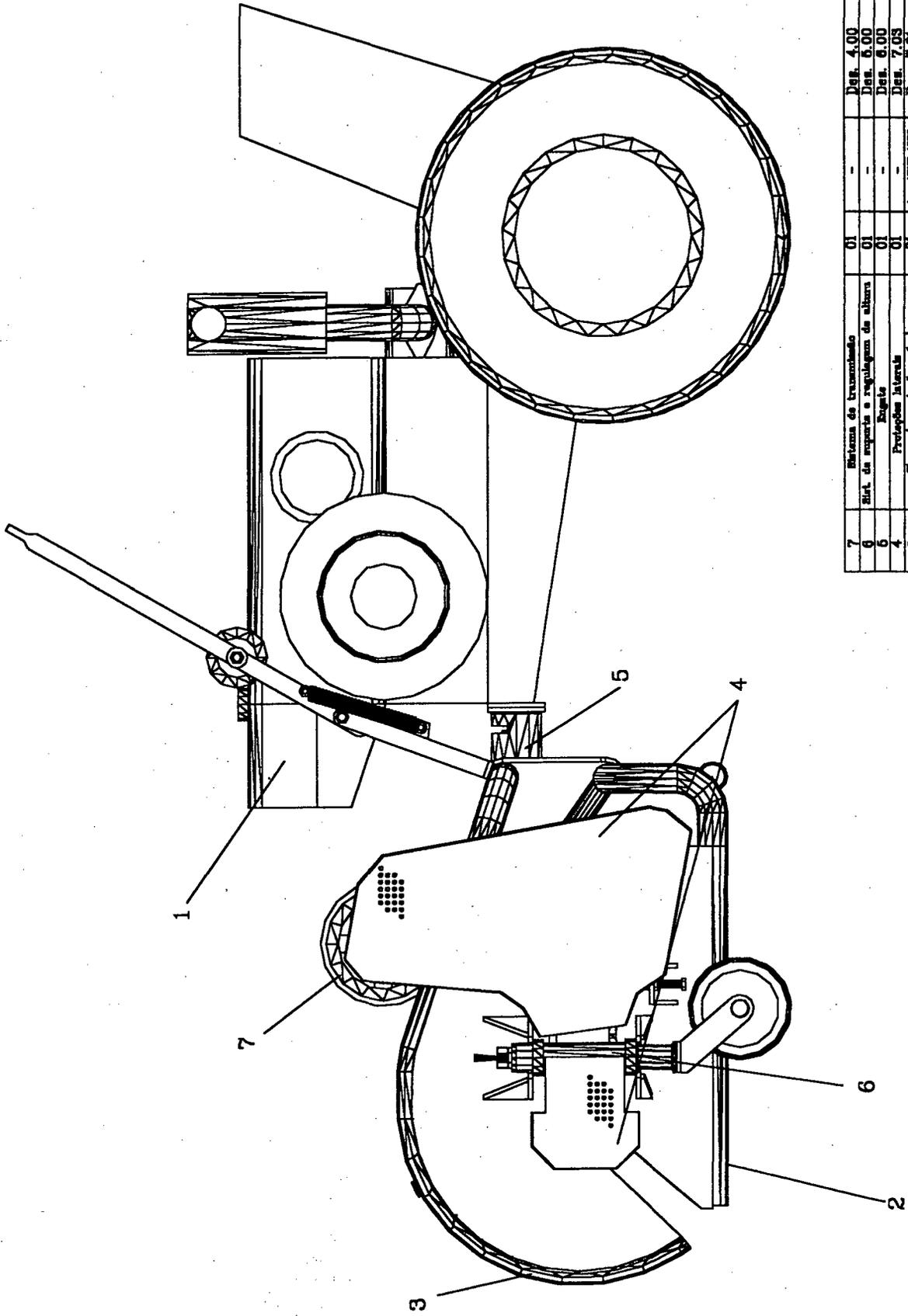
ANEXO C



8	Sistema de transmissão	-	Des. 4.00
7	Stat. de suporte e regulagem de altura	02	Des. 5.00
6	Engate	01	Apr. 1977 1000
5	Chapa de proteção fim	01	Des. 6.00
4	Profundidade lateral	01	Des. 7.01
3	Chapa de proteção medial	01	Des. 7.02
2	Estrutura	01	Apr. 1977 1000
1	Trator de rações	01	Des. 3.00
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL
UFSC			
ENGENHARIA MECÂNICA			
LABORATÓRIO DE PROJETO			
Vista Isométrica			
NOME	Marcelo	DES. Nº	1.00
DATA	04/98	UNIVERS.	mm
ESCALA	1:1	PROFESSOR	mm
PICADOR DE COBERTURA VEGETAL			

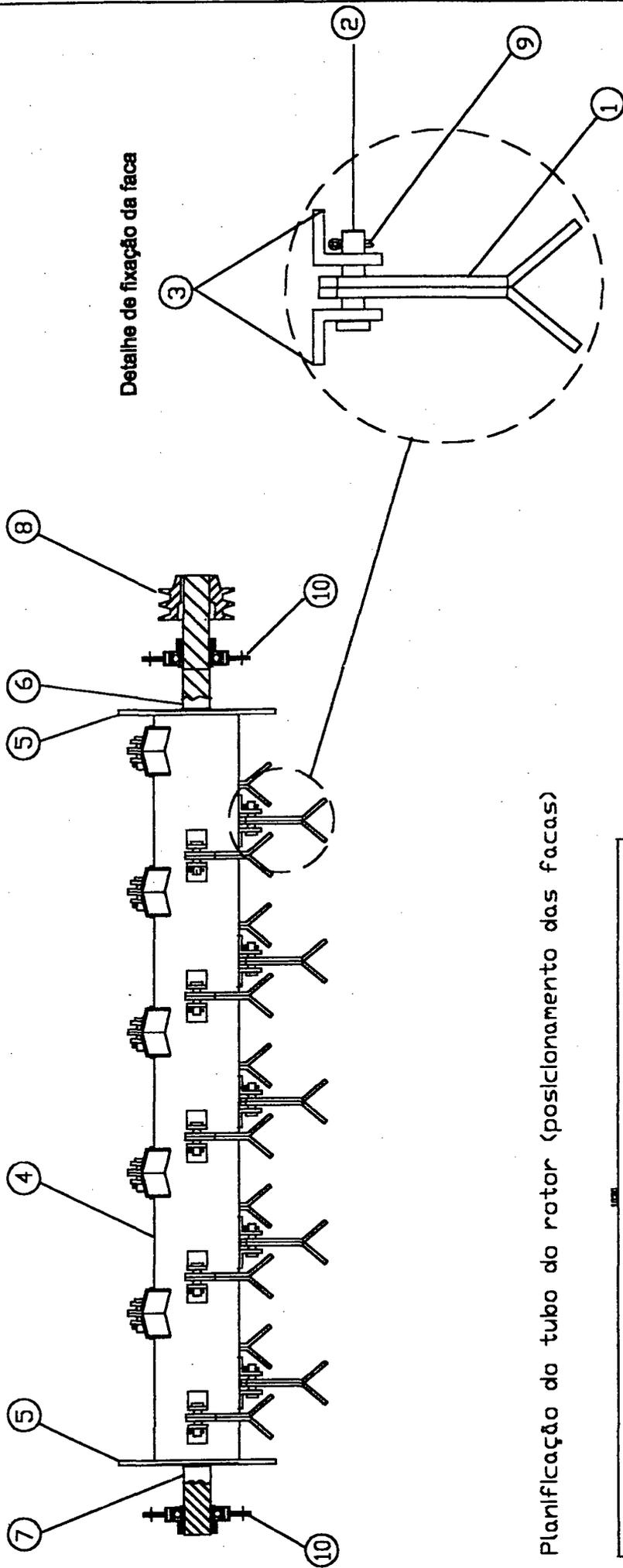


9	Sistema de transmissão	02	Des. 4.00
8	Ext. de suporte e regulagem de altura	01	Des. 5.00
7	Eixo	01	Des. 6.00
6	Ext. motor e fixação	01	Des. 2.00
5	Chapa de protótipo fixa	01	Des. 7.01
4	Protótipo inferior	01	Des. 7.02
3	Chapa de protótipo superior	01	Des. 7.01
2	Motor	01	Des. 3.00
1	Tubo de suporte	01	Des. -
PEÇA	DESCRIÇÃO	QUANT.	MATERIAL
UFSC			
ENGENHARIA MECÂNICA			
LABORATÓRIO DE PROJETO			
Vista frontal			
NOME		Des. Nº	
DATA		LIMITE	
ESCALA		PROJEÇÃO	
1:1		1:1	
PICADOR DE COBERTURA VEGETAL			

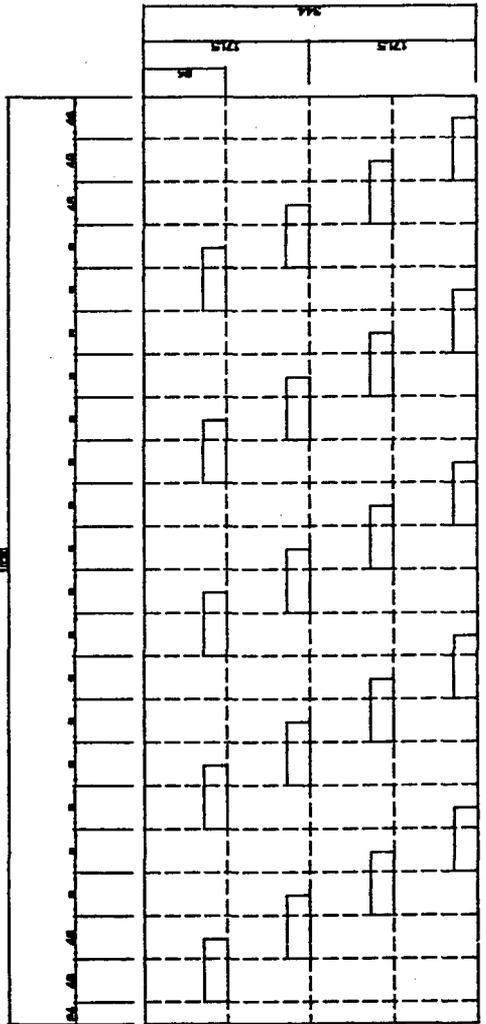


7	Distância de travessamento	01	Des. 4.00
6	Sist. de abertura e regulagem de altura	01	Des. 6.00
5	Engate	01	Des. 6.00
4	Proteção lateral	01	Des. 7.03
3	Chapa de proteção central	01	Des. 7.01
2	Estrutura	01	Des. 8.00
1	Trator de tração	01	-
PEÇA	DESCRIÇÃO	QUANT.	MATERIAL
OBSERVAÇÃO			
UFSC		Vista lateral	
ENGENHARIA MECÂNICA			
LABORATÓRIO DE PROJETO			
NOME		MARCO	
DATA		DES. N°	
1:6		1:02	
PICADOR DE COBERTURA VEGETAL		LUCAS	
1:6		MARCOS	
		LUCAS	
		MARCOS	





Planificação do tubo do rotor (posicionamento das facas)



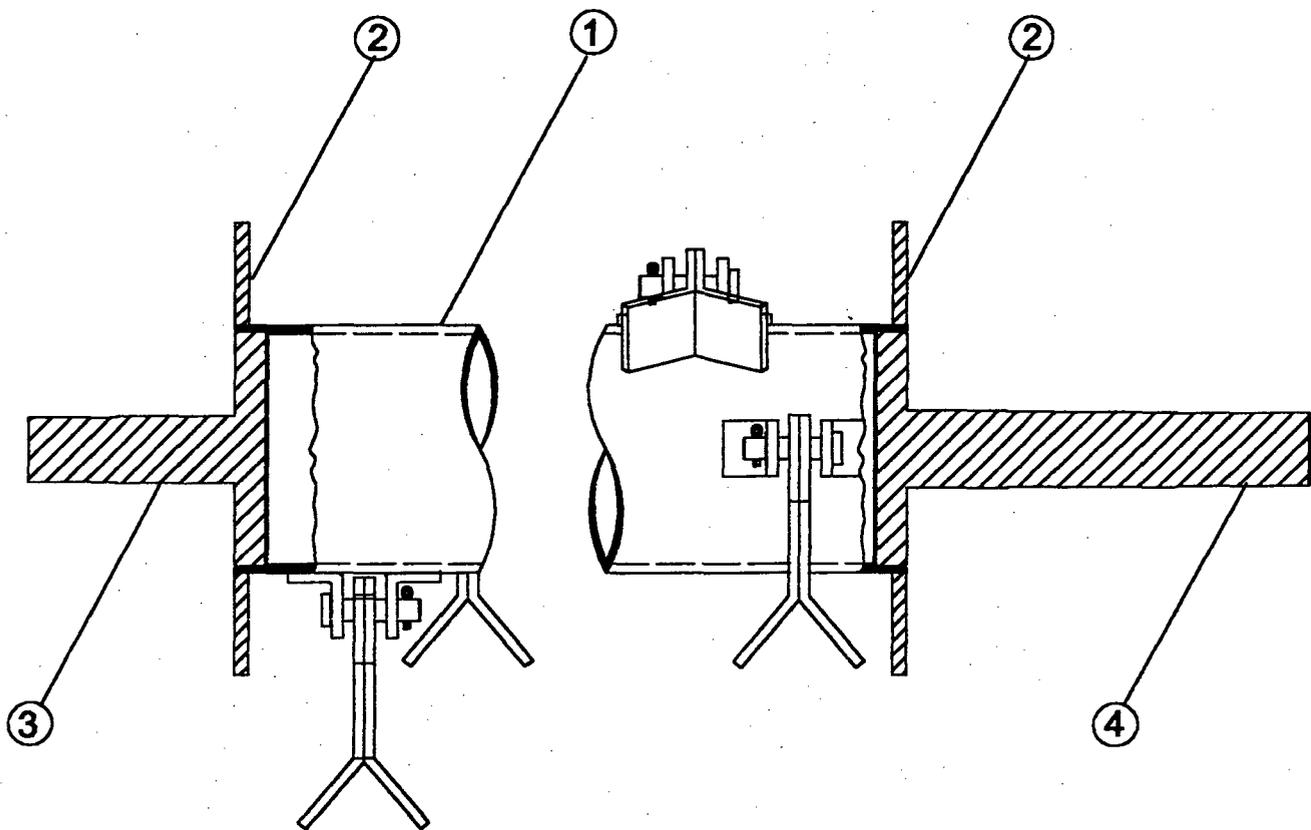
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
10	Mercal de rolamento	02		
09	Contrapino	20	spo ABNT-1020	comprimento esoluto
08	Porla do rotor	01	alumite	comprimento esoluto dia. 2,08
07	Porta de eixo esquerda	01	spo ABNT 1020	dia. 2,07
06	Porta de eixo direita	01	spo ABNT 1020	dia. 2,08
05	Anel do rotor	02	spo ABNT 1020	dia. 2,08
04	Rotor	01	spo ABNT 1020	dia. 2,04
03	Parril "L"	40	spo ABNT 1020	dia. 2,08
02	Pino	20	spo ABNT 1020	dia. 2,08
01	Faca de corte	20	spo ABNT 1020	dia. 2,02

Conj. Sist. Corte e Picagem			
NOME	Rodrigo F.	DES N°	2.00
DATA	04/08	UNIDADE	mm
ESCALA	APPROV.	Tolerancias não especificadas:	IT 10
13			



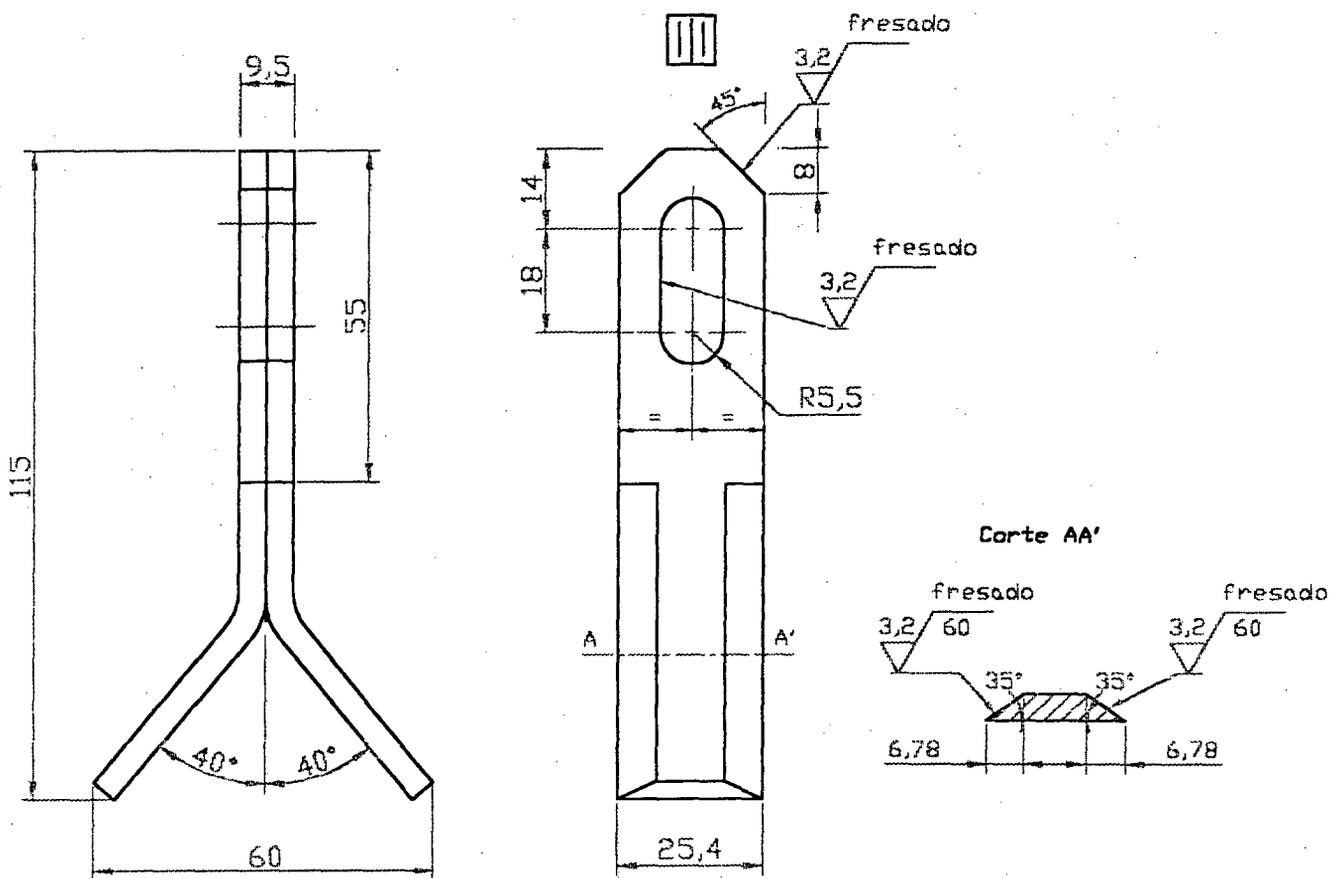
PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

UFSC
 ENGENHARIA MECÂNICA
 LABORATORIO DE PROJETO

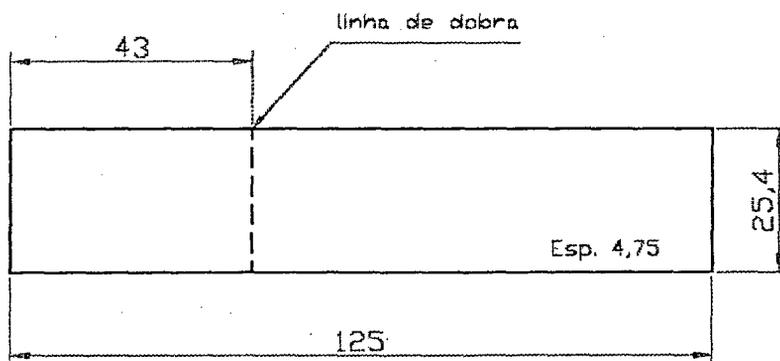


04	Ponta de eixo esquerda	01	aço ABNT 1020	des. 2.07
03	Ponta de eixo direita	01	aço ABNT 1020	des. 2.06
02	Anel do Rotor	02	aço ABNT 1020	des. 2.05
01	Rotor	01	aço ABNT 1020	des. 2.04
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	Detalhe fixação pontas de eixo			
	NOME	Rodrigo F.	DES N°	2.01
LP PICADOR DE COBERTURA VEGETAL	DATA	04/98	UNIDADE	mm
	ESCALA	1:4	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10



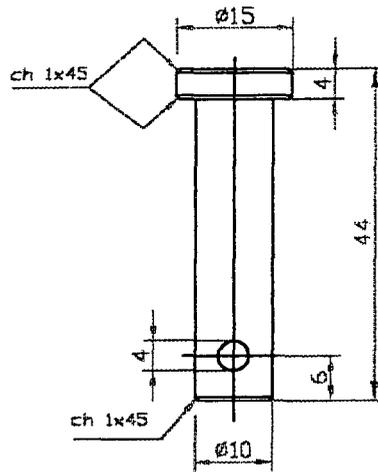
Peça conformada (quant. 20)



Peça desenvolvida (quant. 40)

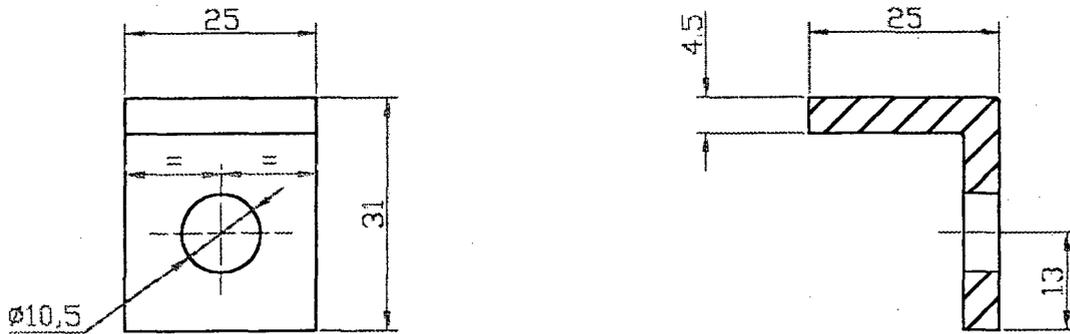
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
-	faca de corte	indicada	aço ABNT 1020	-
UFSC ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO				
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL		NOME	Castaldo
			DATA	04/88
			ESCALA	1:1,25
			DES N°	2.02
			UNIDADE	mm
			Tolerâncias não especificadas: IT 10	

01



25 $\sqrt{\quad}$ torneado

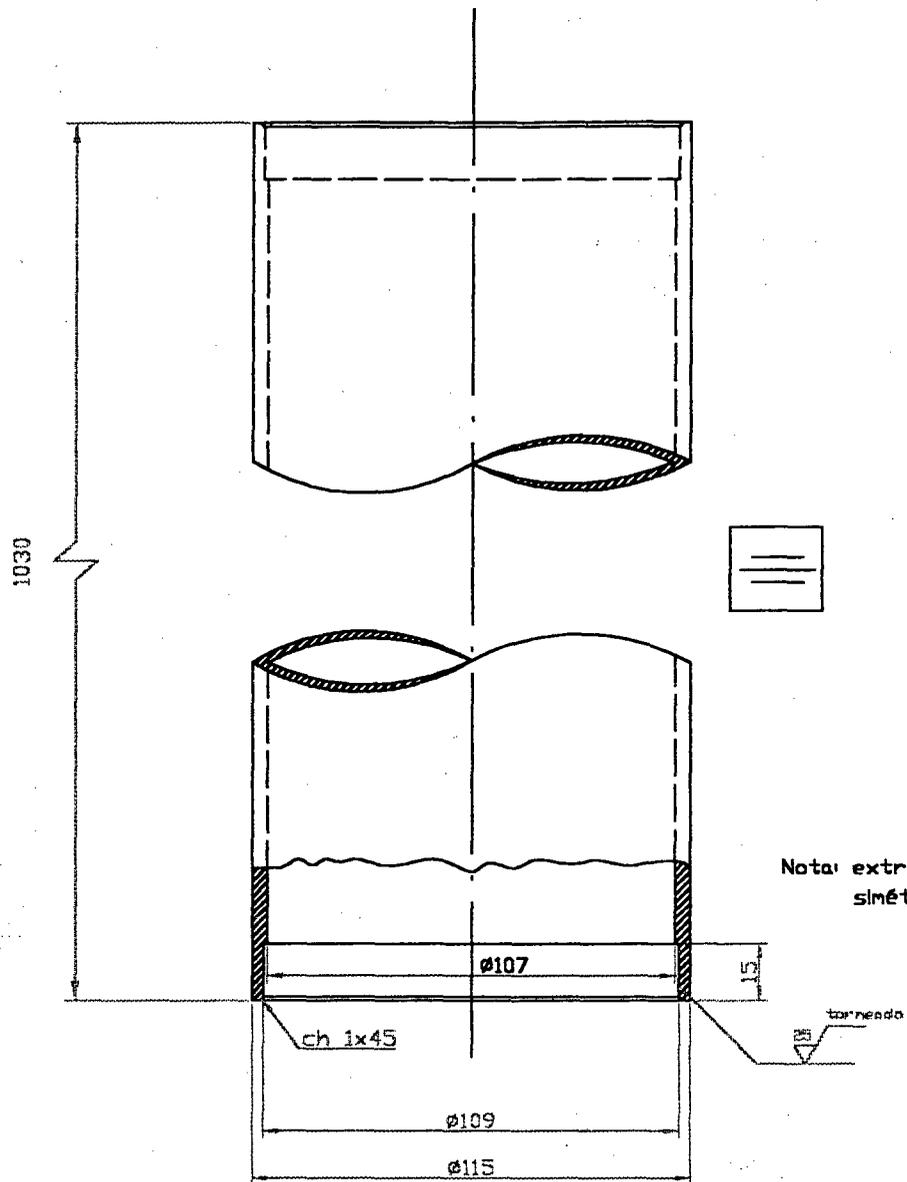
02



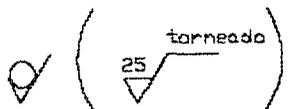
✓

02	Perfil "L"	40	aço ABNT 1020	-
01	Pino	20	aço ABNT 1020	-
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

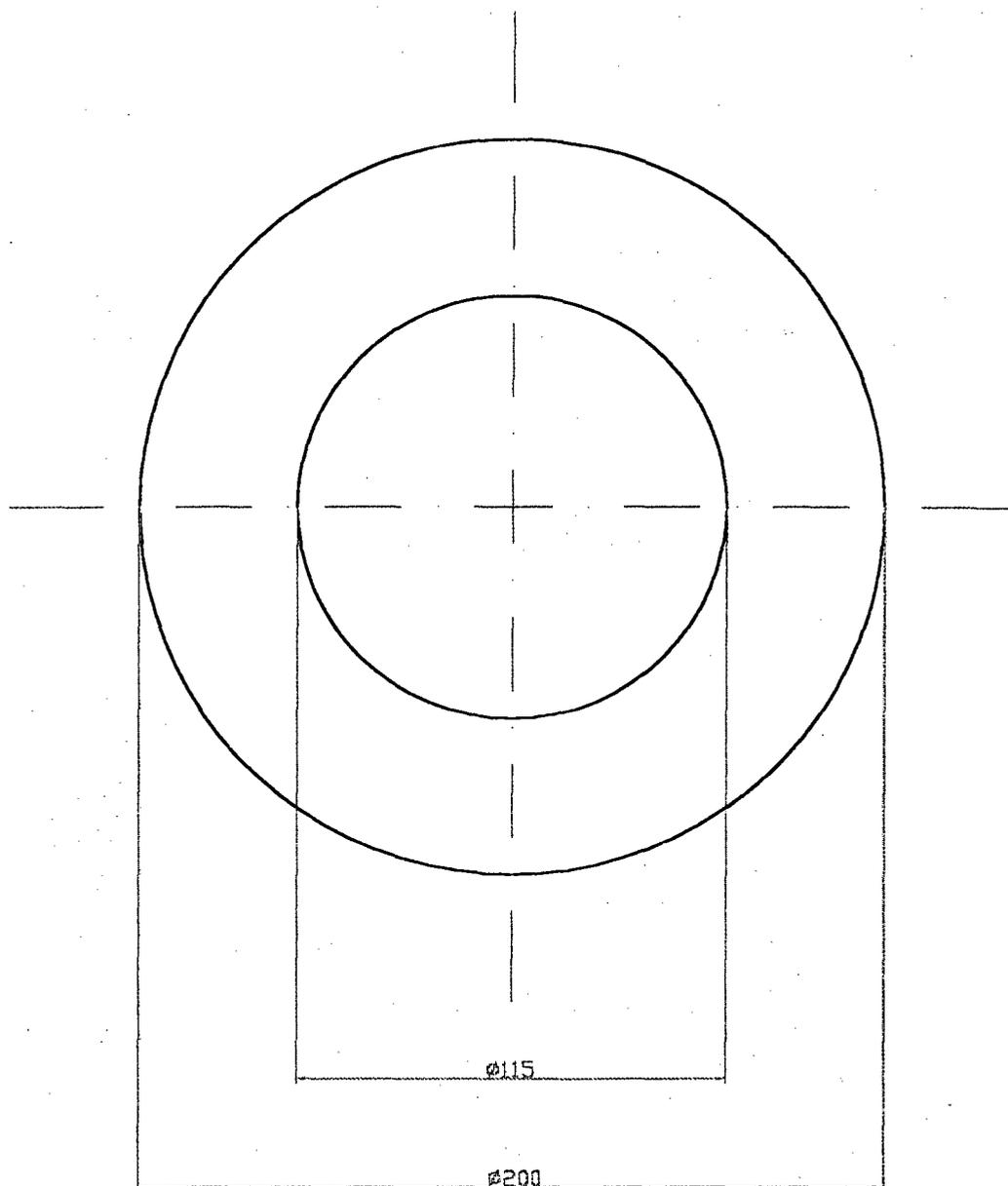
UFSC		ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO				
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL		NOME	Rodrigo F.	DES N°	2.03
			DATA	04/98	UNIDADE	mm
			ESCALA	1:1	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10



Nota: extremidades
simétricas



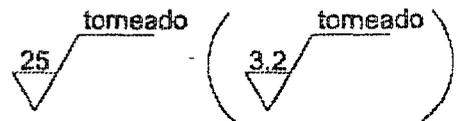
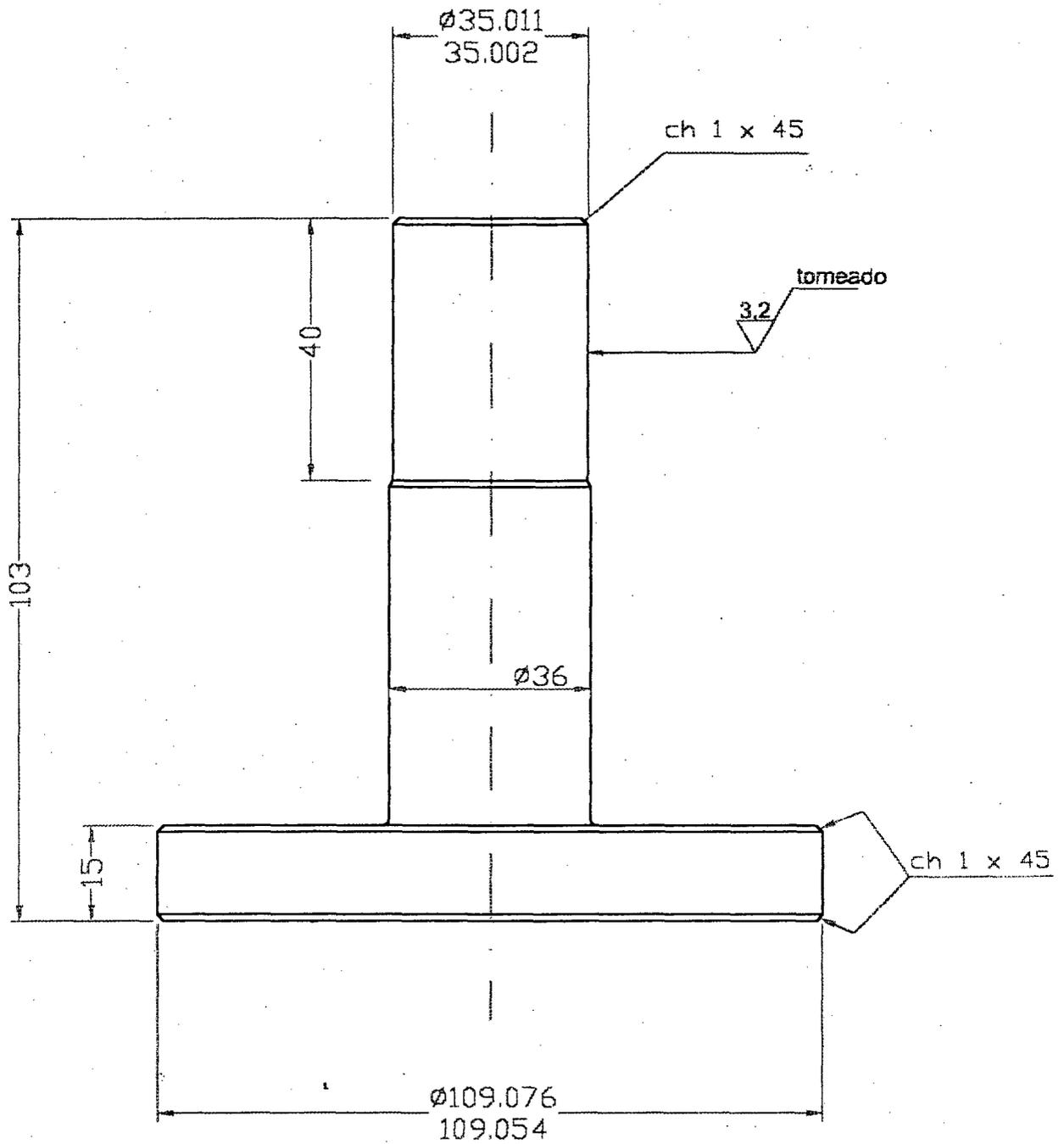
-	Rotor	01	aço ABNT 1020	-	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO					
LP	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL	NOME	Castaldo	DES N°	2.04
		DATA	04/98	UNIDADE	mm
		ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
		1:2			



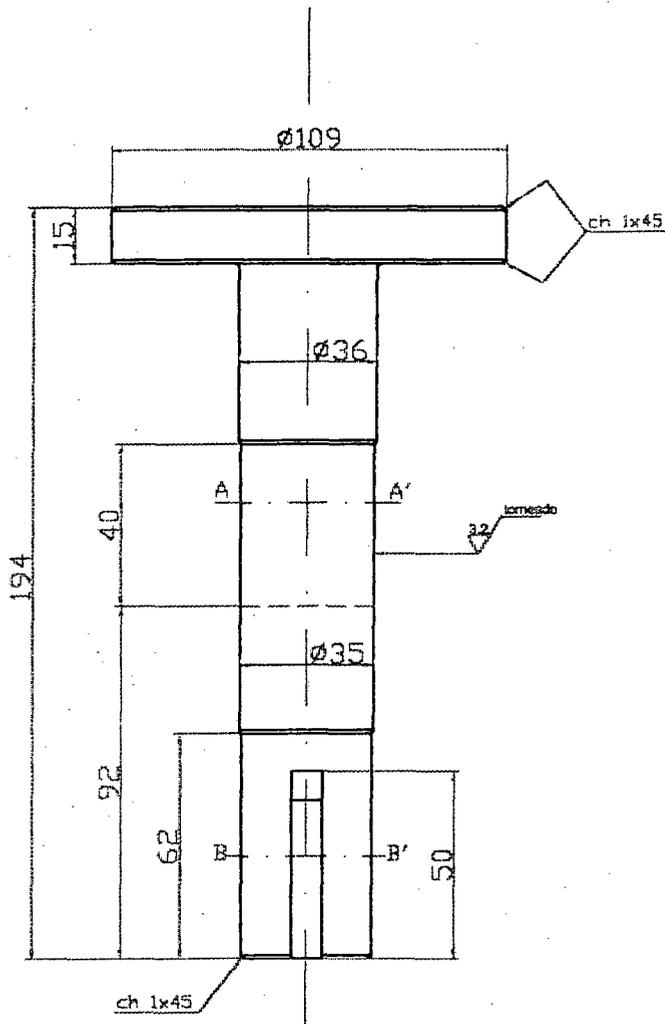
Espessura 6,35 mm



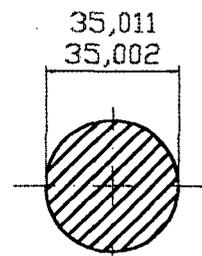
	Anel do rotor	02	aco ABNT 1020	-	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO					
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL	NOME	Rodrigo	DES N°	2.05
		DATA	04/98	UNIDADE	mm
		ESCALA	1:2	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10



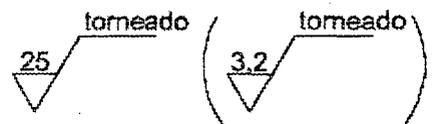
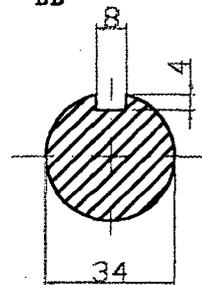
-	Porta de eixo direita	01	aco ABNT 1020	-	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO					
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL	NOME	Rodrigo	DES N°	2.08
		DATA	04/98	UNIDADE	mm
		ESCALA	1:1	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10



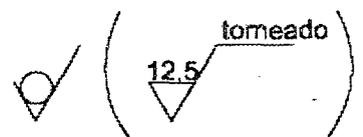
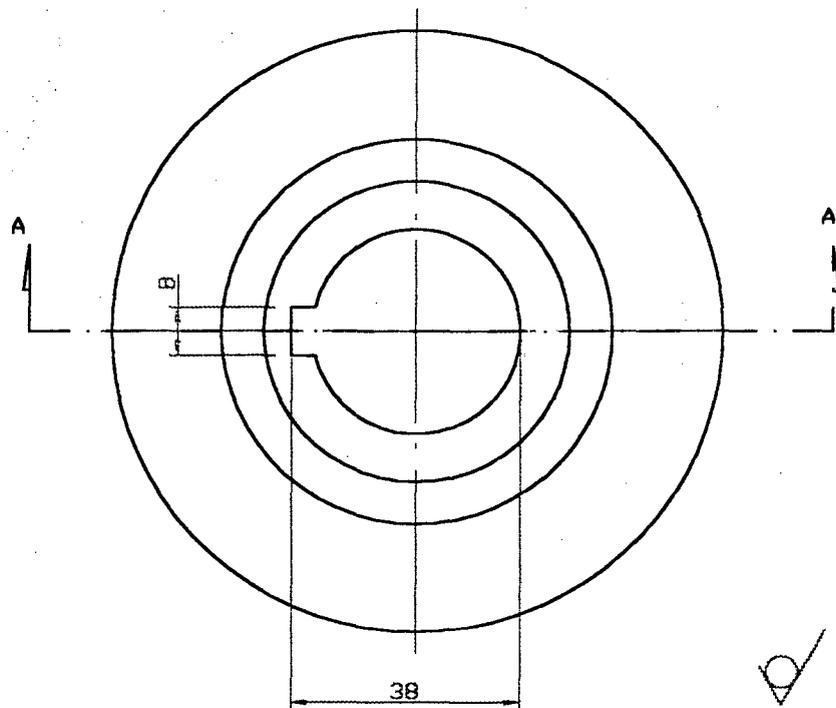
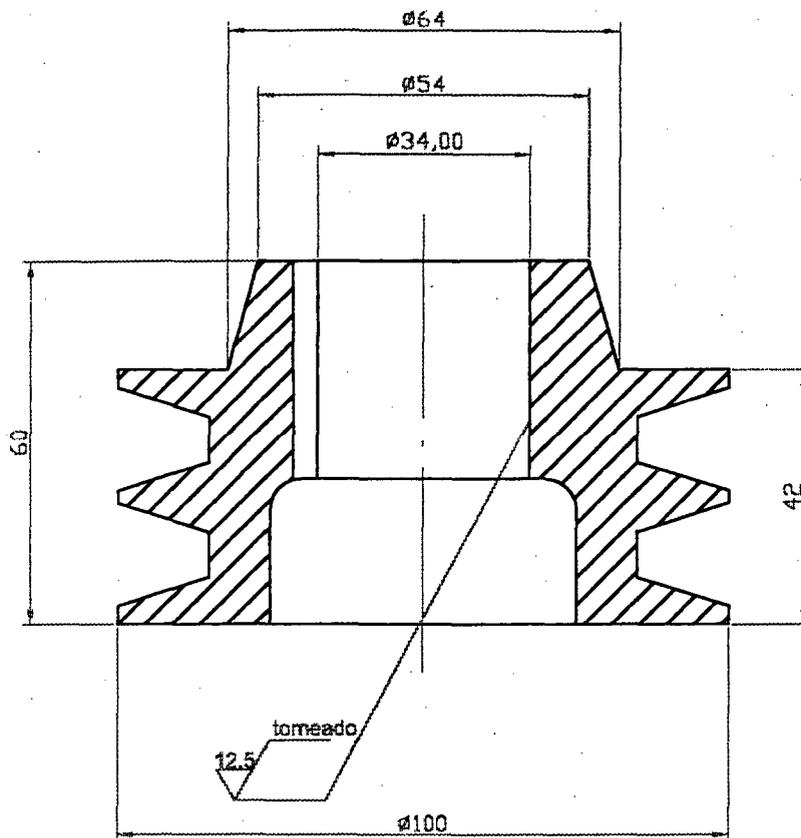
Detalhe AA'



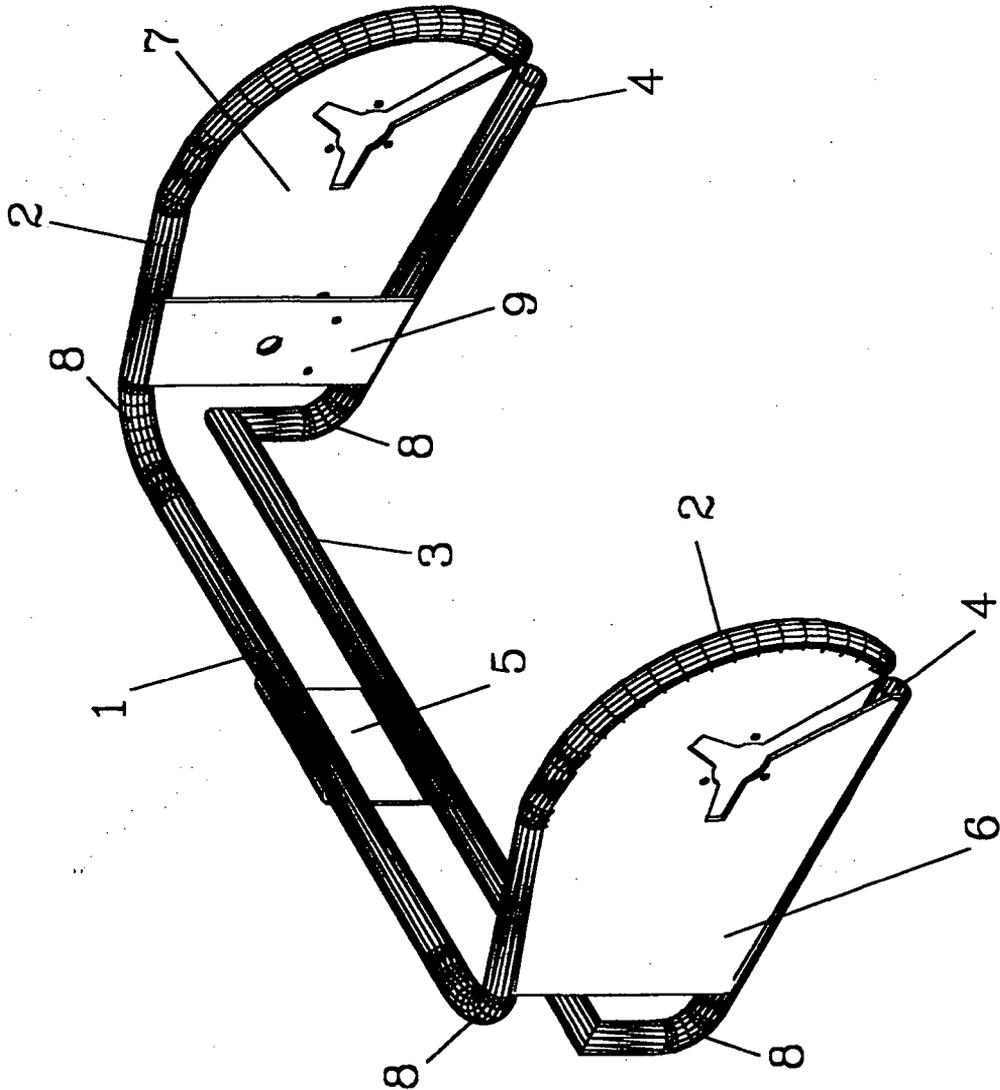
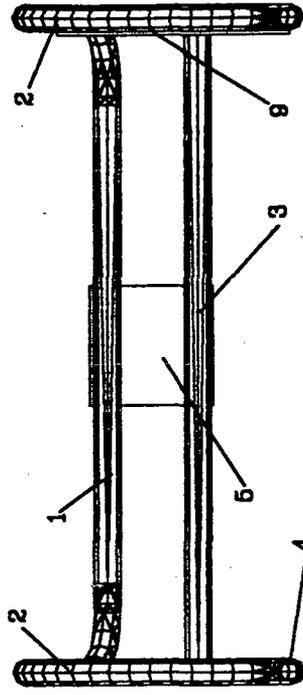
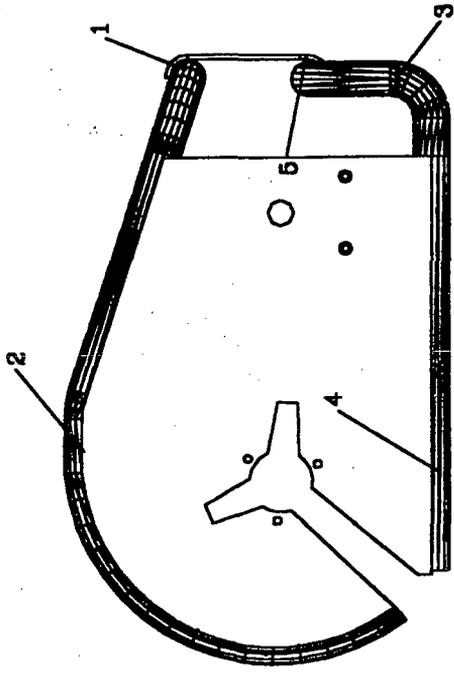
Detalhe BB'



-	Ponta de eixo esquerda	01	aço ABNT 1020	-		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO					
LP	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL		NOME	Rodrigo	DES N°	2.07
			DATA	04/98	UNIDADE	mm
			ESCALA	12	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10



-	Polia do rotor	01	alumínio	-		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO					
LP	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL		NOME	Castaldo	DES N°	2.08
			DATA	04/98	UNIDADE	mm
			ESCALA	1:1,25	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10



8	Chapa lateral interna	01	Apr 1980	Dim. 8.06
6	Curva a 90°	04	Apr 1980	Adquirido
7	Placa lateral esquerda	01	Apr 1980	Dim. 8.04
8	Placa lateral direita	01	Apr 1980	Dim. 8.05
6	Chapa trasera	01	Apr 1980	Dim. 8.08
4	Tubo inf. lateral	02	Apr 1980	Dim. 8.01
3	Tubo inf. trasero	01	Apr 1980	Dim. 8.01
2	Tubo sup. lateral	02	Apr 1980	Dim. 8.02
1	Tubo sup. trasero	01	Apr 1980	Dim. 8.01
PEÇA	DESIGNAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

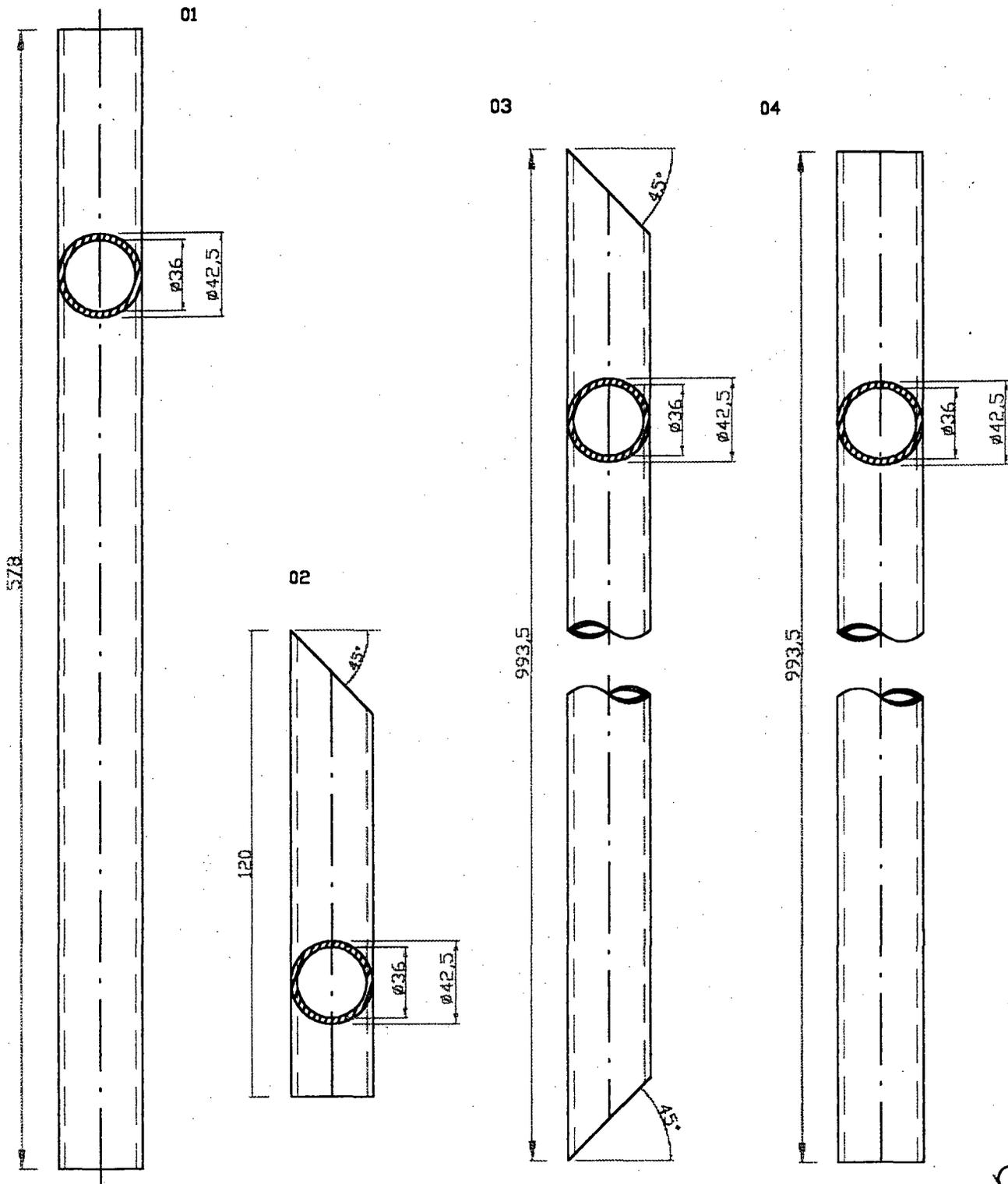
UFSC
ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATÓRIO DE PROJETO

ESTRUTURA

NOME: MARCOS DIAS Nº: 8.06
DATA: 04/08 UNIDADE: SEM
ESCALA: APROX. 1:1

PROF. DR. JOSÉ CARLOS DE MOURA

43



04	Tubo superior traseiro	01	apo ABNT 1020	-
03	Tubo inferior traseiro	01	apo ABNT 1020	-
02	Tubo menor traseiro	02	apo ABNT 1020	-
01	Tubo inferior lateral	02	apo ABNT 1020	-
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

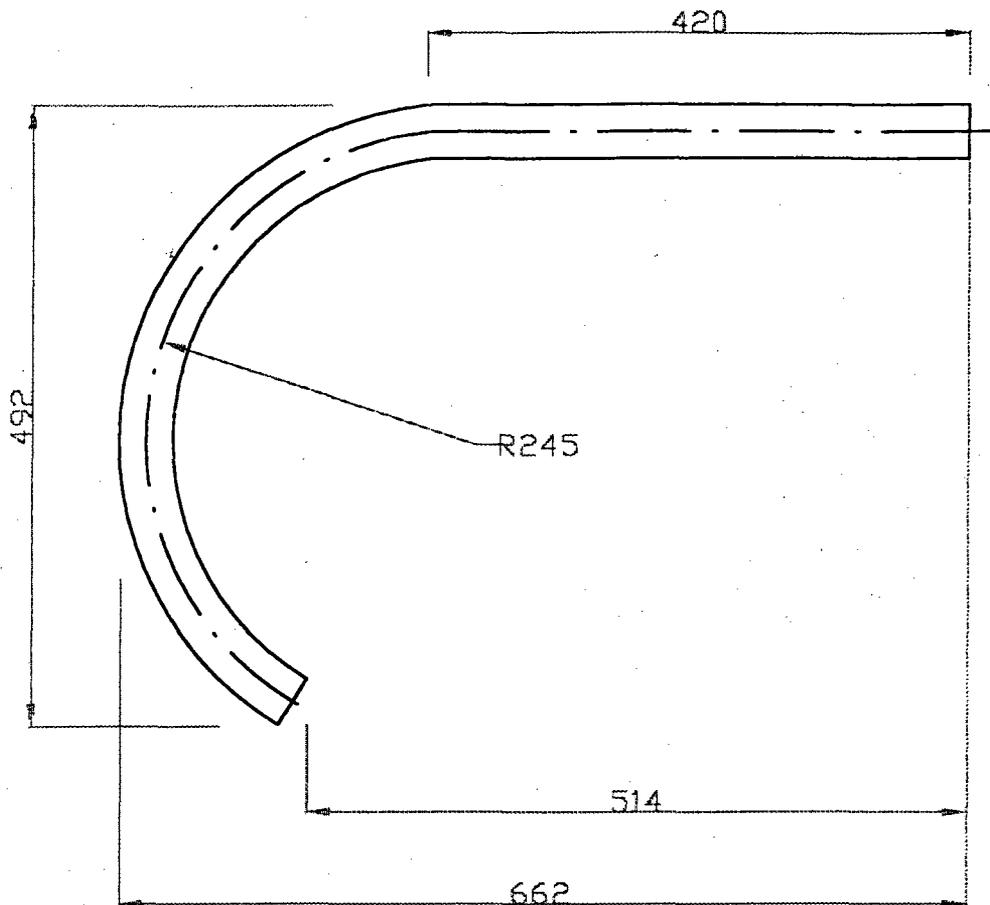
UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

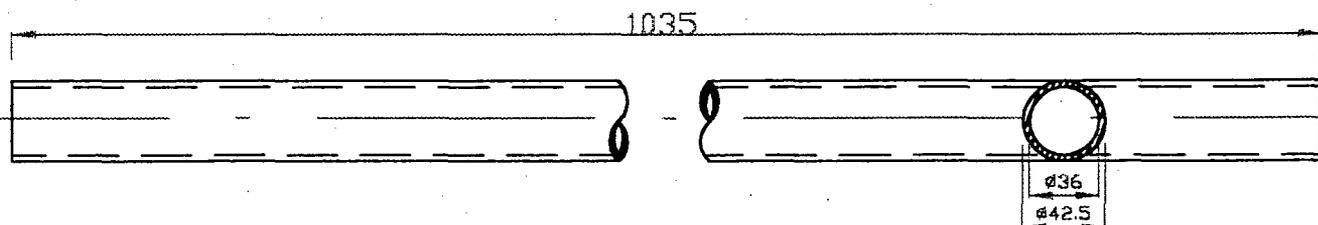


PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

NOME	Marcos	DES N°	3.01
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
13			



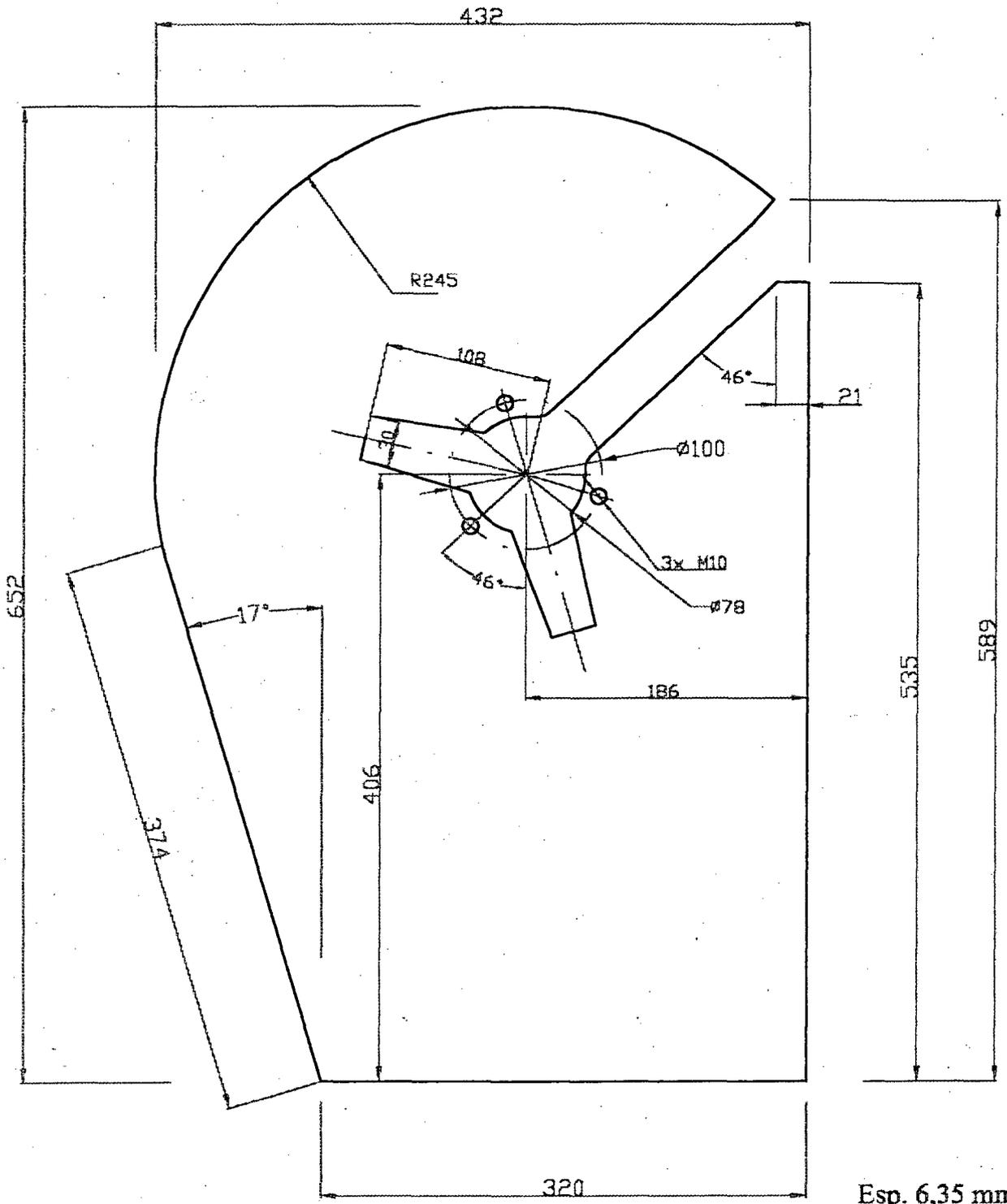
Peça conformada



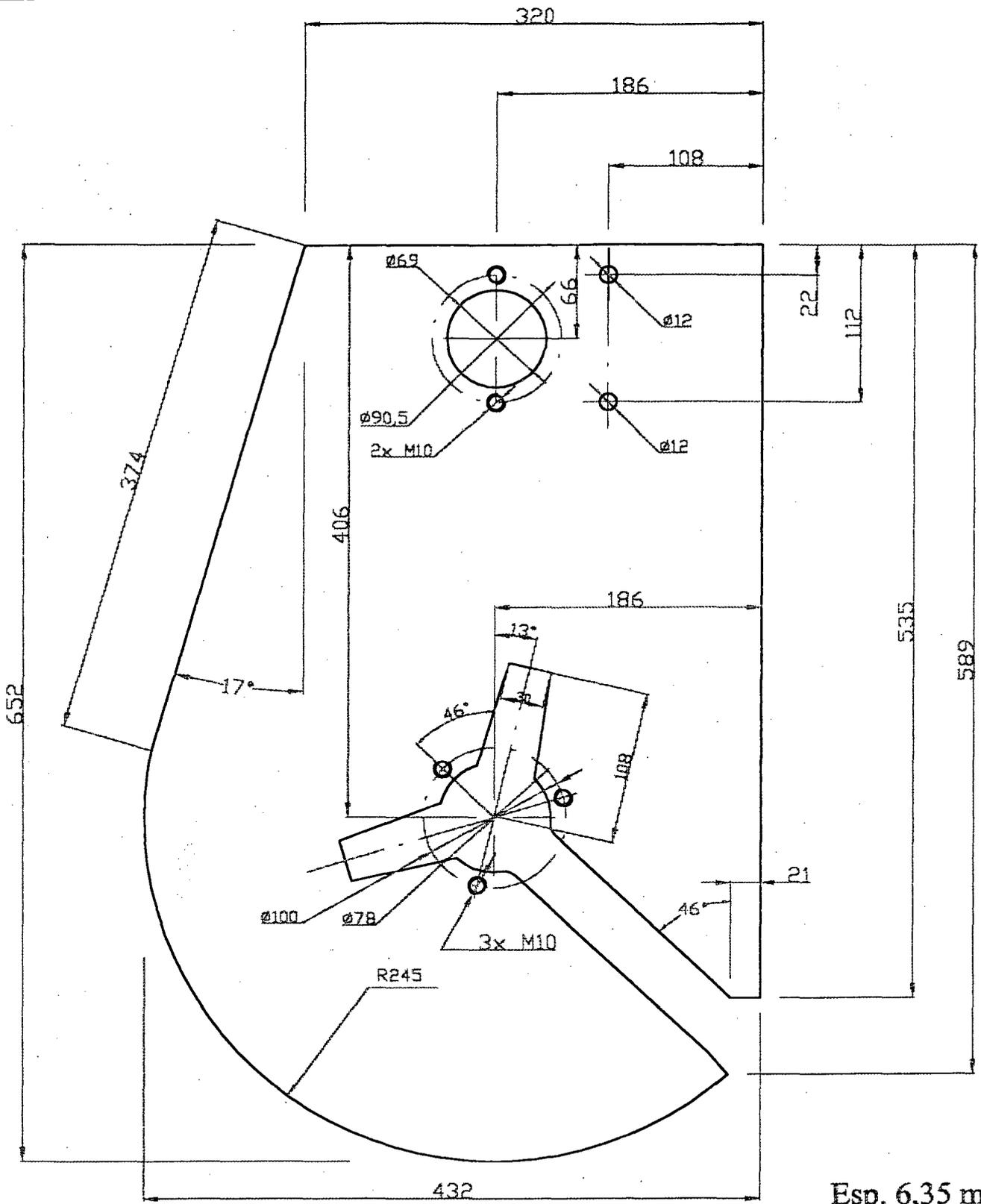
Peça desenvolvida



-	Tubo superior lateral	02	aço ABNT 1020	-		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC			ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO			
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL		NOME	Marcos	DES N°	3.02
			DATA	04/98	UNIDADE	mm
			ESCALA	1:5	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10



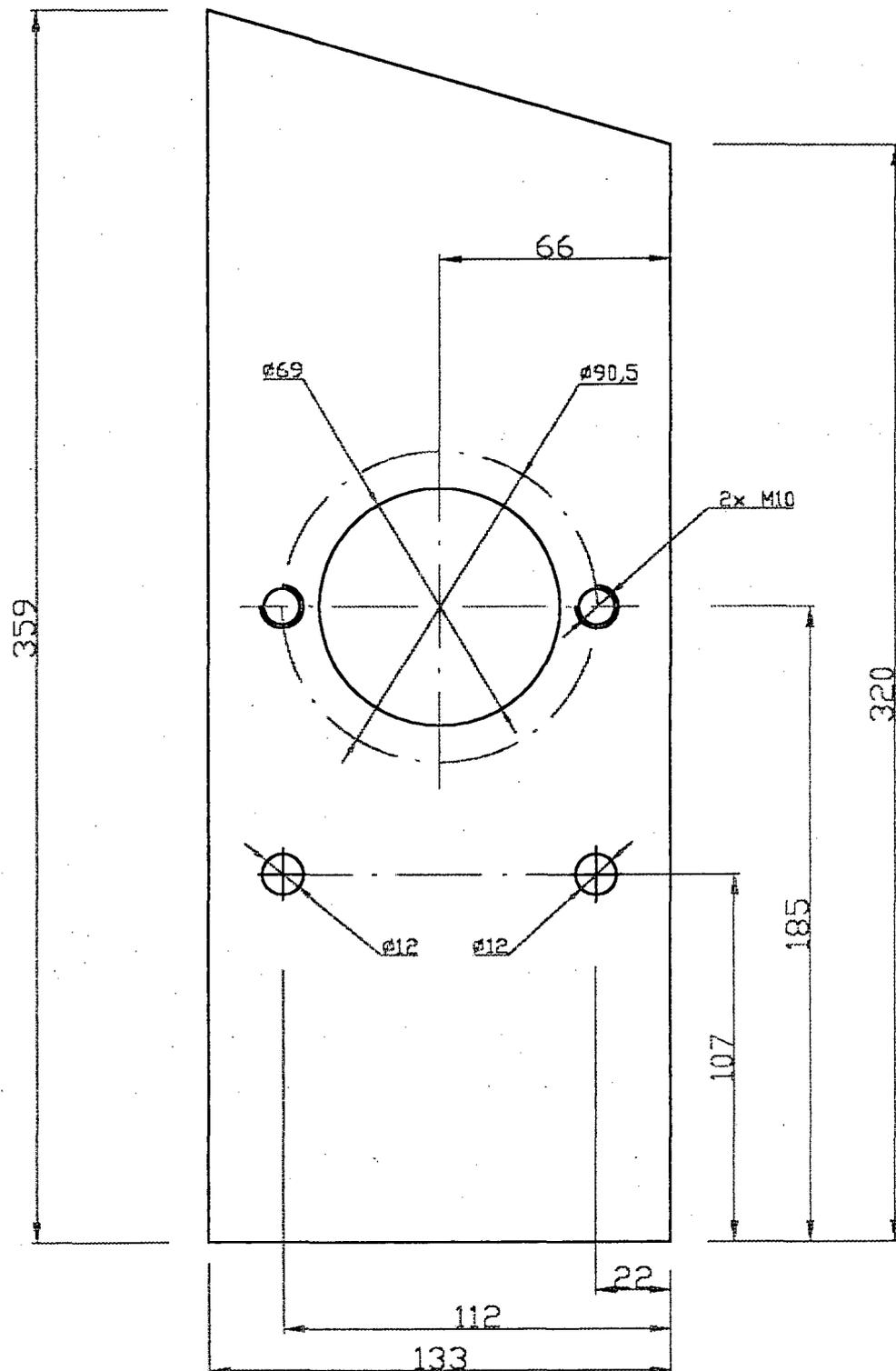
-	Placa lateral direita	01	apo ABNT 1020	-		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC			ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO			
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL		NOME	Castalho	DES N°	3.03
			DATA	04/98	UNIDADE	mm
			ESCALA	1:4	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10



Esp. 6,35 mm



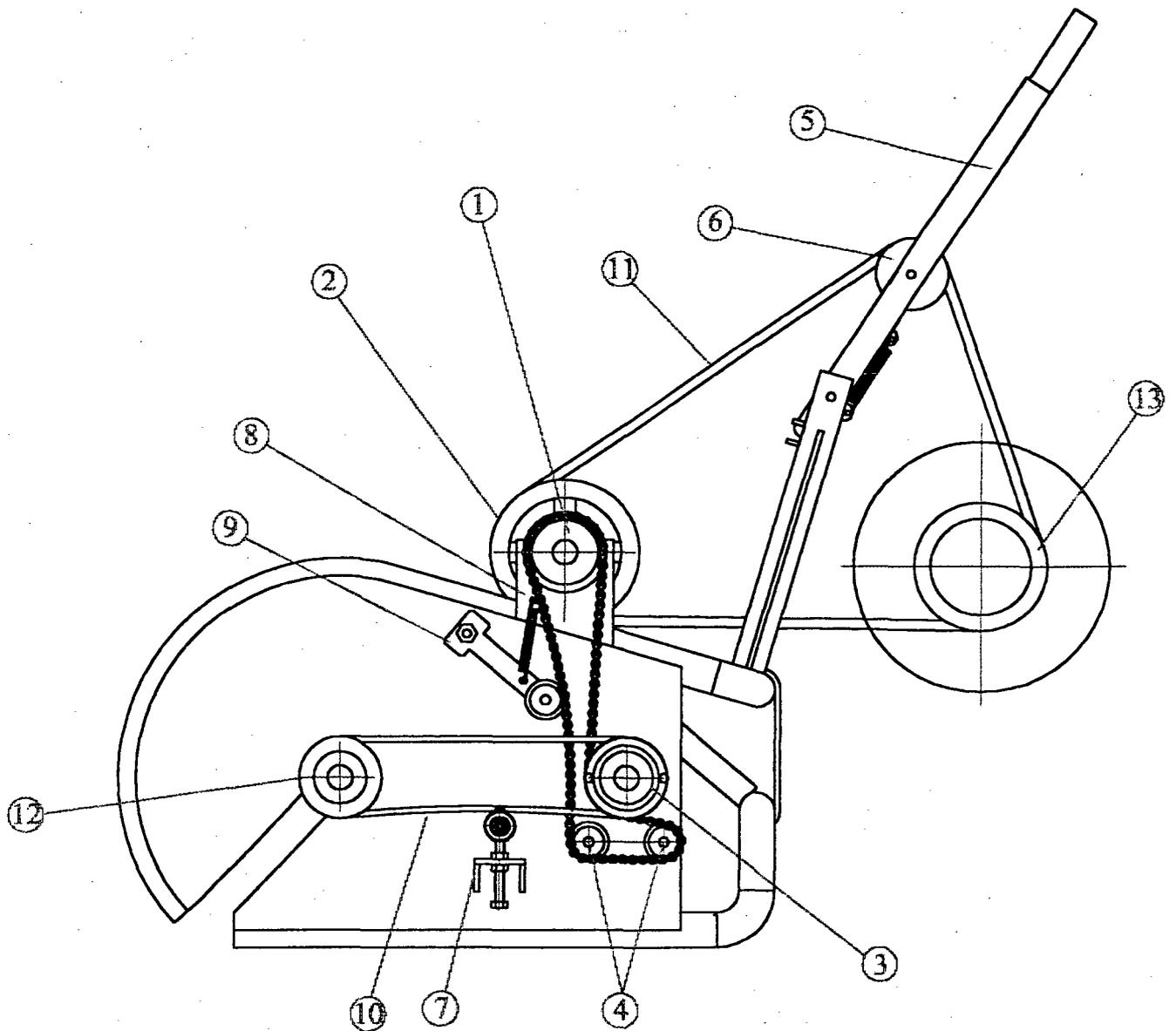
-	Placa lateral esquerda	01	aco ABNT 1020	-
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC			ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL		NOME	Castello
			DES N°	3.04
			UNIDADE	mm
		DATA	04/98	
		ESCALA	1:4	
		APROV.	Tolerancias não especificadas: IT 10	



Esp. 6,35 mm



-	Placa lateral interna	01	aco ABNT 1020	-	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO				
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL	NOME	Castaldo	DES Nº	3.05
		DATA	04/98	UNIDADE	mm
		ESCALA	1:2	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10



13	Polia do trator de rabiças	-	-	-
12	Polia do rotor	01	alumínio	des. 2.08
11	Correia em "V" - B68	02	borracha e lona	componente adquirido
10	Correia em "V" - B36	01	borracha e lona	componente adquirido
09	Esticador da corrente	01	aço ABNT 1020	des. 4.28
08	Mancal esquerdo	01	aço ABNT 1020	des. 4.21
07	Esticador secundário	01	-	des. 4.15
06	Polia esticadora	01	alumínio	des. 4.13
05	Alavanca de acionamento	01	aço ABNT 1020	des. 4.11
04	Roda dentada menor	02	aço ABNT 1045	des. 4.09
03	Polia secundária	01	alumínio	des. 4.06
02	Polia primária	01	alumínio	des. 4.03
01	Roda dentada primária	01	aço ABNT 1045	des. 4.03
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

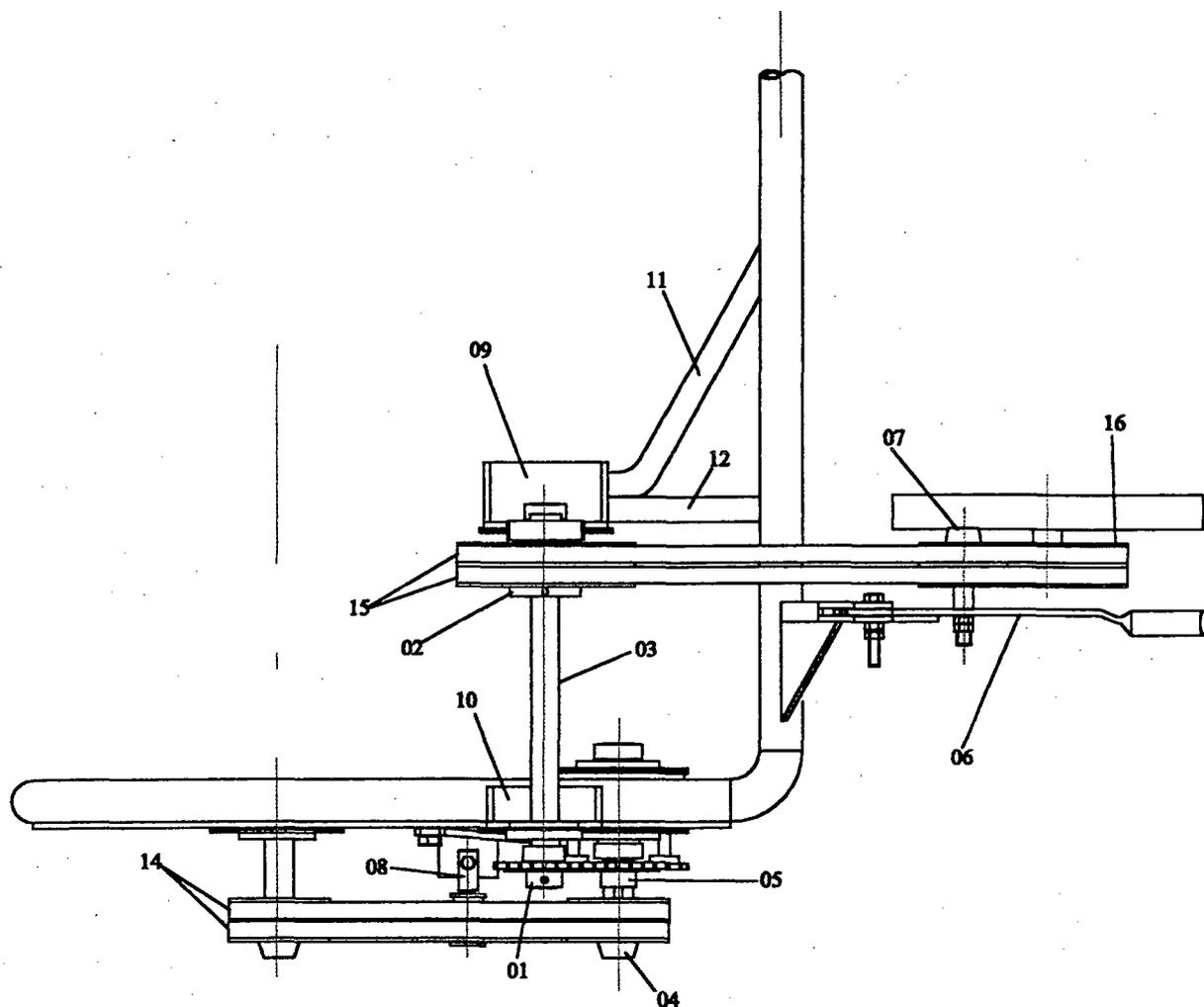
ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

Distribuição do sistema de transmissão
Vista lateral



PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

NOME	Rodrigo F.	DESS N°	4.00
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:3			



16	Polia do trator de rabiças	-	-	-
15	Correia em "V" - B68	02	borracha e lona	adquirido
14	Correia em "V" - B36	02	borracha e lona	adquirido
13	Esticador da corrente	01	-	des. 4.27
12	Tubo de apoio 02	01	aço ABNT 1020	des. 4.25
11	Tubo de apoio 01	01	aço ABNT 1020	des. 4.24
10	Mancal esquerdo	01	-	des. 4.21
09	Mancal direito	01	-	des. 4.18
08	Esticador secundário	01	-	des. 4.15
07	Polia esticadora	01	alumínio	des. 4.13
06	Esticador principal	01	-	des. 4.10
05	Roda dentada secundária	01	aço ABNT 1045	des. 4.06
04	Polia secundária	01	alumínio	des. 4.06
03	Eixo de transmissão principal	01	aço ABNT 1020	des. 4.04
02	Polia primária	01	alumínio	des. 4.03
01	Roda dentada primária	01	aço ABNT 1045	des. 4.03
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

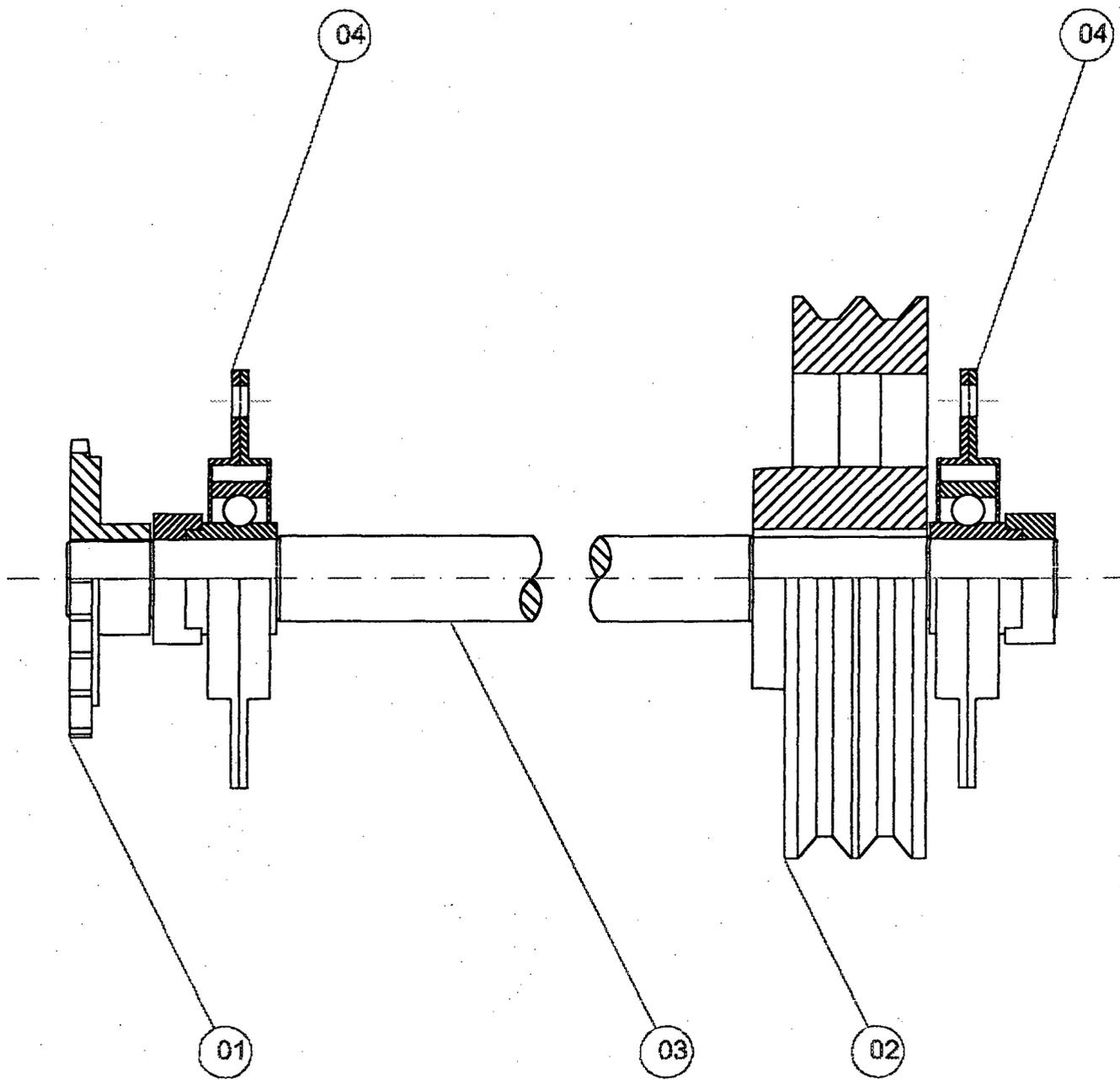
ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

Distribuição do sistema de transmissão
Vista superior



PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

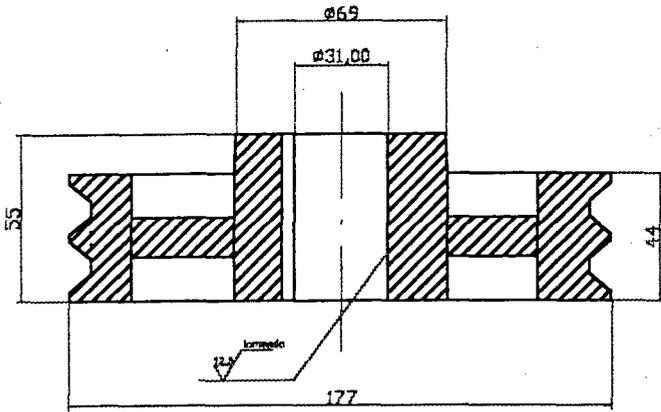
NOME	Rodrigo	DES N°	4.01
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:7			



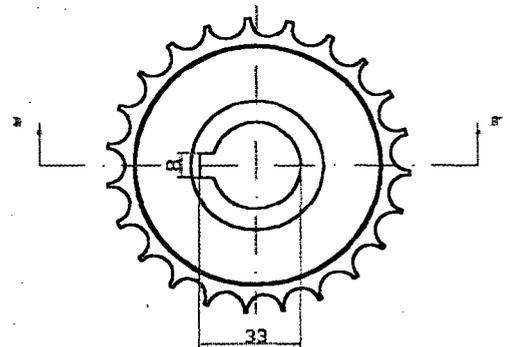
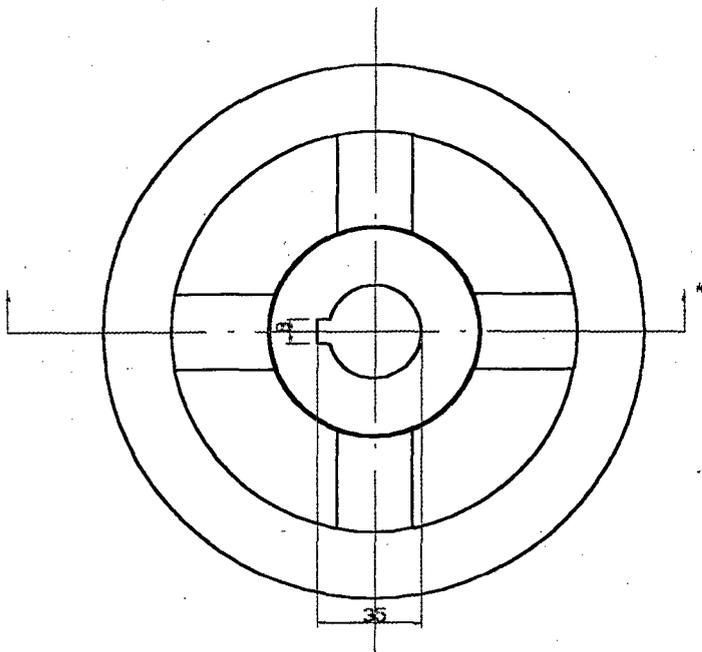
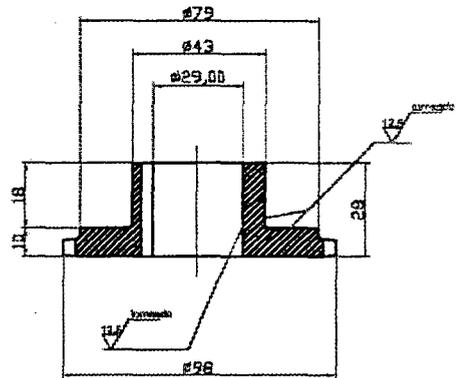
04	Rolamento SKF PFT 62-30 FJ	02	-	componente adquirido
03	Eixo principal	01	aço ABNT 1020	des. 4.04
02	Pola principal	01	alumínio	des. 4.03
01	Roda dentada primária	01	aço ABNT 1045	des. 4.03
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	Conj. Eixo Principal			
		NOME	Rodrigo	DES N°	4.02
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL	DATA	04/88	UNIDADE	mm
		ESCALA	12	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10

01



02

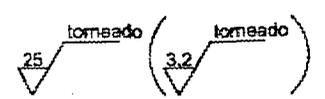
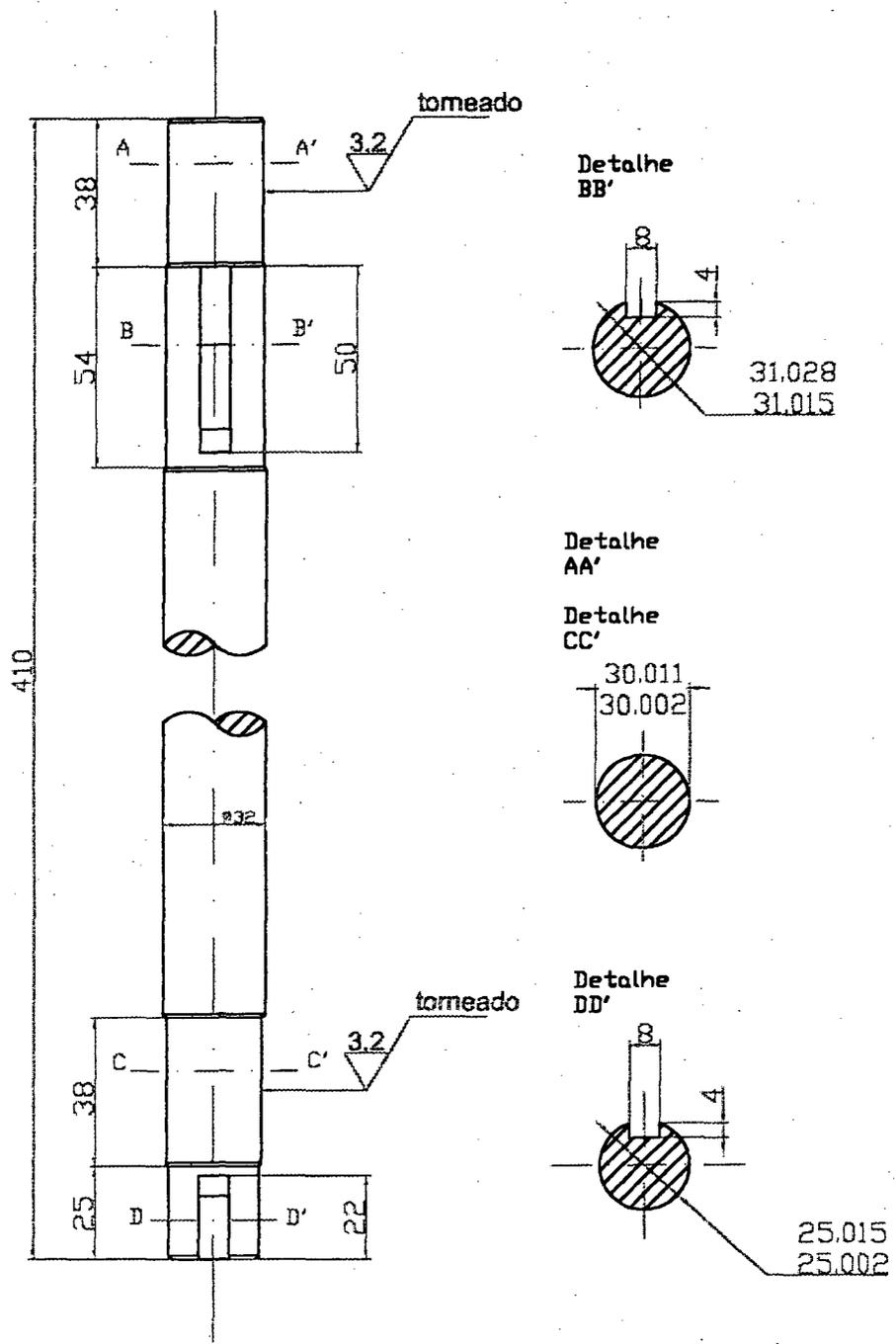


Passo = 12,7 mm
Módulo = 4,0 mm
Diam. prim. = 92,3 mm

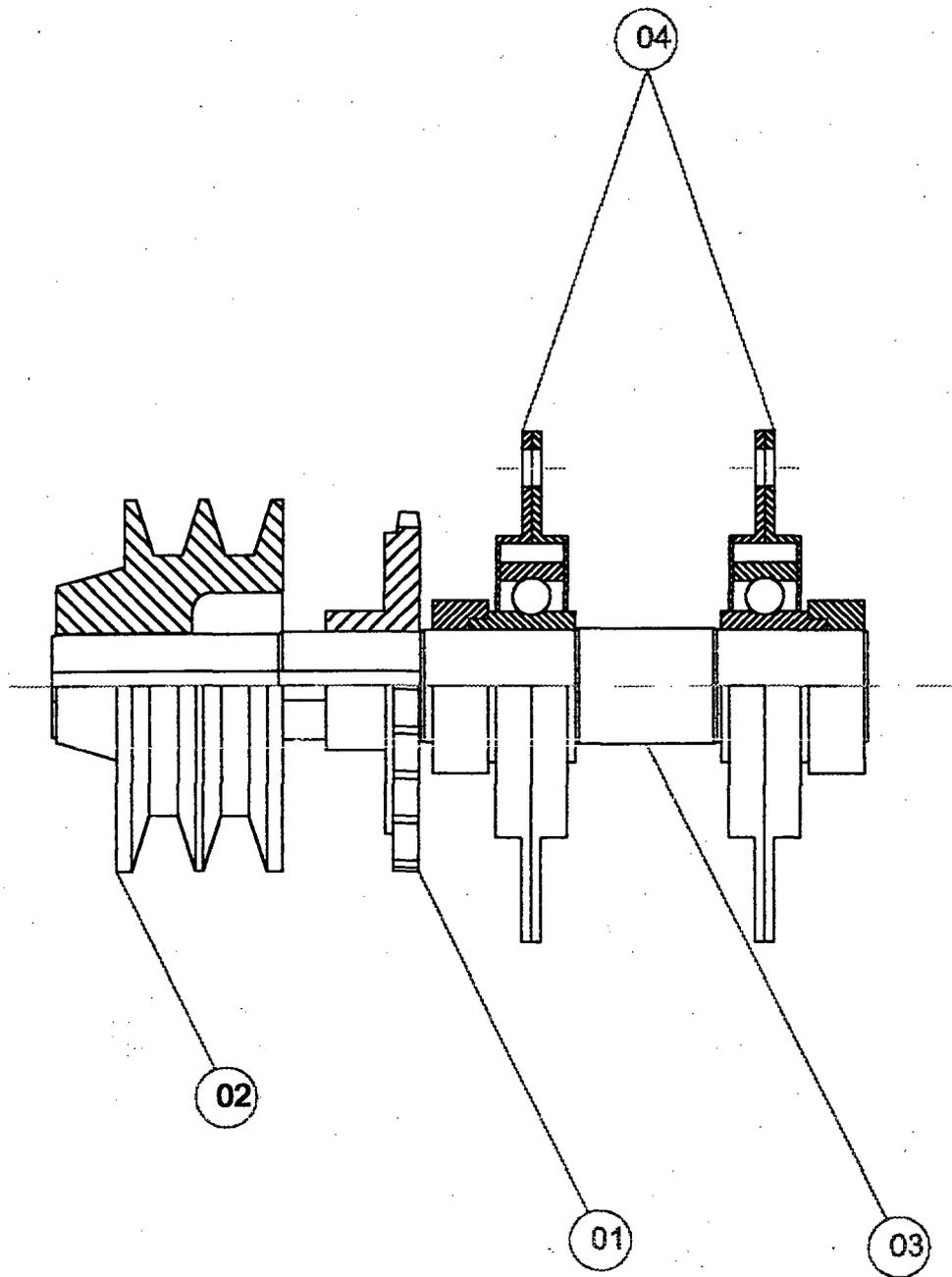


02	Roda dentada primária	01	aço ABNT 1020	-
01	Polia primária	01	alumínio	-
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC		ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO					
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL			NOME	Rodrigo	DES Nº	4.03
				DATA	04/88	UNIDADE	mm
				ESCALA	1:2,5	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10



-	Eixo de transmissão principal	01	aço ABNT 1020	-	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO				
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL	NOME	Rodrigo	DES N°	4.04
		DATA	04/88	UNIDADE	mm
		ESCALA	12	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10



04	Rolamento SKF PFT 62-30 FJ	02	-	componente adquirido
03	Eixo secundário	01	aço ABNT 1020	des. 4.07
02	Polia secundária	01	alumínio	des. 4.06
01	Roda dentada secundária	01	aço ABNT 1045	des. 4.06
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

Conj. Eixo Secundário

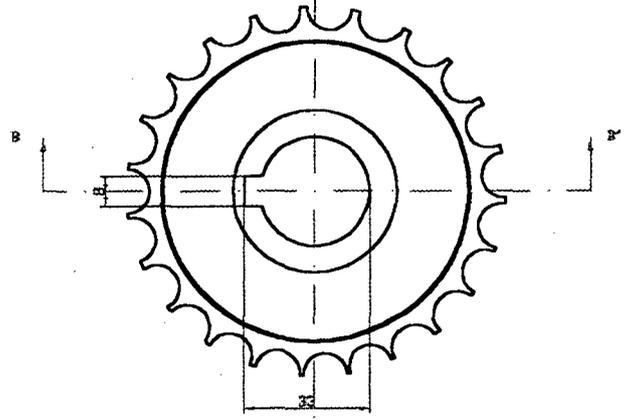
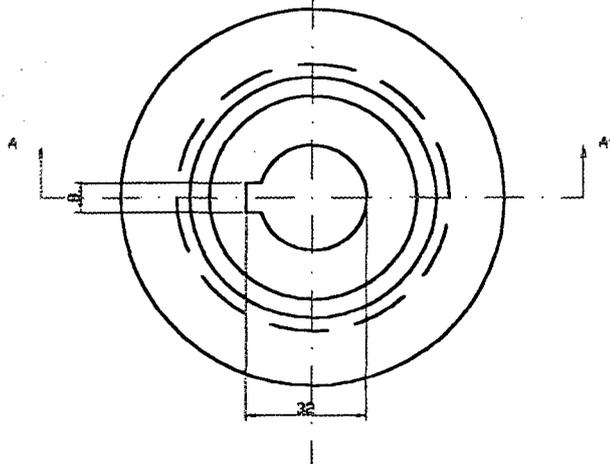
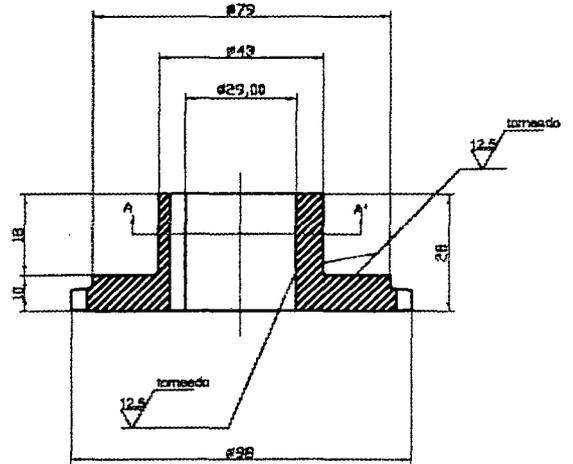
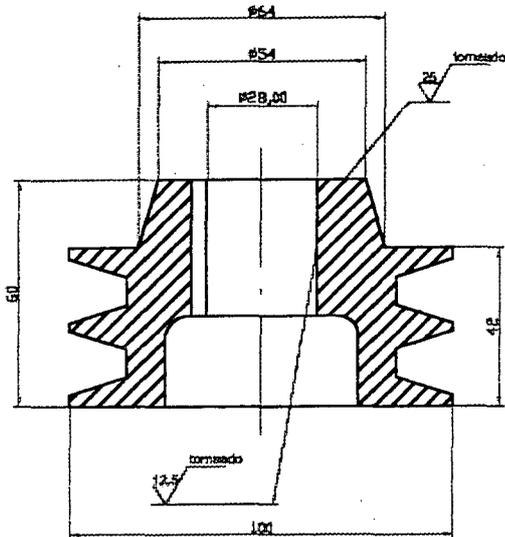


PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

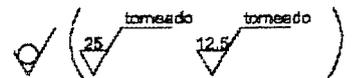
NOME	Rodrigo	DES N°	4.05
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:2			

02

01



Passo = 12,7 mm
 Módulo = 4,0 mm
 Diam. Prim. = 92,3 mm



02	Roda dentada secundária	01	aço ABNT 1020	-
01	Polia secundária	01	alumínio	-
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

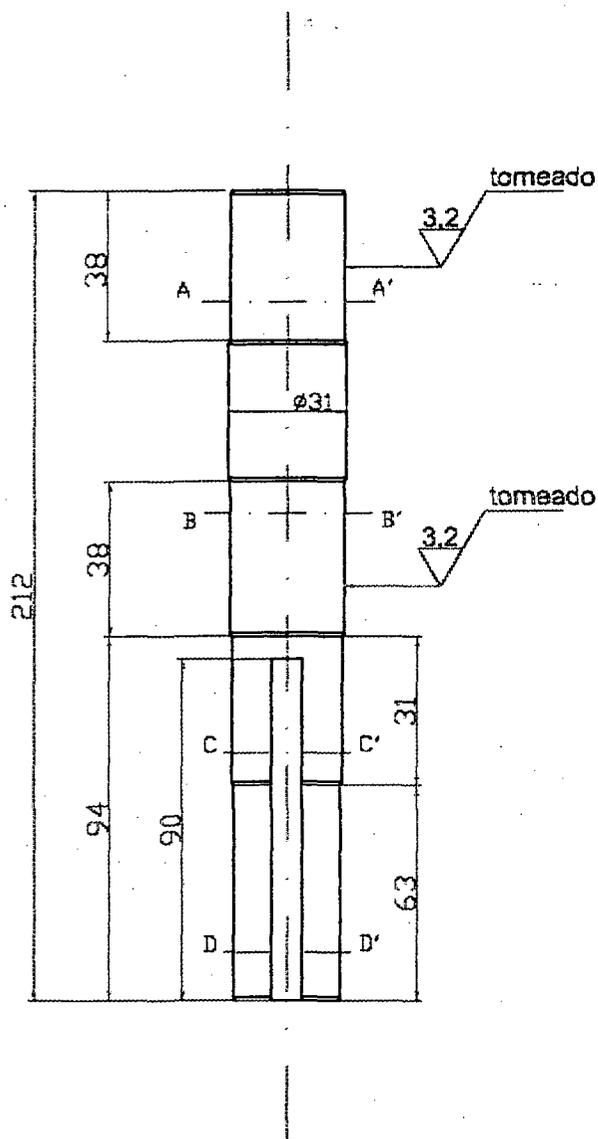
UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
 LABORATORIO DE PROJETO



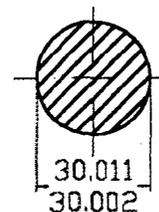
PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

NOME	Rodrigo	DES N°	4.06
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:1,25			

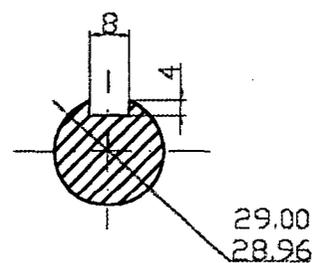


Detalhe AA'

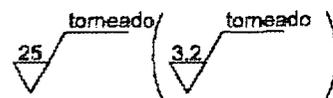
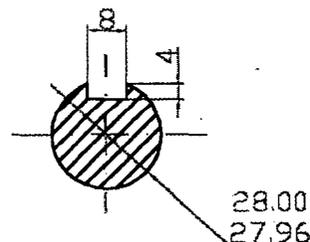
Detalhe BB'



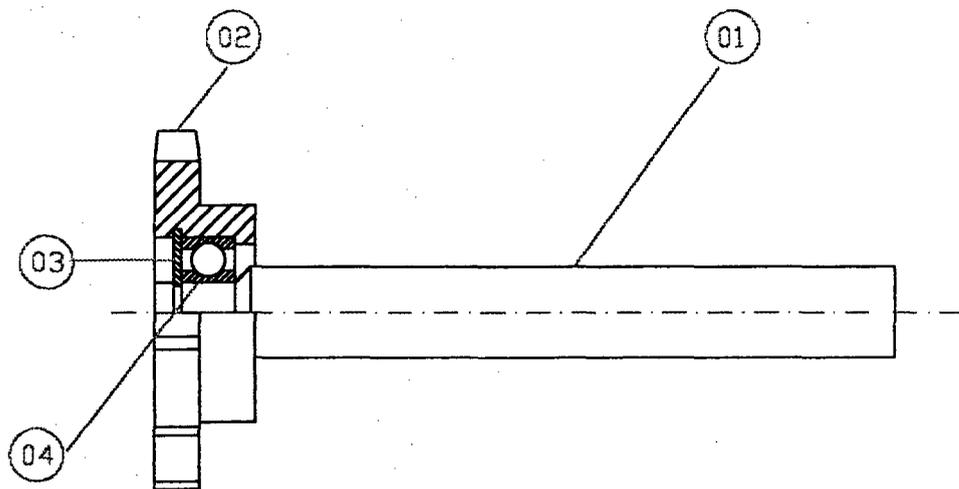
Detalhe CC'



Detalhe DD'



-	Eixo de transmissão secundário	01	aco ABNT 1020	-		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO						
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL		NOME	Rodrigo	DES N°	4.07
			DATA	04/98	UNIDADE	mm
			ESCALA	12	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10



04	Rolamento NSK 608 ZZ	02	-	componente adquirido
03	Anel elástico DAr Ø8mm	02	-	componente adquirido
02	Roda dentada	02	aço ABNT 1020	des. 4.10
01	Eixo das rodas dentadas menores	02	aço ABNT 1020	des. 4.09
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

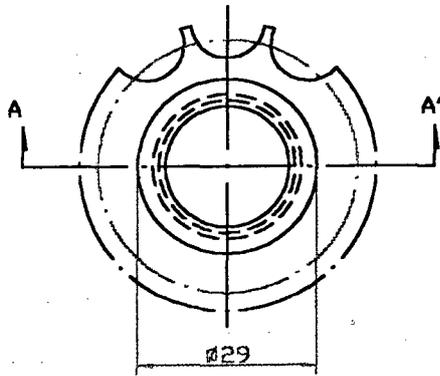
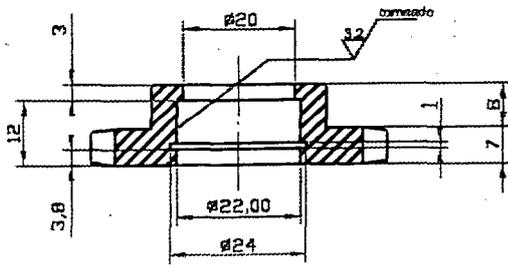
ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO



PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

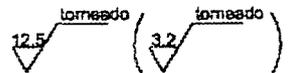
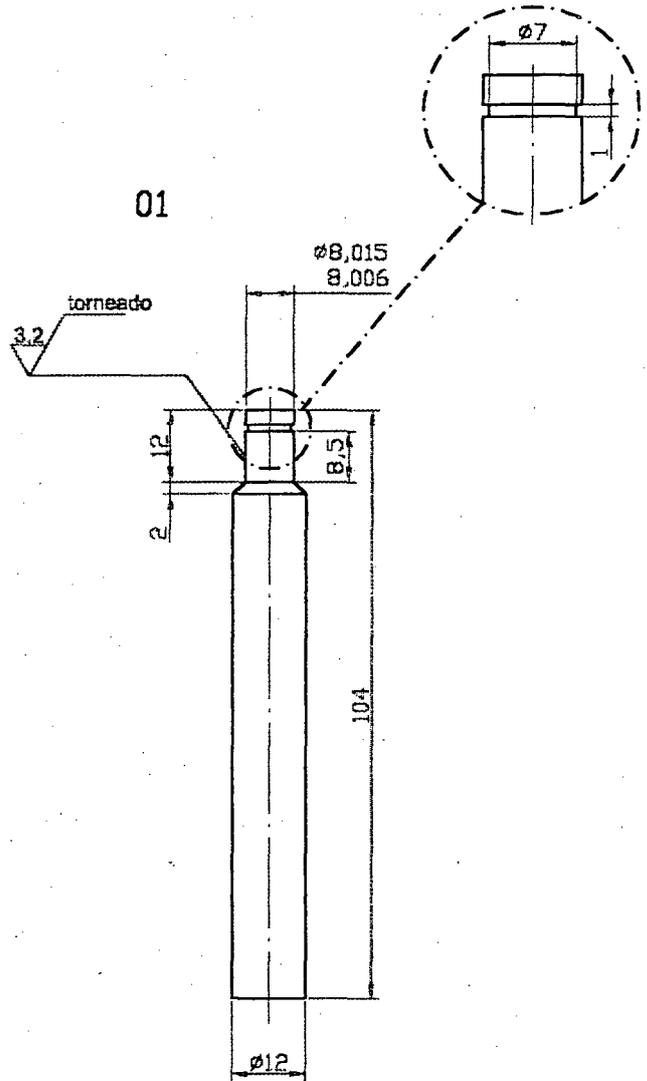
NOME	Rodrigo	DES N°	4.08
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:1			

02



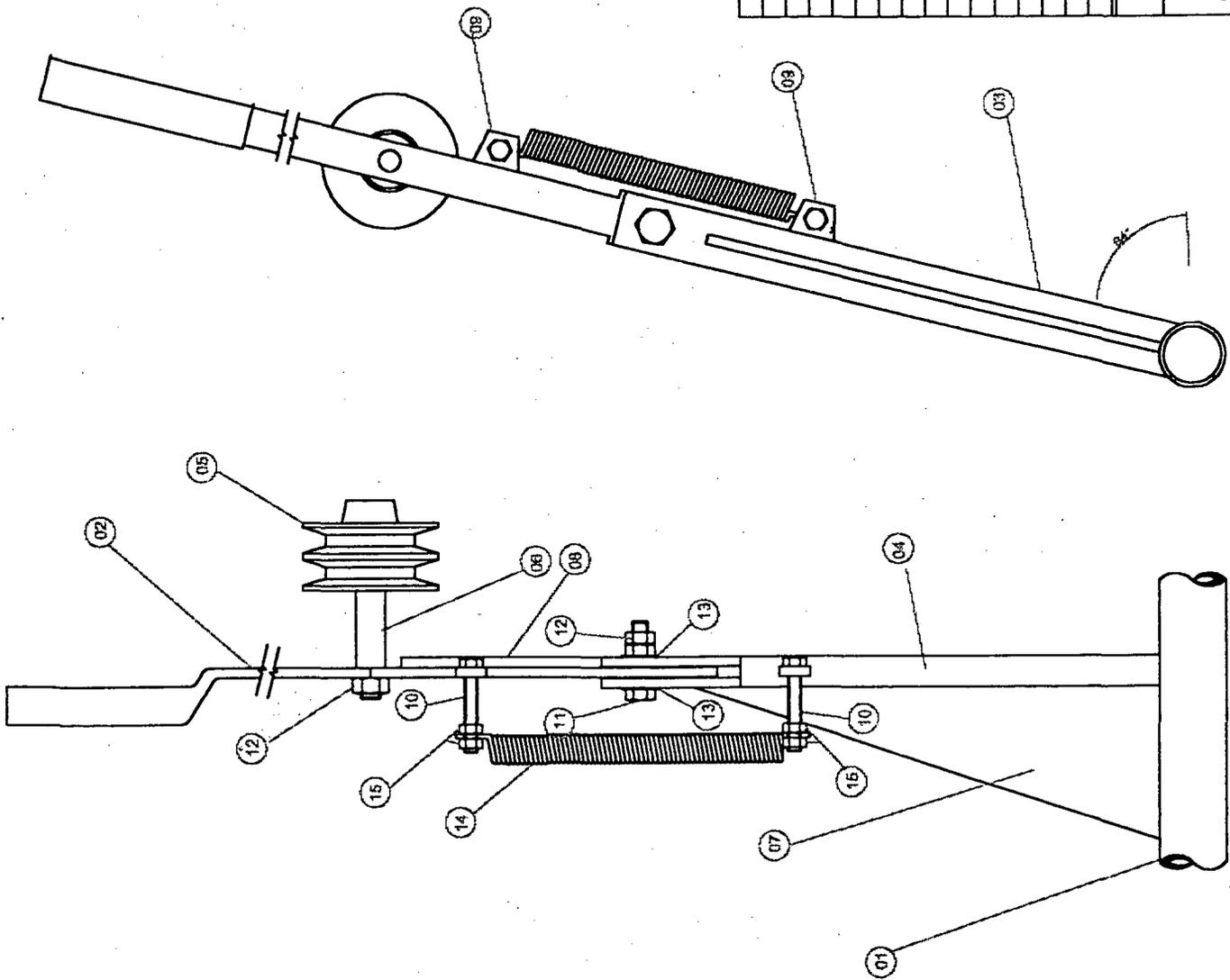
Passo = 12,7 mm
 Módulo = 4 mm
 Diam. Prim. = 44,5 mm

01



02	Roda dentada menor	02	aço ABNT 1045	-
01	Eixo das rodas dentadas menores	02	aço ABNT 1020	-
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC		ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO			
LP	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL	NOME	Rodrigo	DES N°	4.09
		DATA	04/98	UNIDADE	mm
		ESCALA	1:1,25	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10

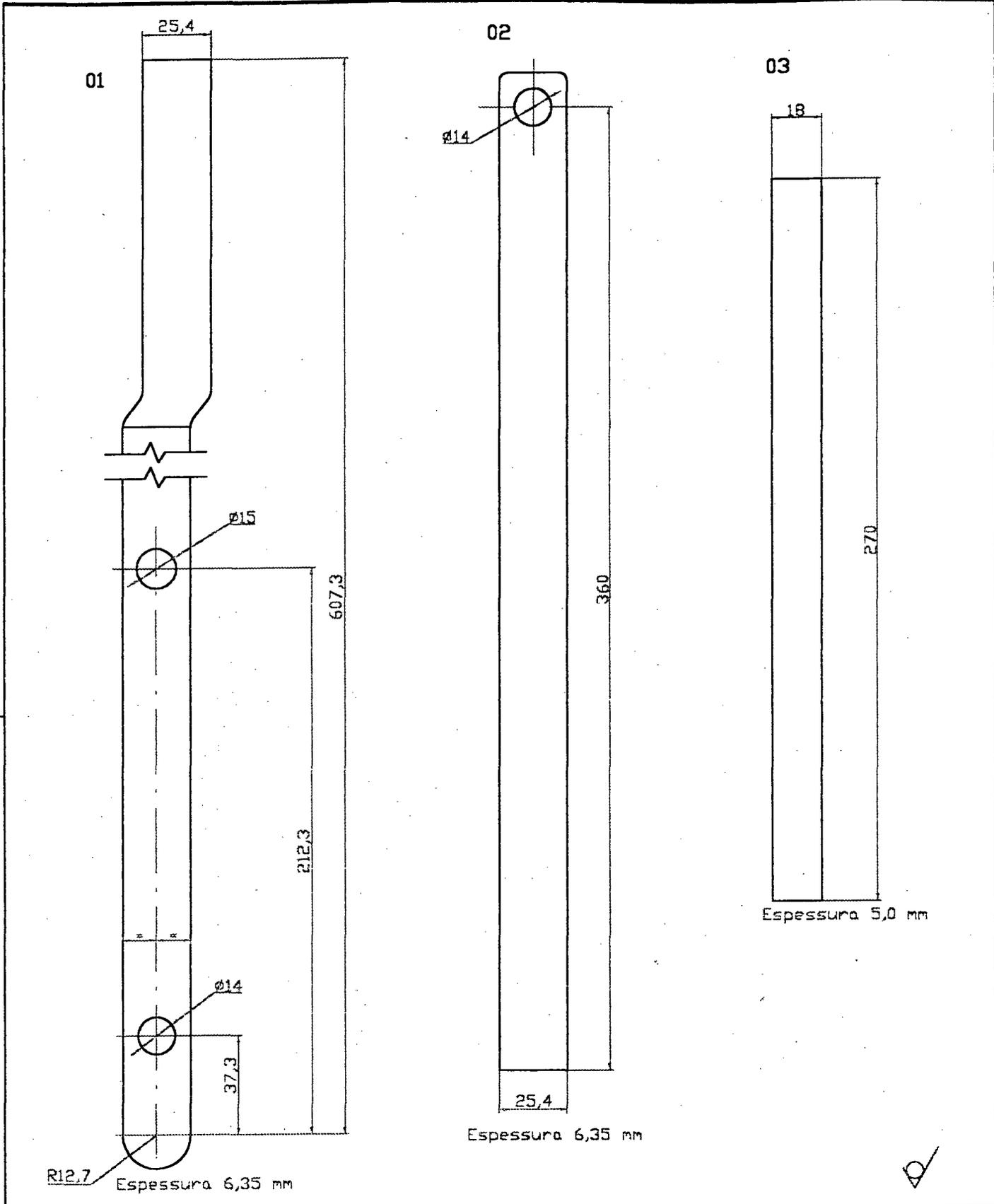


15	porca M8	04	-	componente substituído
14	mola helicoidal	01	-	componente substituído
13	arruela lisa	03	-	componente substituído
12	porca M14	03	-	componente substituído
11	parafuso M14	02	-	componente substituído
10	parafuso M8	02	-	componente substituído
09	fixação da mola	02	epo ABNT 1020	dia. 4.14
08	reforço da alavanca	01	epo ABNT 1020	dia. 4.14
07	reforço	01	epo ABNT 1020	dia. 4.14
06	eixo da polia esticadora	01	epo ABNT 1020	dia. 4.19
05	polia esticadora	01	alumínio	dia. 4.19
04	reforço do apoio	02	epo ABNT 1020	dia. 4.11
03	apoio	02	epo ABNT 1020	dia. 4.11
02	alavanca	01	epo ABNT 1020	dia. 4.11
01	estrutura	01	epo ABNT 1020	dia. 3.01
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC
 ENGENHARIA MECÂNICA
 LABORATORIO DE PROJETO
Conj. Siet Esticador Primário
 NOME: Rodrigo
 DATA: 04/08
 ESCALA: 1:3
 DESENHO: 4.10
 UNIDADE: mm
 APROV.:
 Tolerâncias não especificadas:
 IT 10

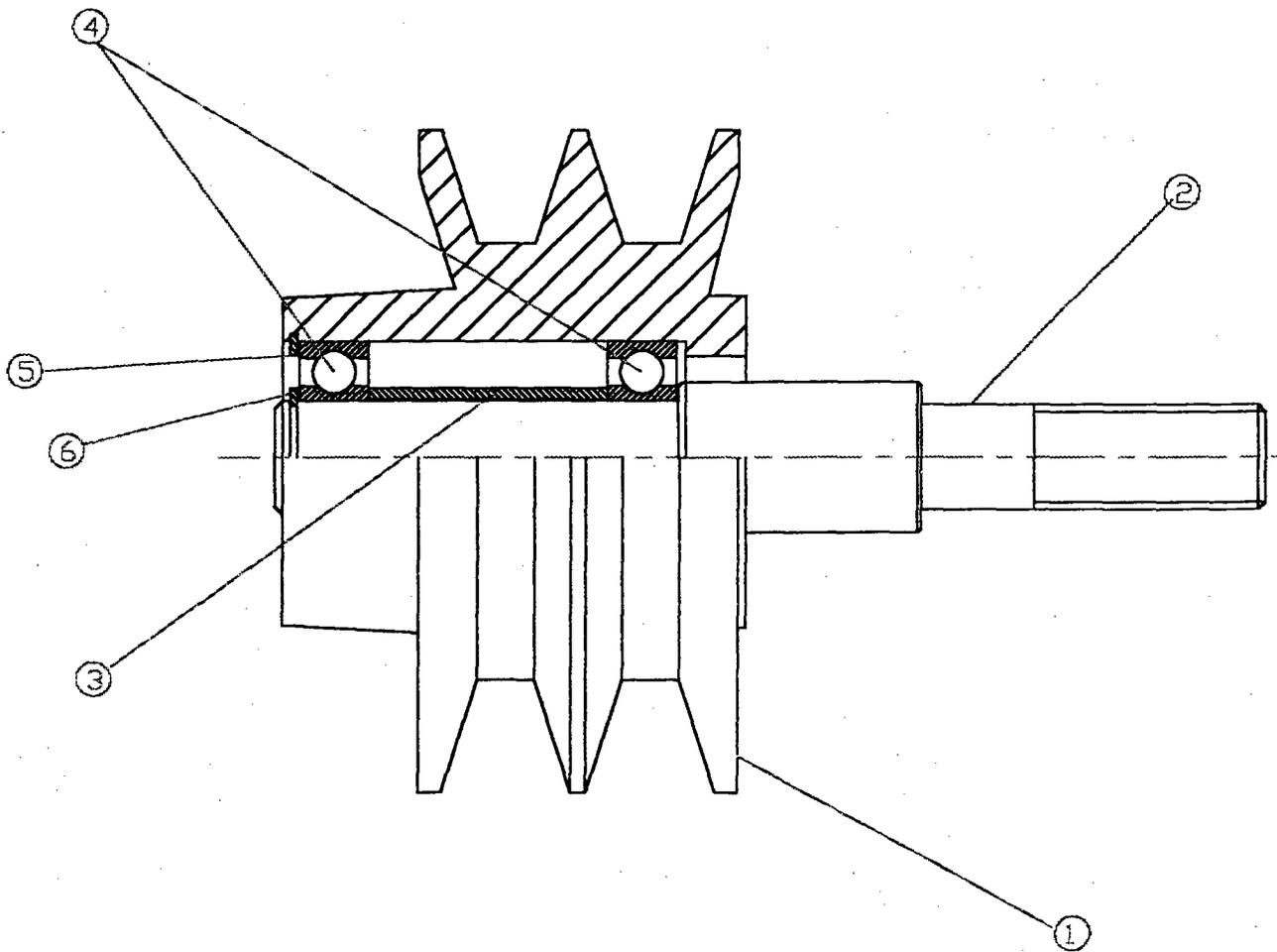


PICADOR DE COBERTURA VEGETAL



03	reforço do apoio	02	aço ABNT 1020	-
02	apoio	02	aço ABNT 1020	-
01	alavanca de acionamento	01	aço ABNT 1020	-
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC		ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO		
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL		NOME Rodrigo	DES N° 4.11
			DATA 04/98	UNIDADE mm
			ESCALA 1:2	APROV.



06	Anel elástico DAr Ø15 mm	01	-	adquirido
05	Anel elástico DAI Ø32 mm	01	-	adquirido
04	Rolamento NSK 6002 ZZ	02	-	adquirido
03	Bucha espaçadora	01	aço ABNT 1020	des. 4.13
02	Eixo da polia esticadora	01	aço ABNT 1020	des. 4.13
01	Polia esticadora	01	alumínio	des. 4.13
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

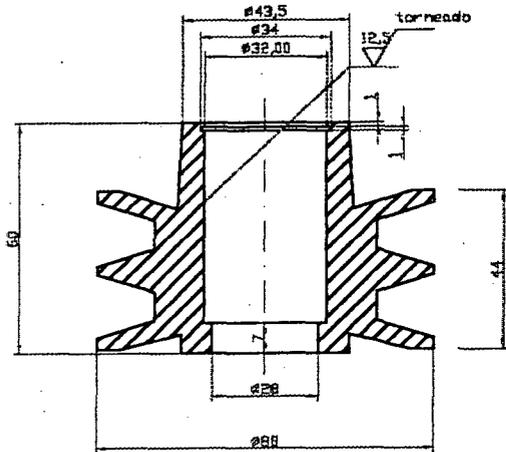
Conj. polia esticadora

LP

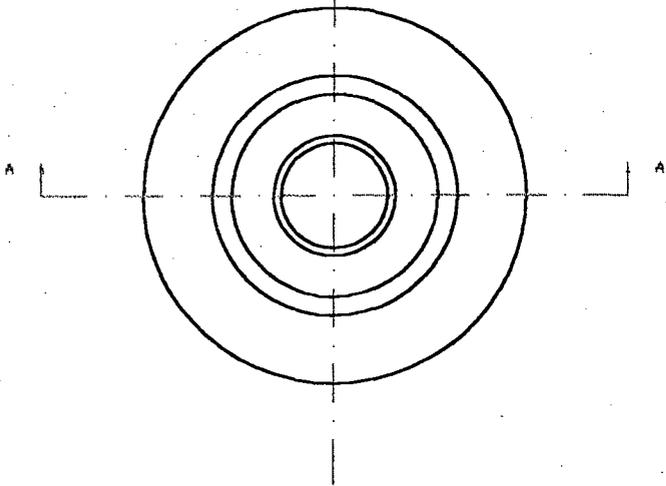
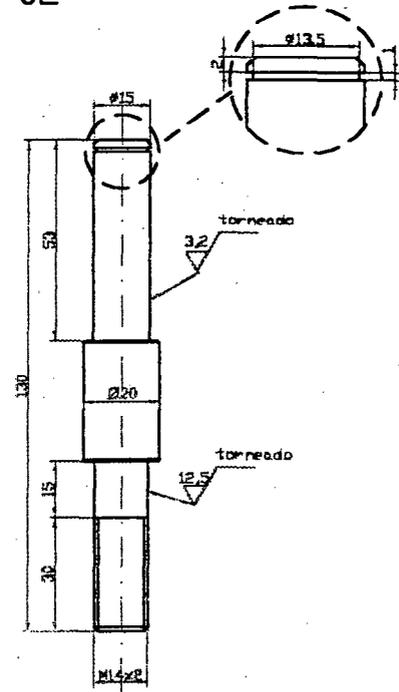
PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

NOME	Castaldo	DES N°	4.12
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:1			

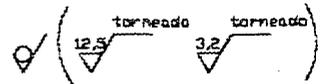
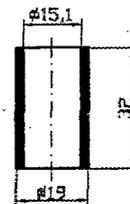
01



02



03



03	Bucha espaçadora	01	aço ABNT 1020	-
02	Eixo da polia esticadora	01	aço ABNT 1020	-
01	Polia esticadora	01	alumínio	-
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

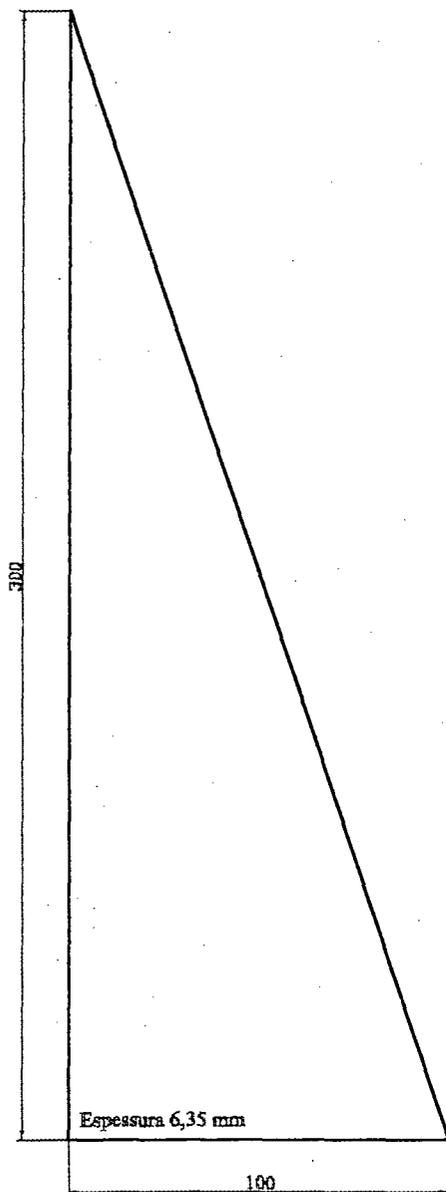
ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

LP

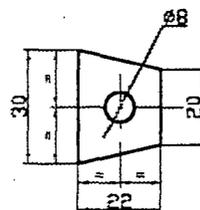
PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

NOME	Rodrigo	DES N°	4.13
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	12	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10

01

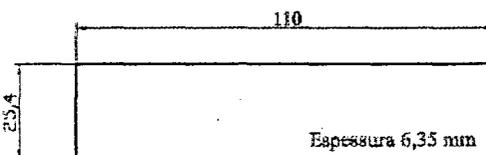


02



Espeçura 6,35 mm

03



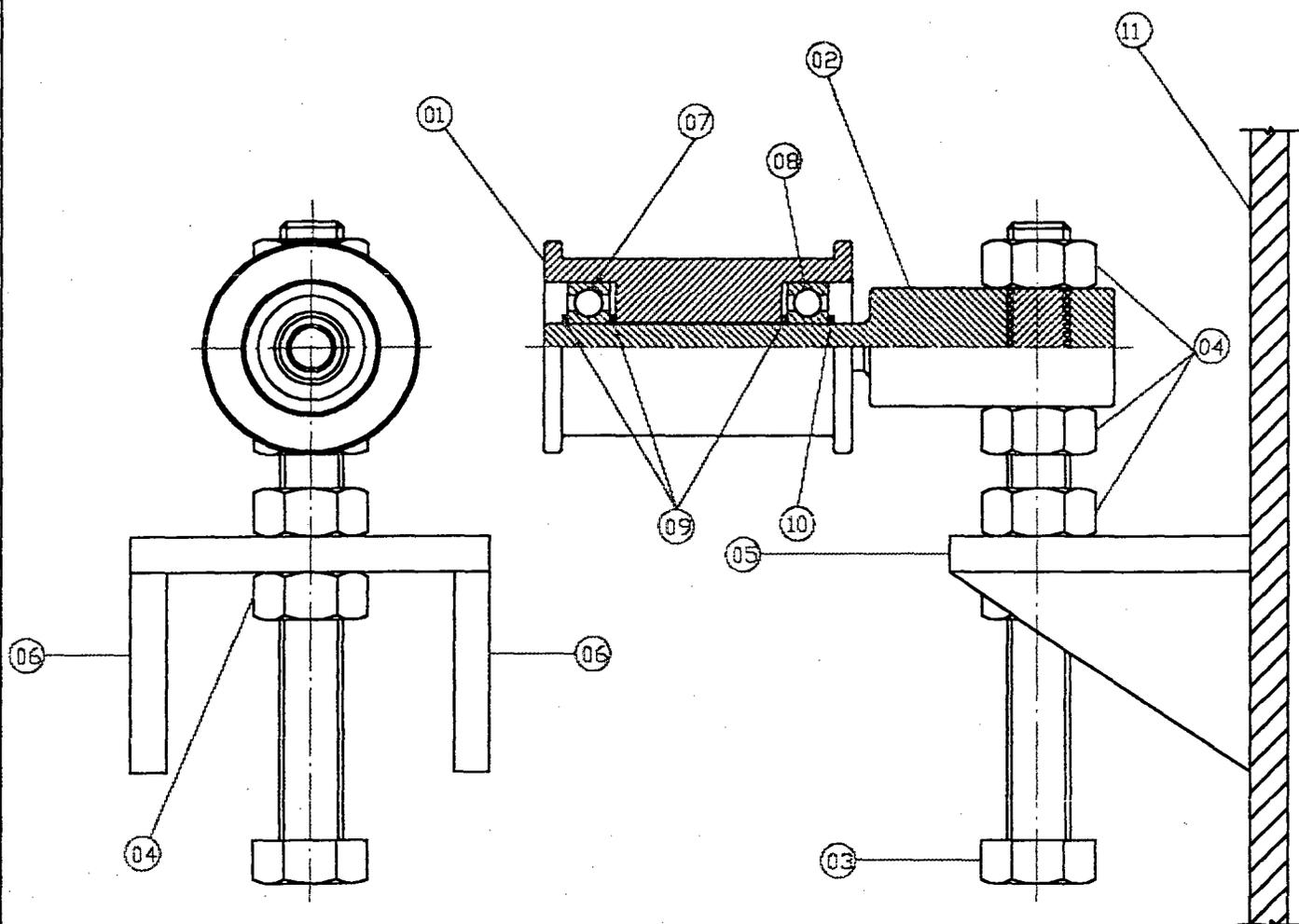
03	Reforço da alavanca	01	aço ABNT 1020	-
02	Suporte da mola	01	aço ABNT 1020	-
01	Reforço	01	aço ABNT 1020	-
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

NOME	Rodrigo	DES Nº	4.14
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:2			



11	chapa lateral esquerda	01	aço ABNT 1020	des. 3.04
10	anel elástico DAr Ø9mm	01	-	componente adquirido
09	anel elástico DAr Ø8mm	03	-	componente adquirido
08	rolamento NSK 609 ZZ	01	-	componente adquirido
07	rolamento NSK 608 ZZ	01	-	componente adquirido
06	apoio inferior	02	aço ABNT 1020	des. 4.16
05	apoio superior	01	aço ABNT 1020	des. 4.16
04	porca M12 x 1,75	04	-	componente adquirido
03	parafuso M12 x 1,75 , l=120mm	01	-	componente adquirido
02	eixo do esticador	01	aço ABNT 1020	des. 4.17
01	cilindro	01	aço ABNT 1020	des. 4.17
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

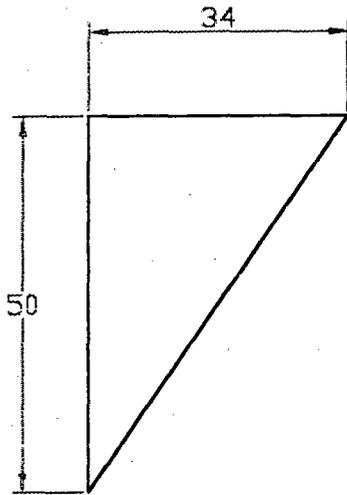
Conj. Esticador Secundário

LP

PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

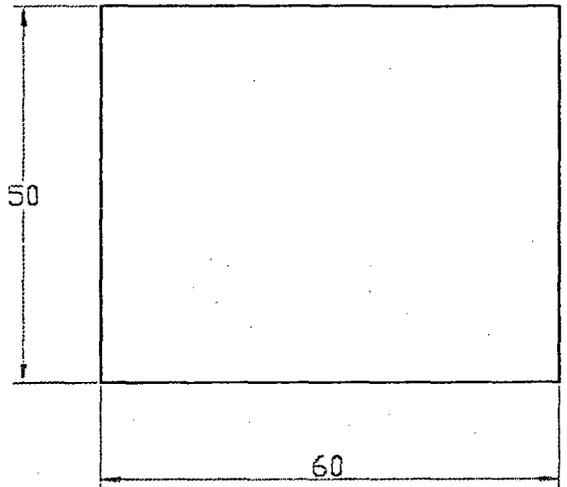
NOME	Castaldo	DES N°	4.15
DATA	04/88	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:1,25			

01



Espessura 6,35 mm

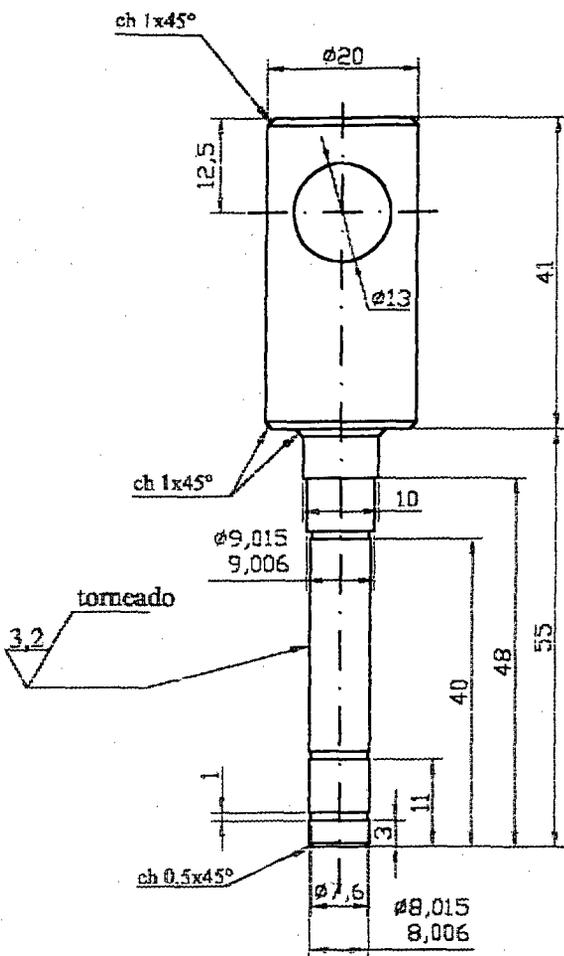
02



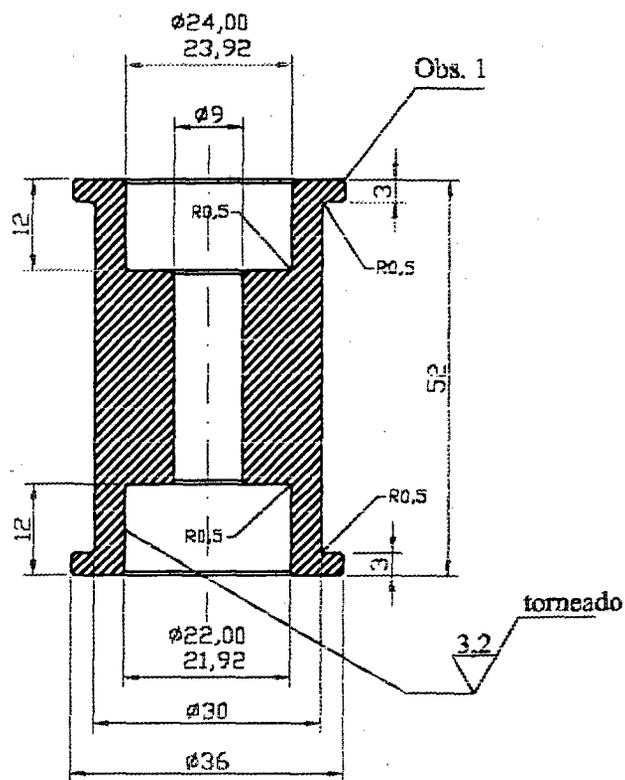
Espessura 6,35 mm

02	Apoio superior	01	aço ABNT 1020	-		
01	Apoio inferior	02	aço ABNT 1020	-		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO						
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL		NOME	Rodrigo	DES N°	4.16
			DATA	04/98	UNIDADE	mm
			ESCALA	1:1	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10

01



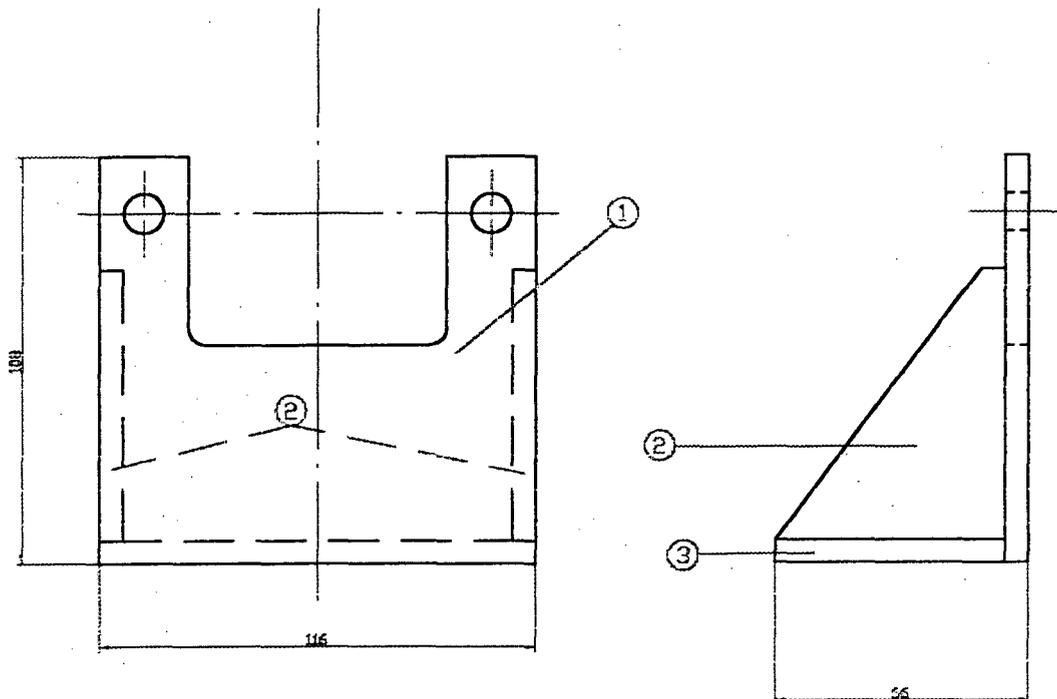
02



Obs. 1: chanfrar todos os cantos a 0,5x45°



02	Cilindro esticador	01	aço ABNT 1020	-
01	Eixo do esticador	01	aço ABNT 1020	-
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC			ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO	
LP	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL	NOME	Castaldo	DES N° 4.17
		DATA	04/98	UNIDADE mm
		ESCALA 1:1	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10



03	base do mancal direito	01	aço ABNT 1020	des. 4.20
02	reforço mancal direito	02	aço ABNT 1020	des. 4.20
01	mancal direito	01	aço ABNT 1020	des. 4.19
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

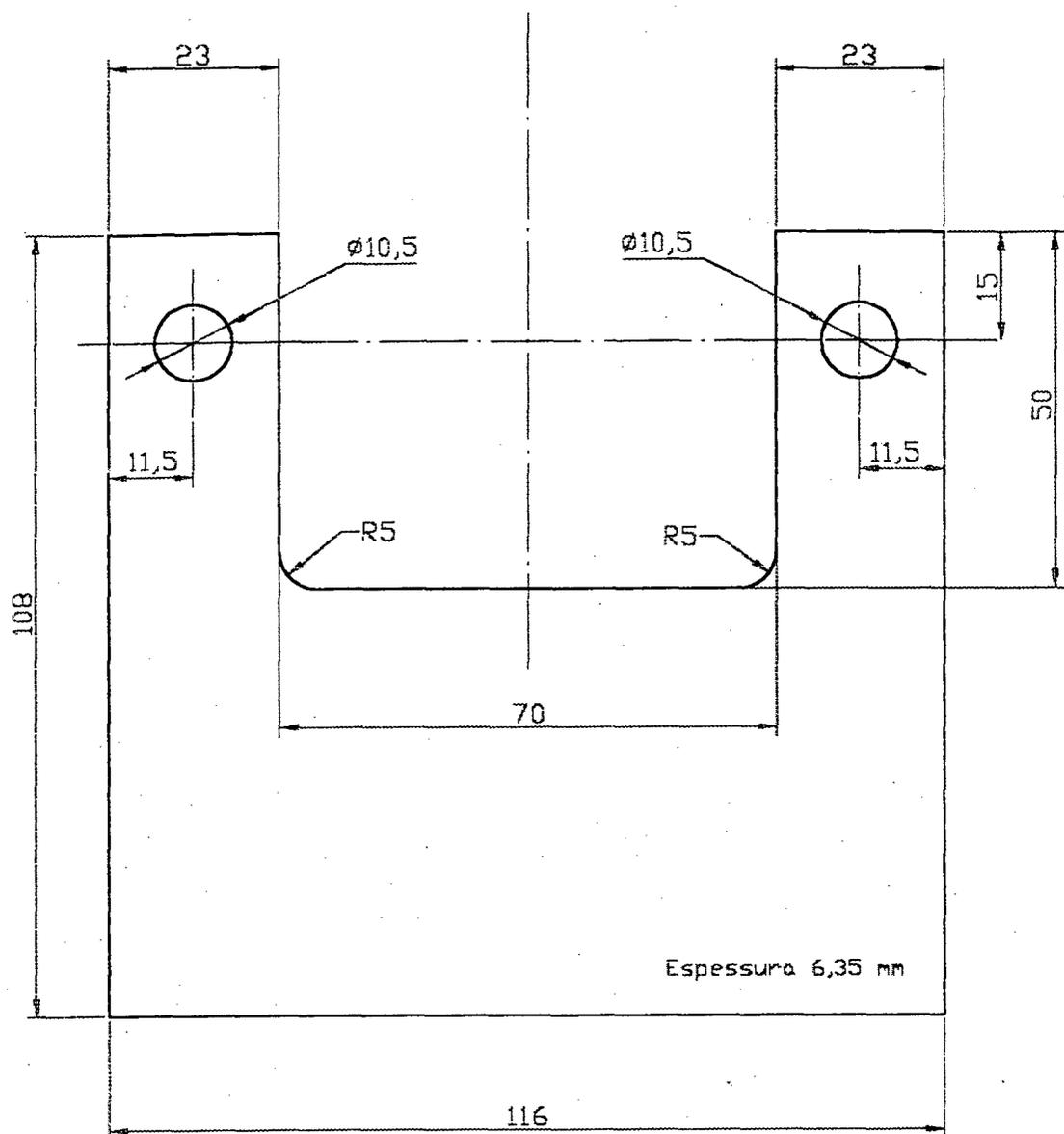
ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

Conj. Mancal Direito

LP

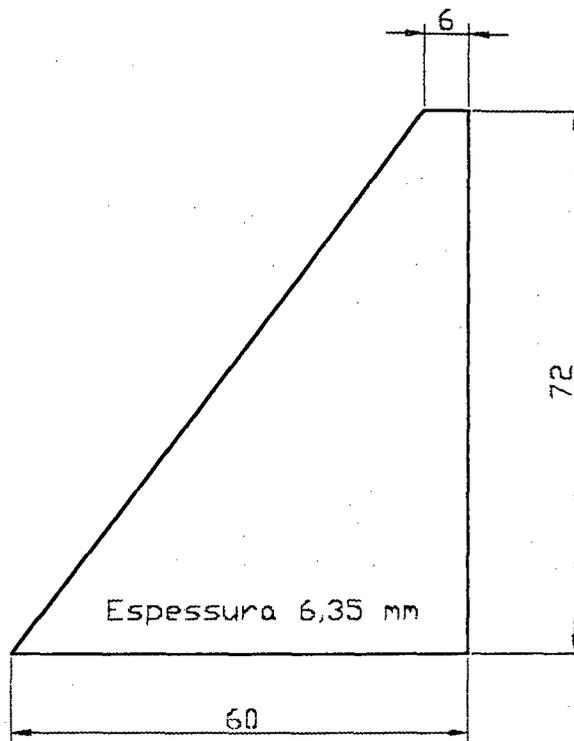
PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

NOME	Castaldo	DES N°	4.18
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:2			

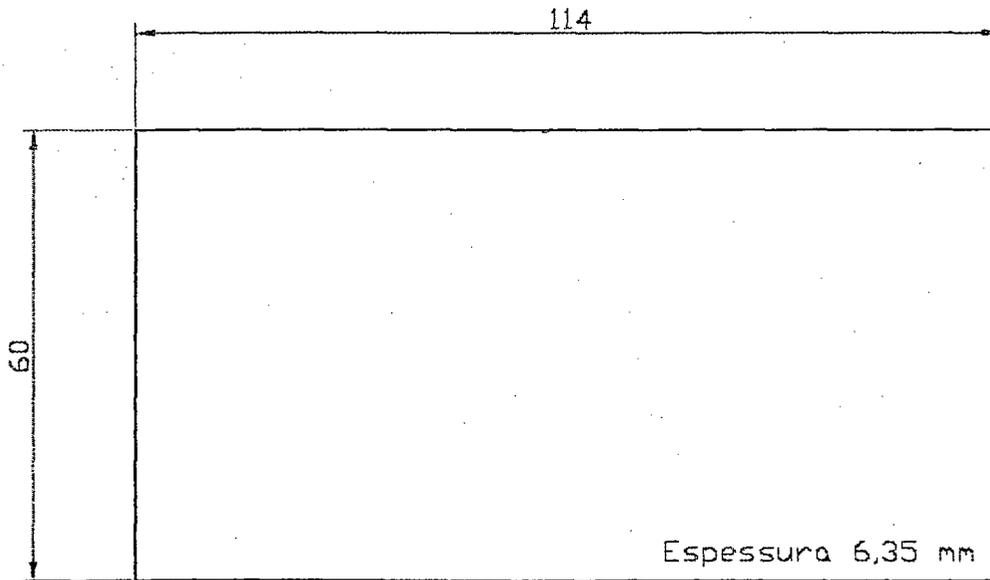


-	mancal direito	01	aco ABNT 1020	-	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC			ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO		
LP	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL	NOME	Castaldo	DES N°	4.19
		DATA	04/88	UNIDADE	mm
		ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
		1:1			

01

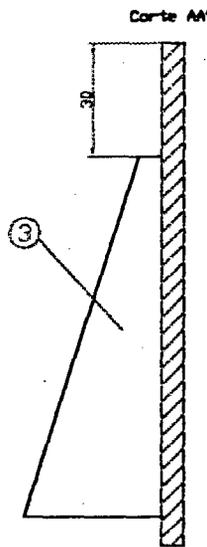
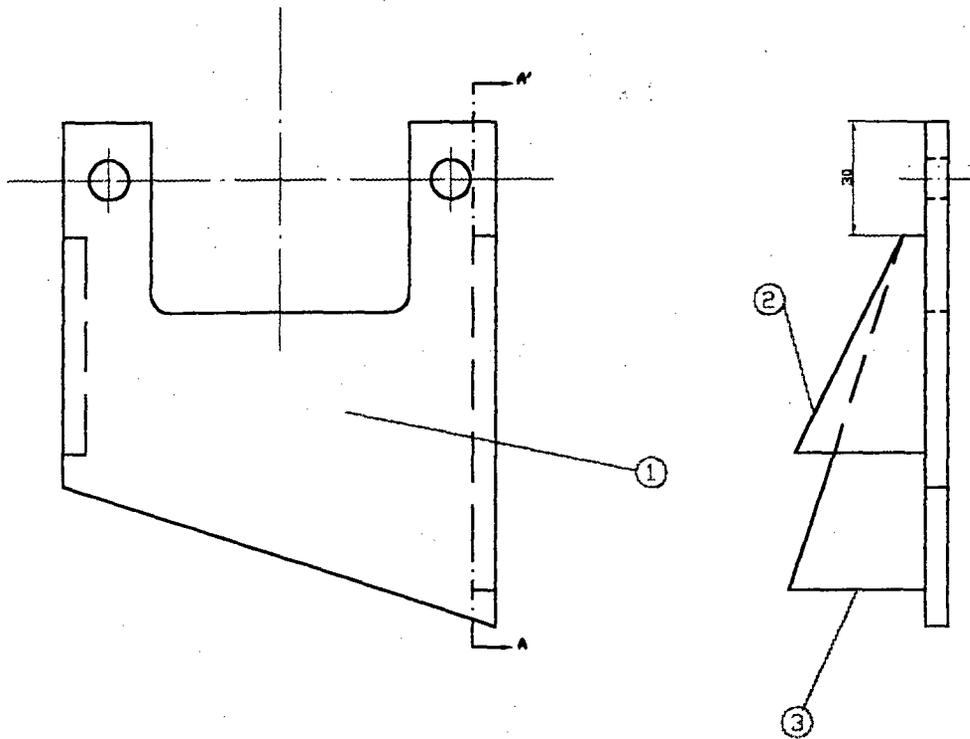


02



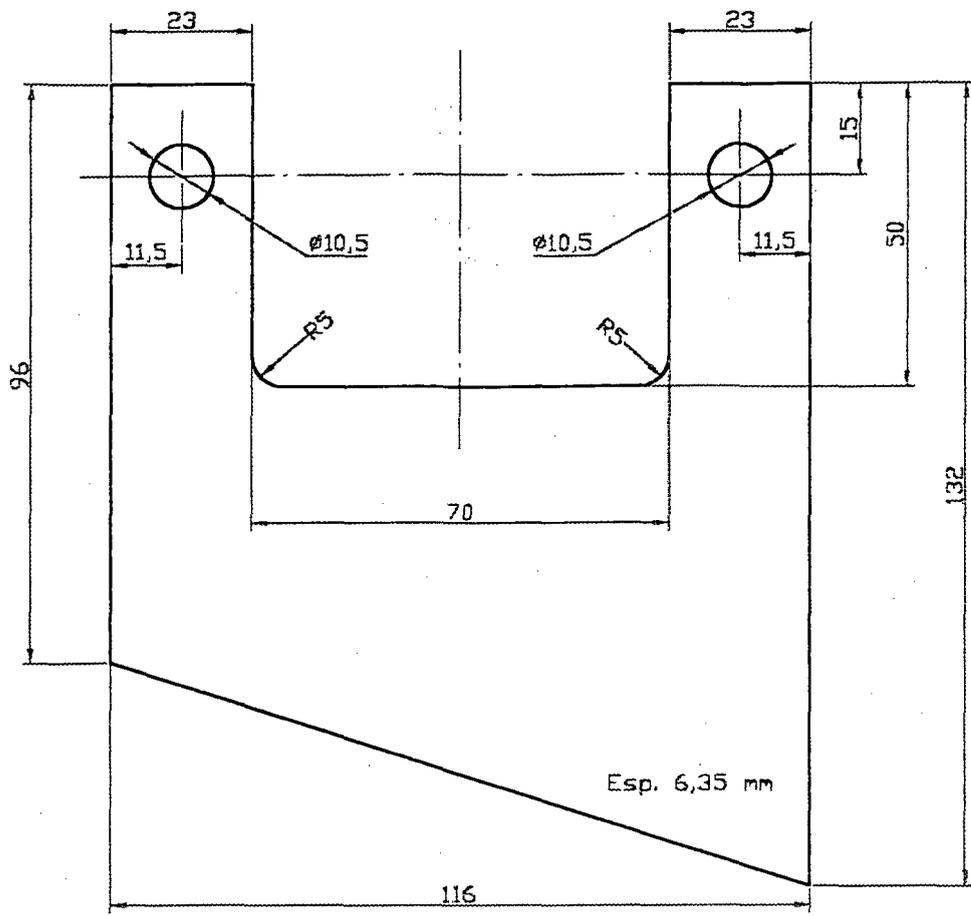
02	base mancal direito	01	aço ABNT 1020	-
01	reforço do mancal direito	02	aço ABNT 1020	-
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC		ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO				
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL		NOME	Castaldo	DES N°	4.20
			DATA	04/98	UNIDADE	mm
			ESCALA	1:1	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10

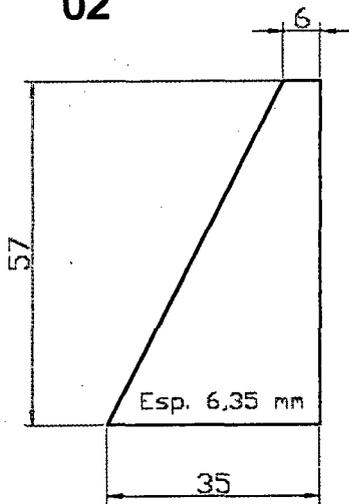


03	reforço direito	01	aço ABNT 1020	des. 4.22		
02	reforço esquerdo	01	aço ABNT 1020	des. 4.22		
01	mancal esquerdo	01	aço ABNT 1020	des. 4.22		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO			Conj. Mancal Esquerdo			
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL		NOME	Cestaido	DES N°	4.21
			DATA	04/88	UNIDADE	mm
			ESCALA	1:2	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10

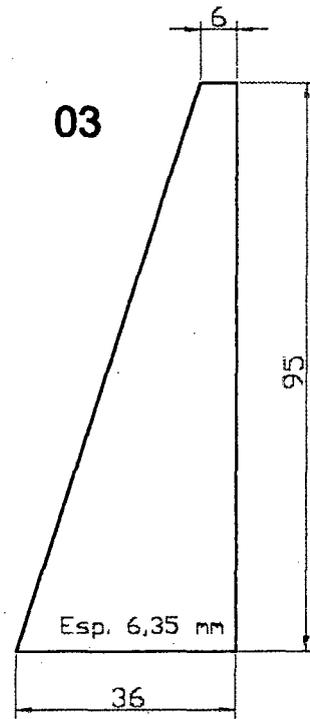
01



02



03



03	reforço direito	01	aço ABNT 1020	-
02	reforço esquerdo	01	aço ABNT 1020	-
01	mancal esquerdo	01	aço ABNT 1020	-
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

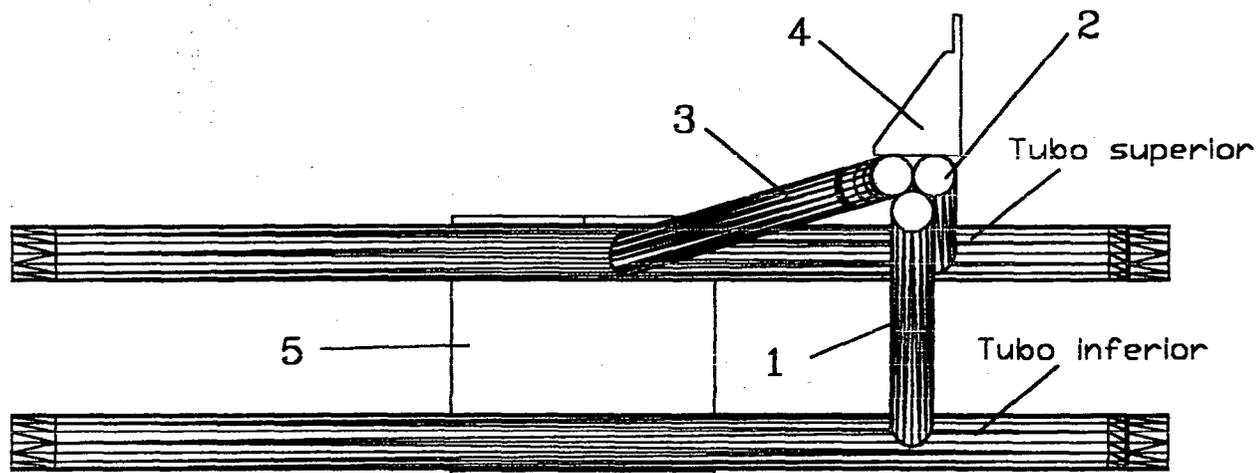
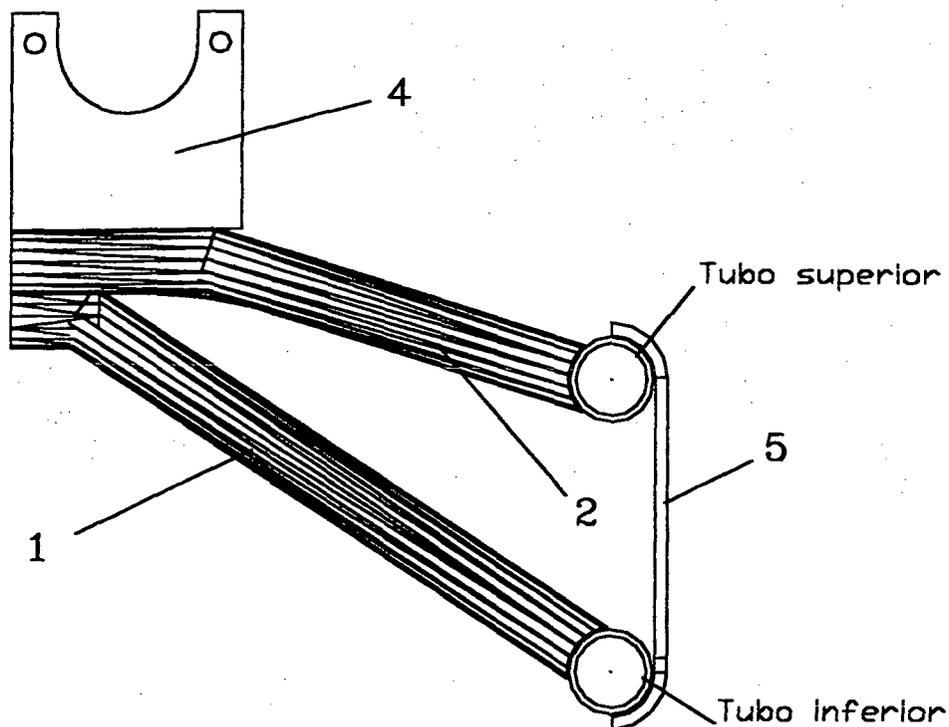
UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO



PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

NOME	Castaldo	DES N°	4.22
DATA	04/88	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:1			



PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
5	Chapa traseira	01	Aço ABNT 1020	Des.6.02
4	Conjunto mancal direito	01	Aço ABNT 1020	Des.4.18
3	Tubo de apoio 03	01	Aço ABNT 1020	Des.4.26
2	Tubo de apoio 02	01	Aço ABNT 1020	Des.4.25
1	Tubo de apoio 01	01	Aço ABNT 1020	Des.4.24

UFSC

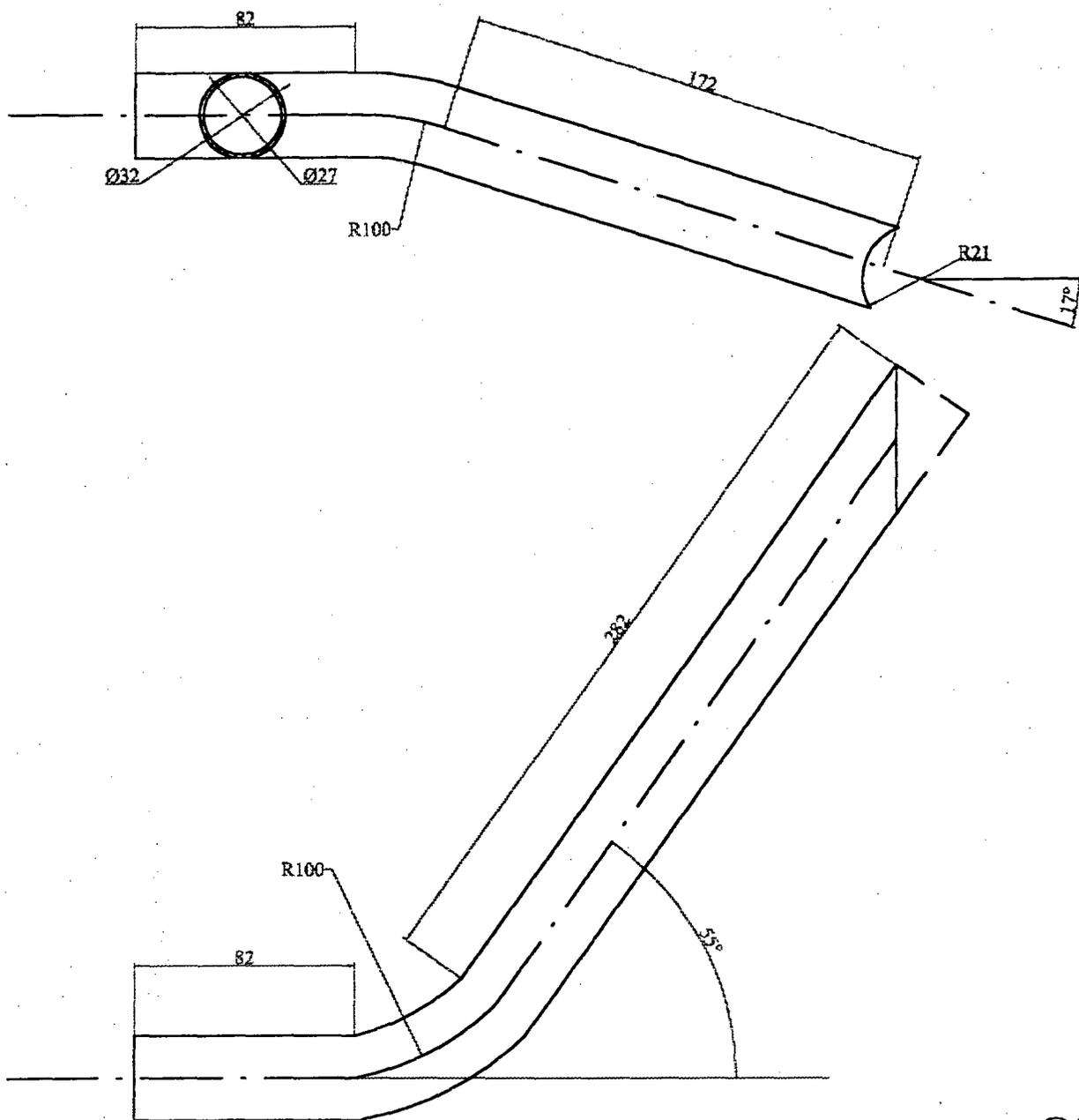
ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

VISTA DE MONTAGEM DO
MANCAL DO EIXO PRINCIPAL

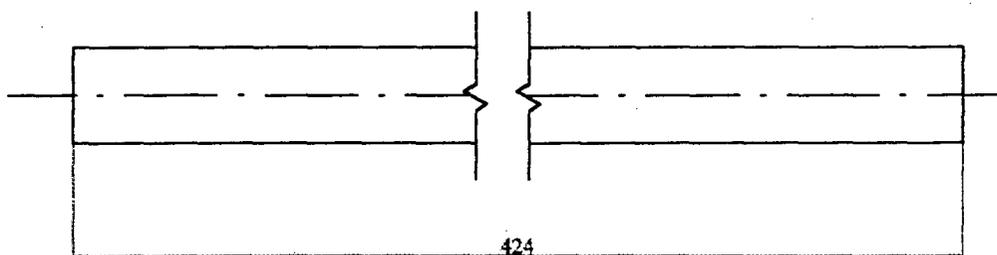


PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

NOME	MARCOS	DES N°	4.23
DATA	04/08	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:2			

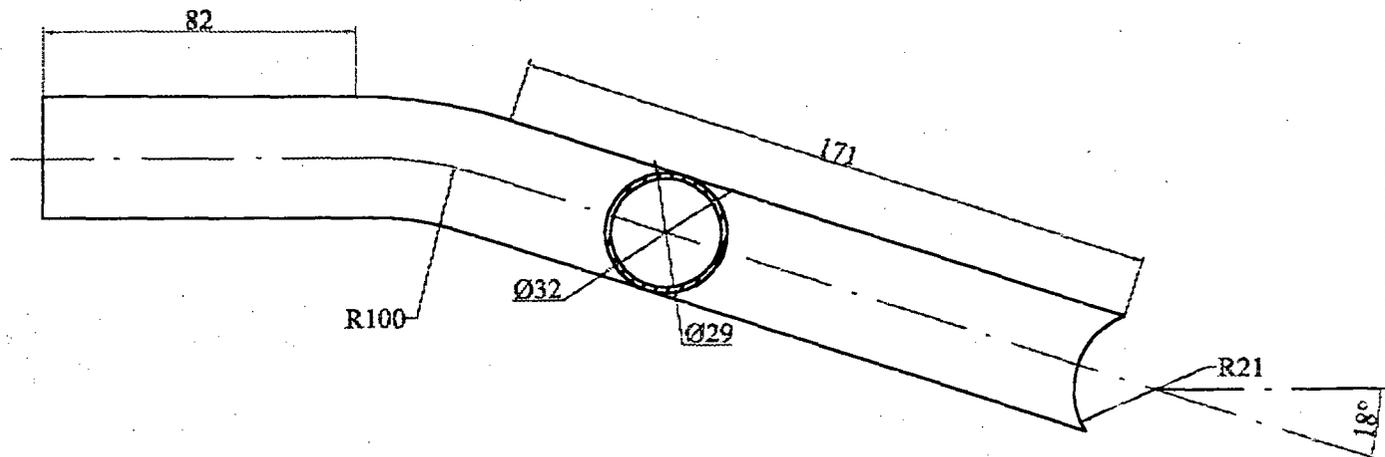


Peça conformada

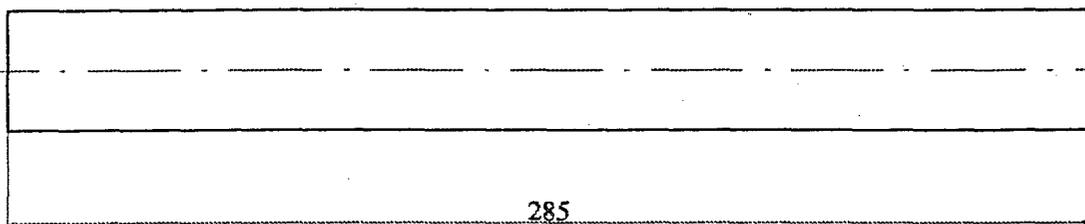


Peça não conformada

-	tubo de apoio 01	01	aço ABNT 1020	-		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC			ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO			
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL		NOME	Marcos	DES Nº	4.24
			DATA	04/98	UNIDADE	mm
			ESCALA	1:2,5	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10

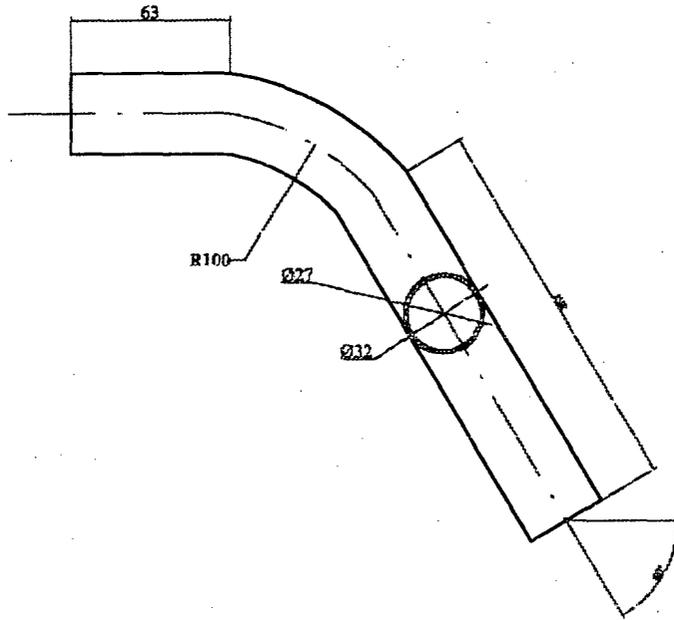


Peça conformada

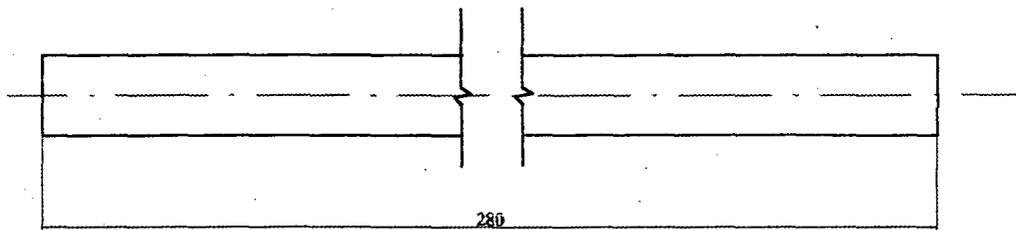


Peça não conformada

-	tubo de apoio 02	01	aço ABNT 1020	-		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC	ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO					
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL		NOME	Marcos	DES Nº	4.25
			DATA	04/98	UNIDADE	mm
			ESCALA	1:2	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10

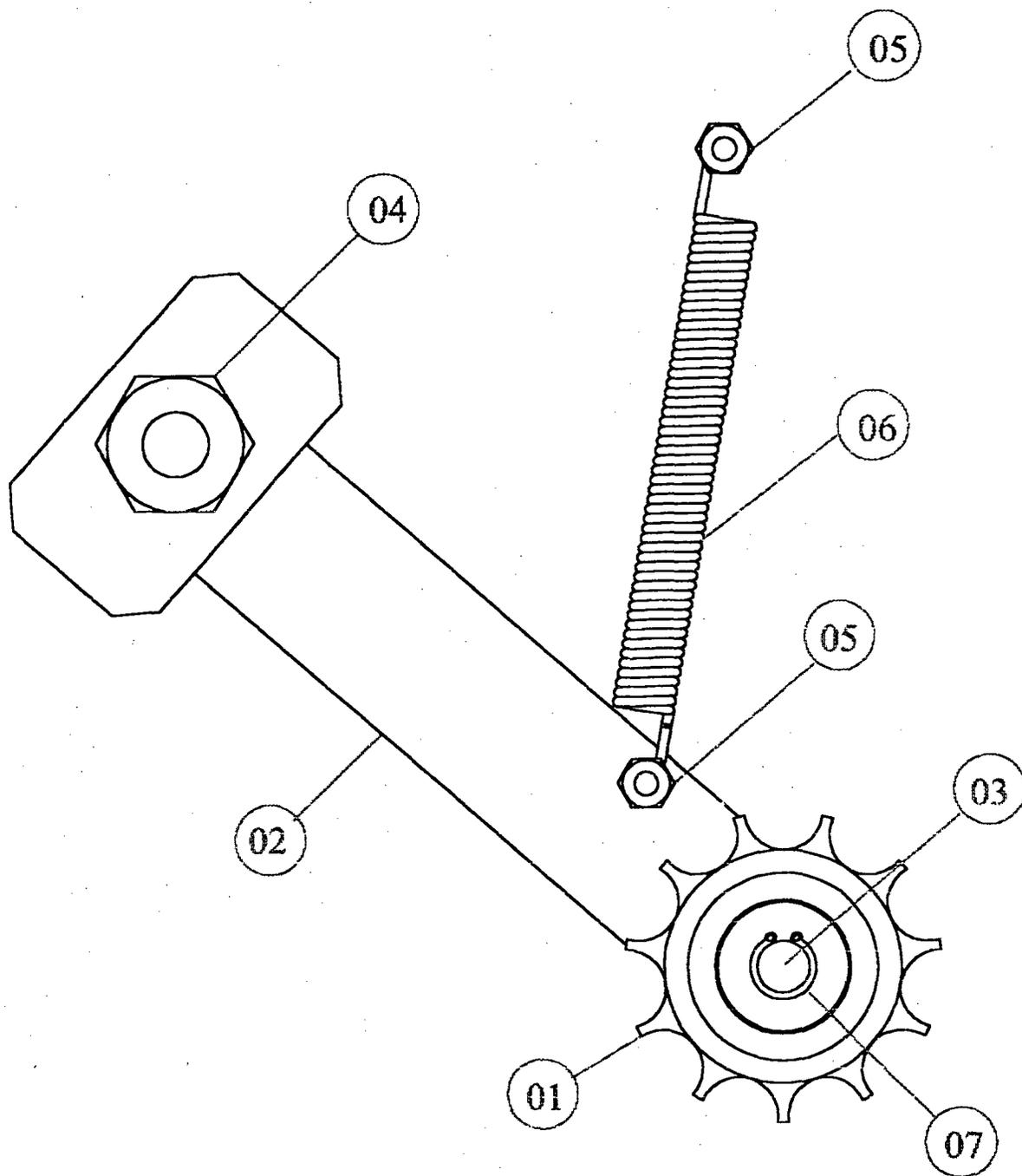


Peça conformada



Peça não conformada

-	tubo de apoio 03	01	aço ABNT 1020	-		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC			ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO			
	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL		NOME	Marcos	DES Nº	4.26
			DATA	04/98	UNIDADE	mm
			ESCALA	1:3	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10



07	Anel elástico DAr Ø8mm	01	-	componente adquirido
06	Mola helicoidal	01	-	componente adquirido
05	Parafuso M6	02	-	componente adquirido
04	Parafuso M10	01	-	componente adquirido
03	Eixo da roda dentada	01	aço ABNT 1020	des. 4.28
02	Haste de fixação	01	aço ABNT 1020	des. 4.28
01	Roda dentada	01	aço ABNT 1045	des. 4.28
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

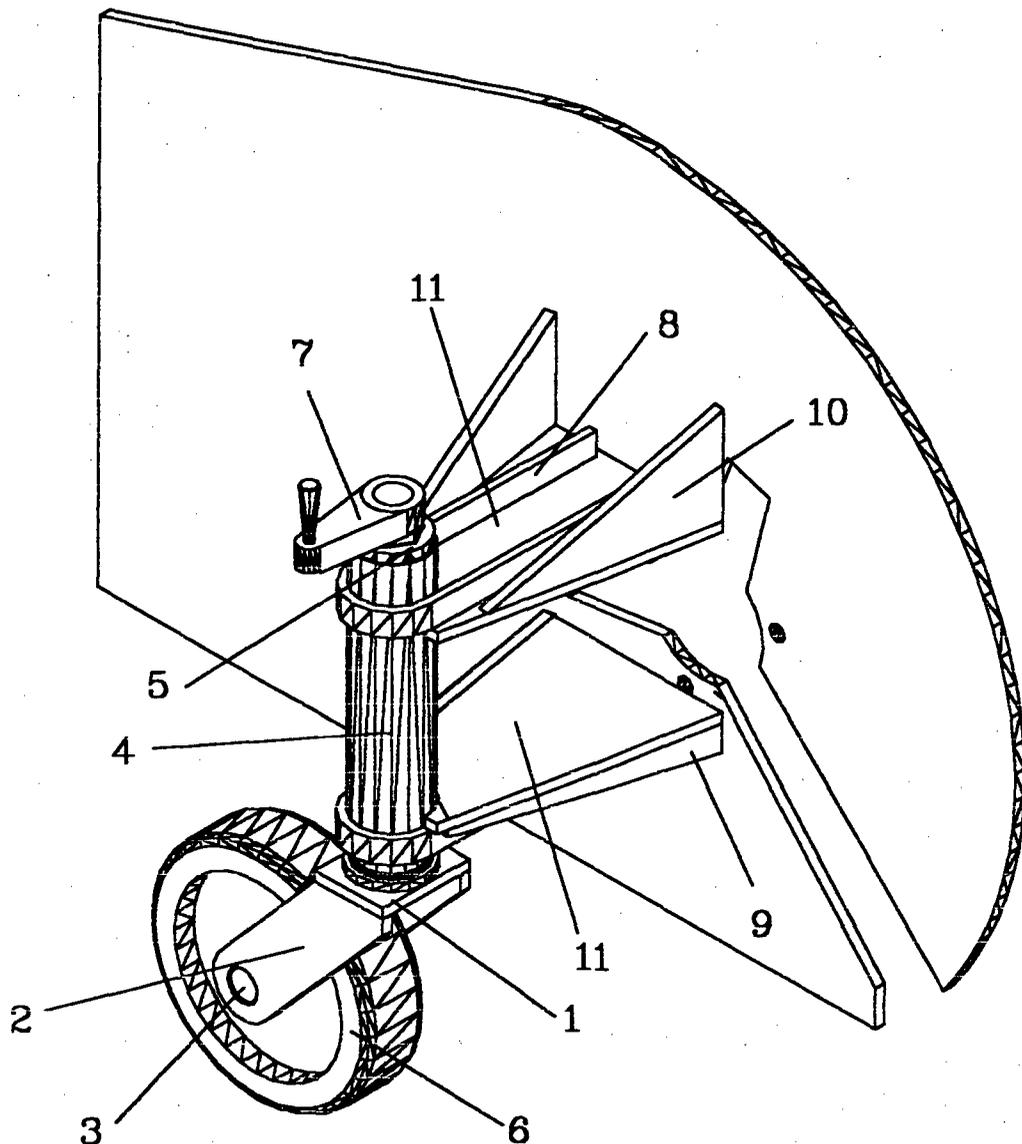
ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

Conj. Sist. Esticador de Corrente

LP

PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

NOME	Rodrigo F.	DES Nº	4.27
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:1			



11	Apoio superior da roda	02	Aço ABNT 1020	Des. 5.08
10	Reforço superior	04	Aço ABNT 1020	Des. 5.08
9	Reforço inferior	04	Aço ABNT 1020	Des. 5.08
8	Braço de reforço	04	Aço ABNT 1020	Des. 5.08
7	Manípulo	02	—	Adquirido
6	Roda	02	—	Adquirido
5	Porca de fixação	02	Aço ABNT 1020	Des. 5.04
4	Conjunto tubo roscado	02	Aço ABNT 1020	Des. 5.02
3	Eixo da roda	02	Aço ABNT 1020	Des. 5.05
2	Apoio lateral da roda	04	Aço ABNT 1020	Des. 5.05
1	Chapa de suporte	02	Aço ABNT 1020	Des. 5.05
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

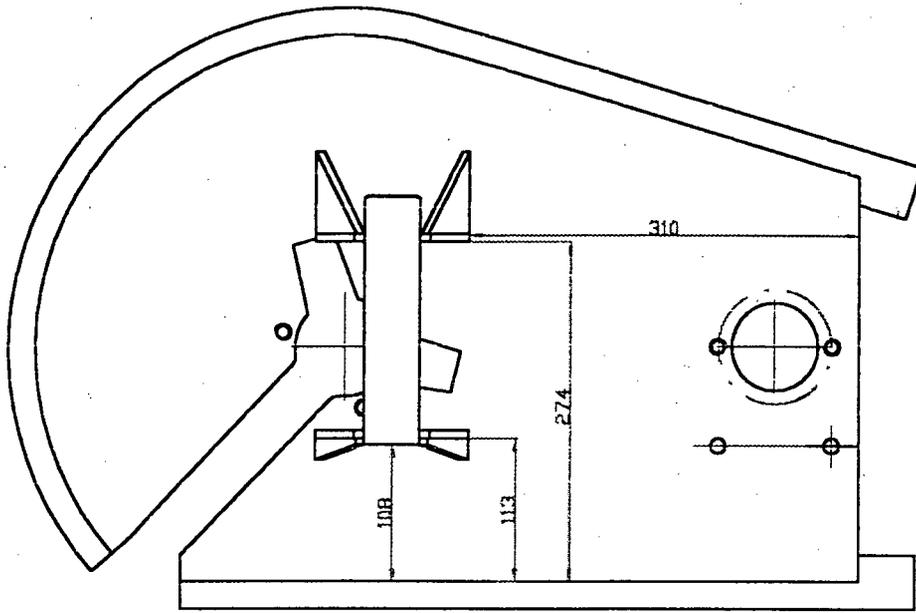
SIST. DE REGULAGEM DE ALTURA
VISTA EM PERSPECTIVA



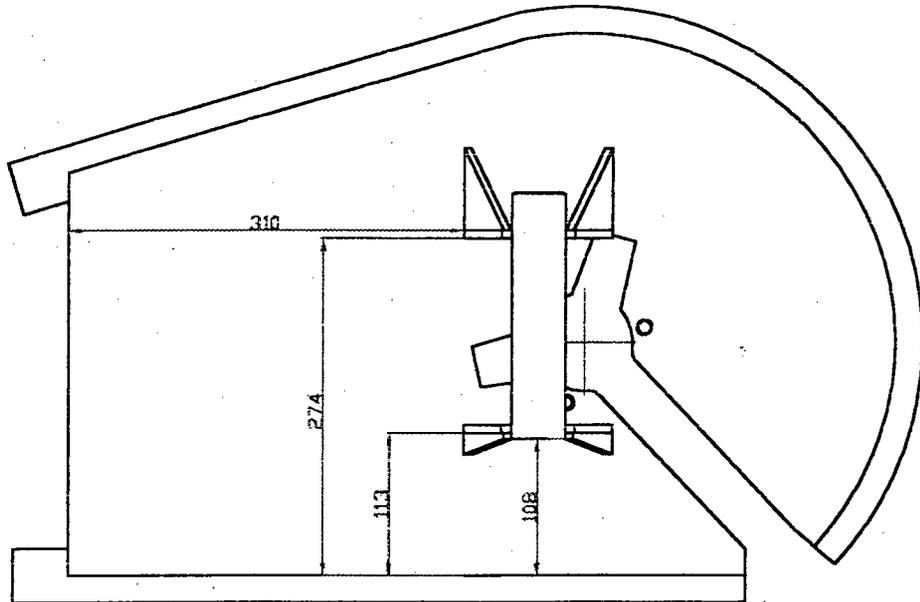
PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

NOME	MARCOS	DES N°	5.00
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:5			

01



02



02	Posição do conjunto de apoio direito	-	-	-
01	Posição do conjunto de apoio esquerdo	-	-	-
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

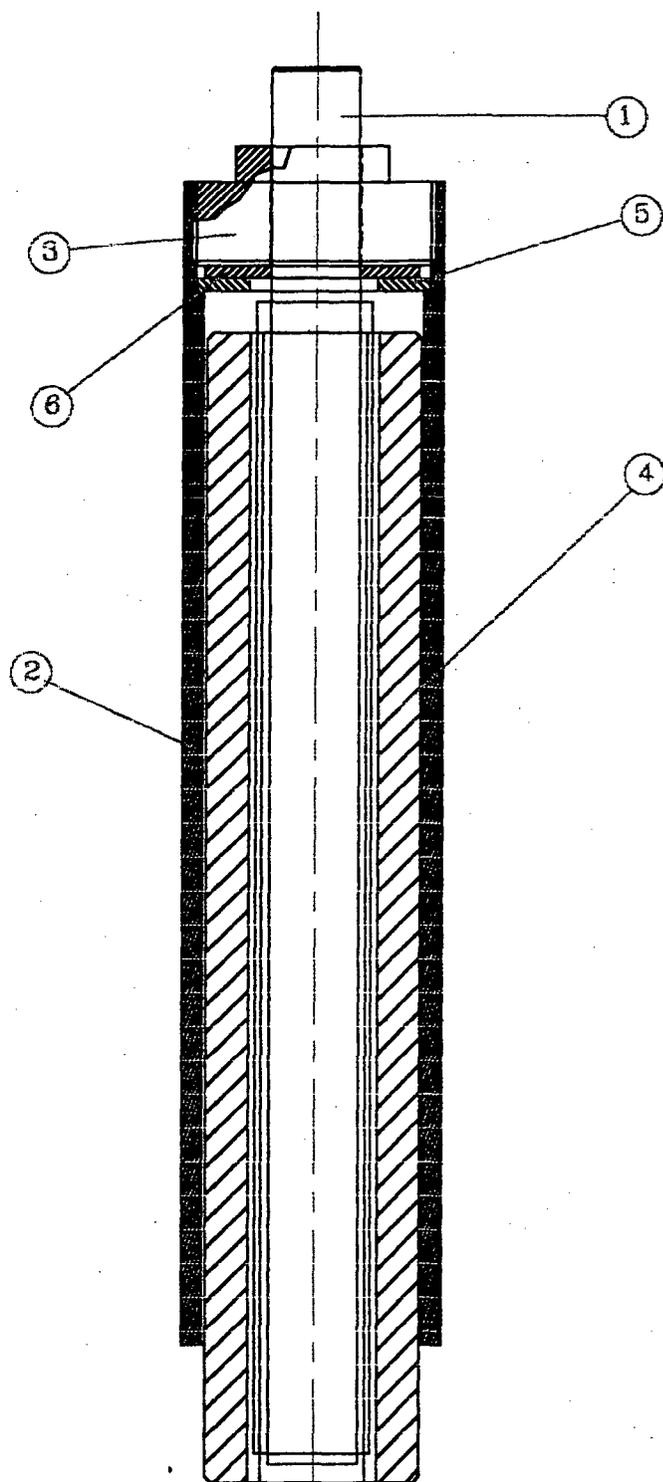
UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO



PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

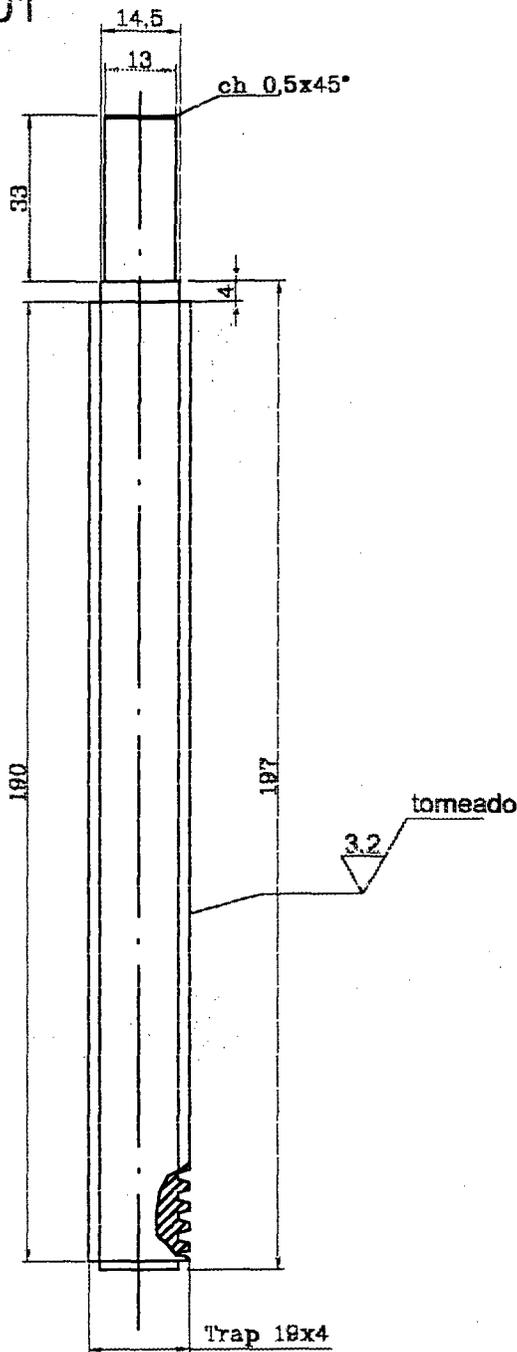
NOME	Castaldo	DES N°	5.01
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:6			



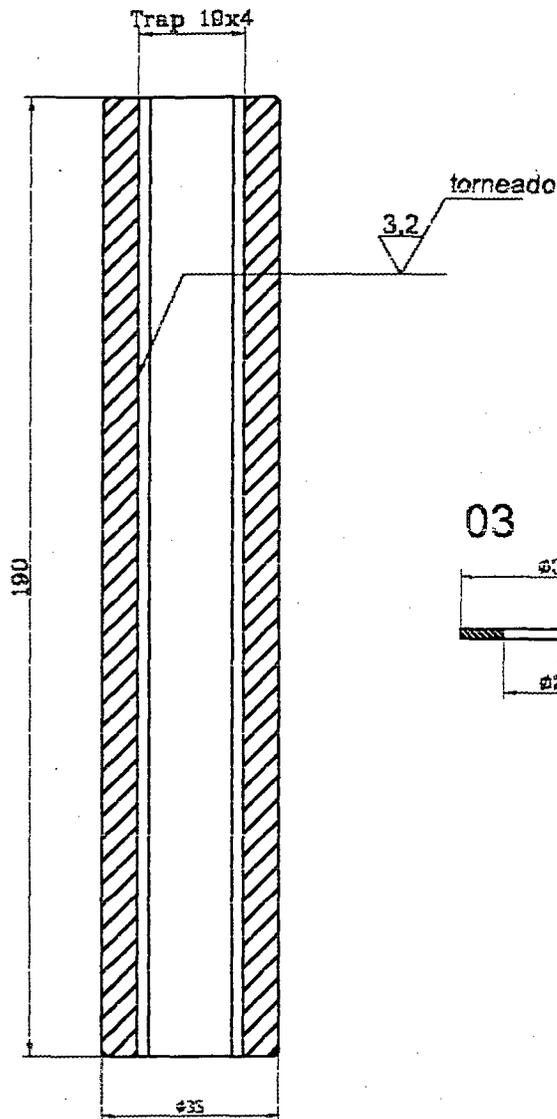
06	Arruela de encosto superior	02	aço ABNT 1020	des. 5.03
05	Arruela de encosto inferior	02	aço ABNT 1020	des. 5.04
04	Luva	02	aço ABNT 1020	des. 5.03
03	Porca de fixação	02	aço ABNT 1020	des. 5.04
02	Tubo de montagem	02	aço ABNT 1020	des. 5.04
01	Fuso	02	aço ABNT 1020	des. 5.03
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

	UFSC ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO PICADOR DE COBERTURA VEGETAL	Corte total do conjunto tubo roscado			
		NOME	Marcos	DES N°	5.02
		DATA	04/98	UNIDADE	mm
		ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
		1:1,25			

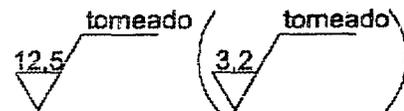
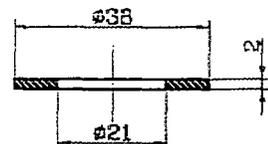
01



02



03



03	Arruela de encosto superior	02	aço ABNT 1020	-
02	Luva	02	aço ABNT 1020	-
01	Fuso	02	aço ABNT 1020	-
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

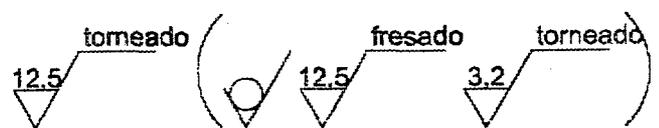
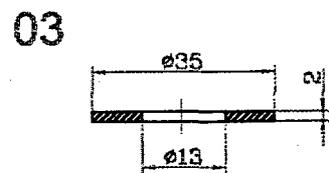
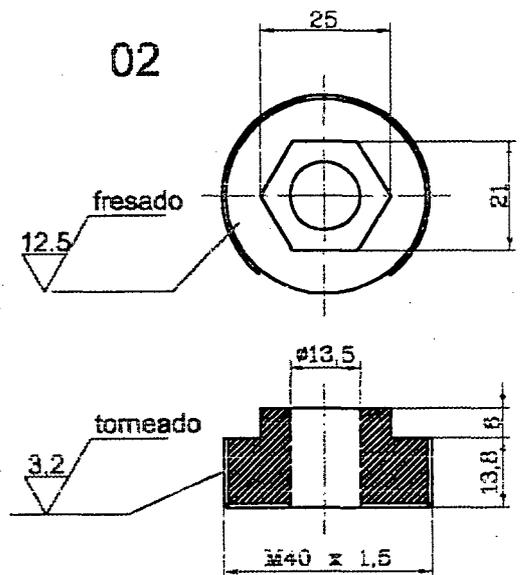
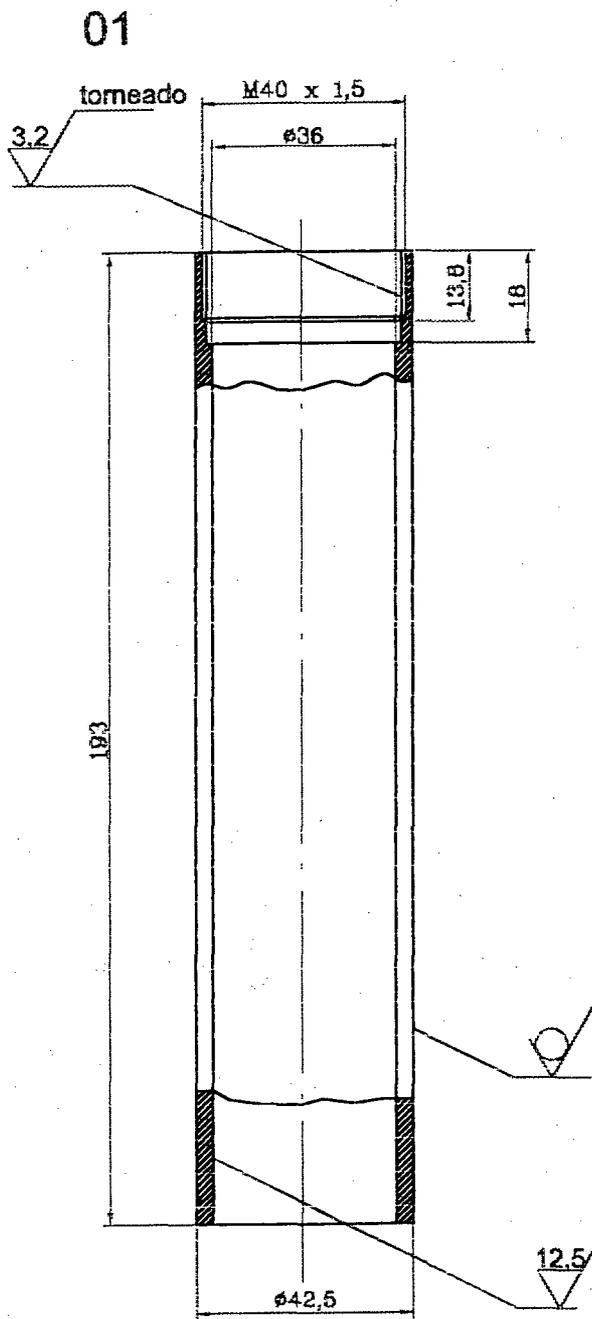
UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

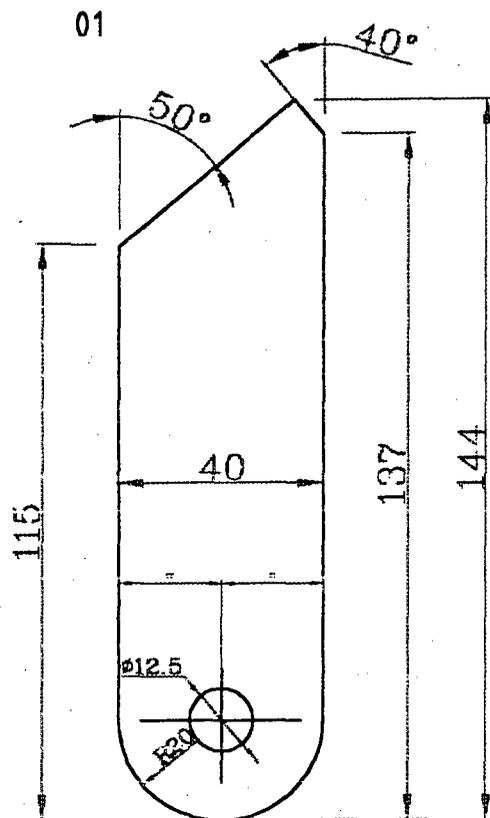


PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

NOME	Marcos	DES N°	5.03
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:1,5			

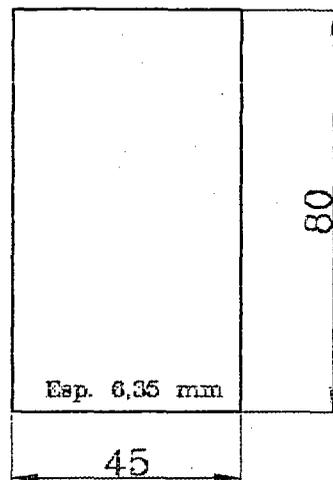


01	Tubo de montagem	02	aço ABNT 1020	-		
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UFSC			ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO			
LP	PICADOR DE COBERTURA VEGETAL		NOME	Marcos	DES N°	5.04
			DATA	04/88	UNIDADE	mm
			ESCALA	1:1,5	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10

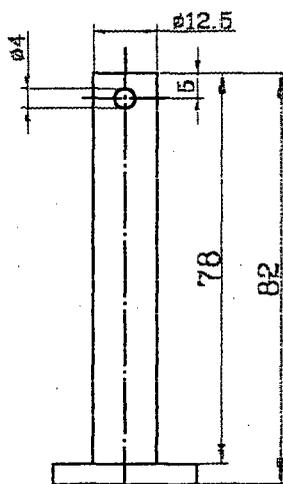


Esp. 6,35 mm

02



03



torneado
12.5

03	Eixo da roda	02	aço ABNT 1020	-
02	Chapa de suporte da roda	02	aço ABNT 1020	-
01	Apoio lateral da roda	04	aço ABNT 1020	-
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

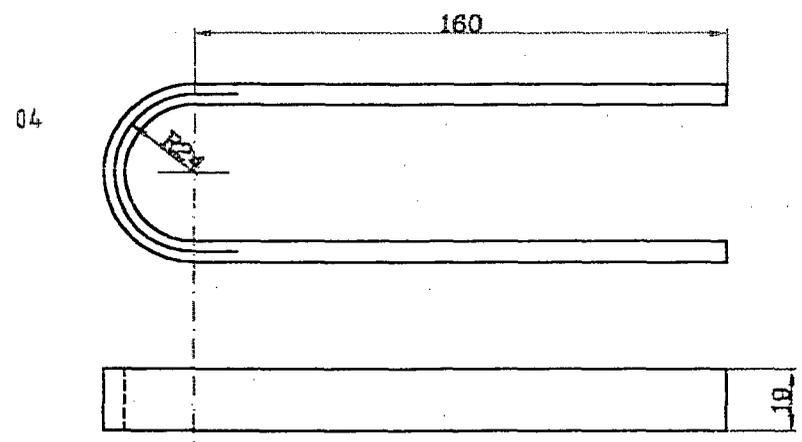
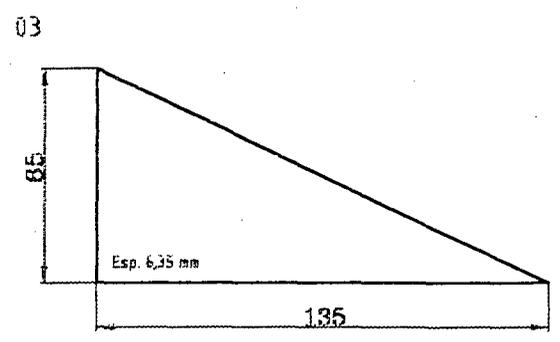
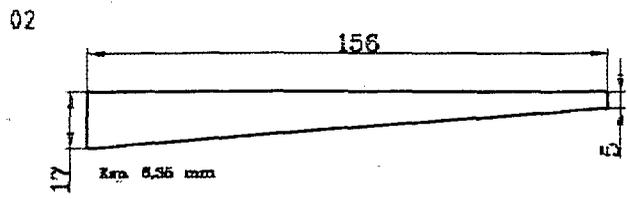
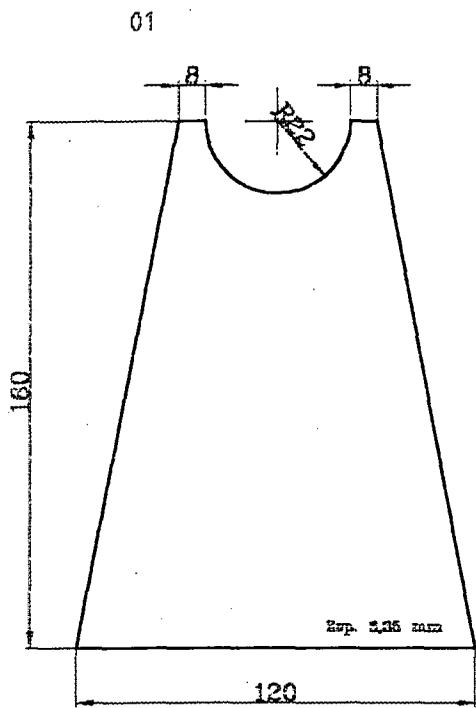
UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

LP

PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

NOME	Marcos	DES N°	5.05
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:1			



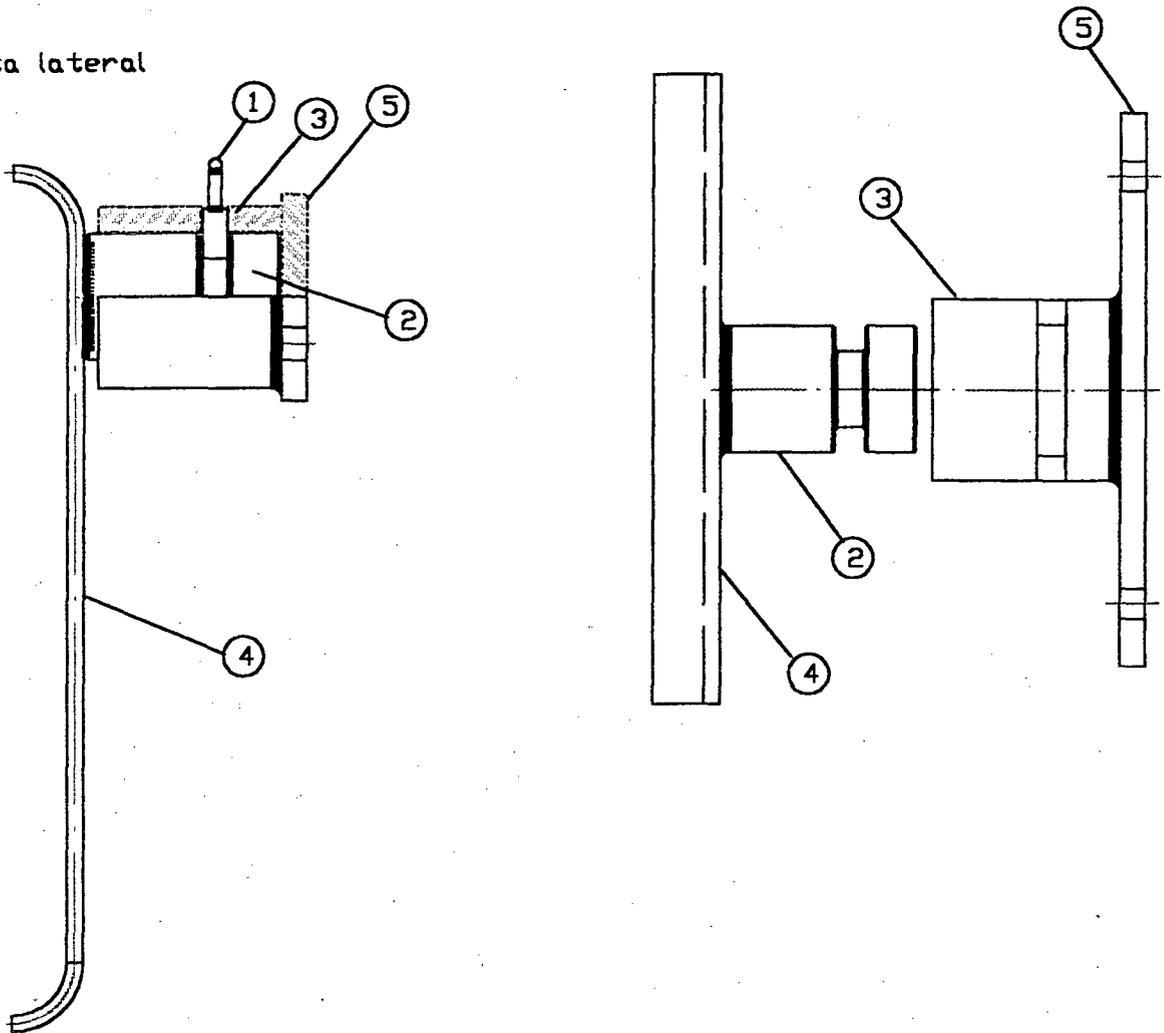
04	Braço de reforço	04	aço ABNT 1020	-
03	Reforço superior	04	aço ABNT 1020	-
02	Reforço inferior	04	aço ABNT 1020	-
01	Apelo superior/inferior da roda	04	aço ABNT 1020	-
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

	UFSC ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO PICADOR DE COBERTURA VEGETAL	NOME	Marcos	DES N°	5.06	
		DATA	04/98	UNIDADE	mm	
		ESCALA	1:2	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	

Vista superior

(Detalhe de fixação do pino à chapa traseira, e da luva à chapa suporte)

Vista lateral



05	Chapa suporte	01	aço ABNT 1020	des. 6.02
04	Chapa traseira	01	aço ABNT 1020	des. 6.02
03	Luva	01	aço ABNT 1020	des. 6.01
02	Pino de engate	01	aço ABNT 1020	des. 6.01
01	Trava	01	aço ABNT 1020	des. 6.01
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

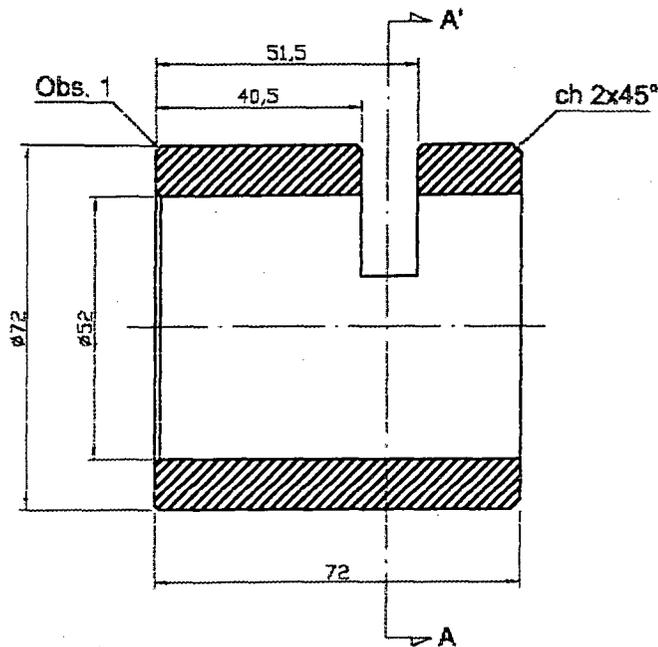
Conj. sistema de engate



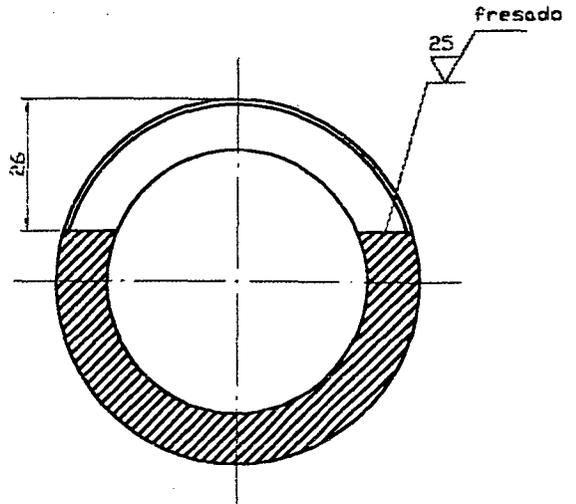
PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

NOME	Rodrigo	DES N°	6.00
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:2,5			

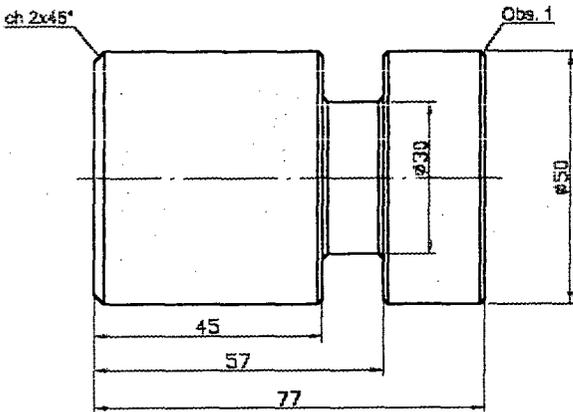
01



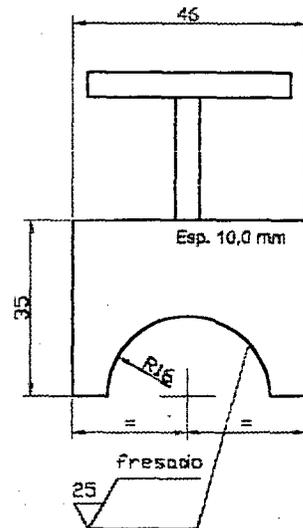
Corte AA'



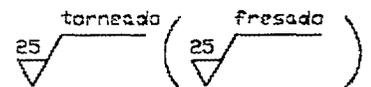
02



03



Obs. 1: chanfrar cantos a 1x45°



PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
03	Trava	01	aço ABNT 1020	-
02	Pino de engate	01	aço ABNT 1020	-
01	Luva de engate	01	aço ABNT 1020	-

UFSC

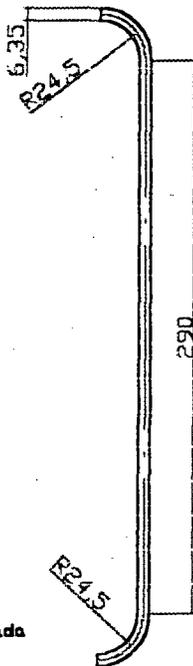
ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

LP

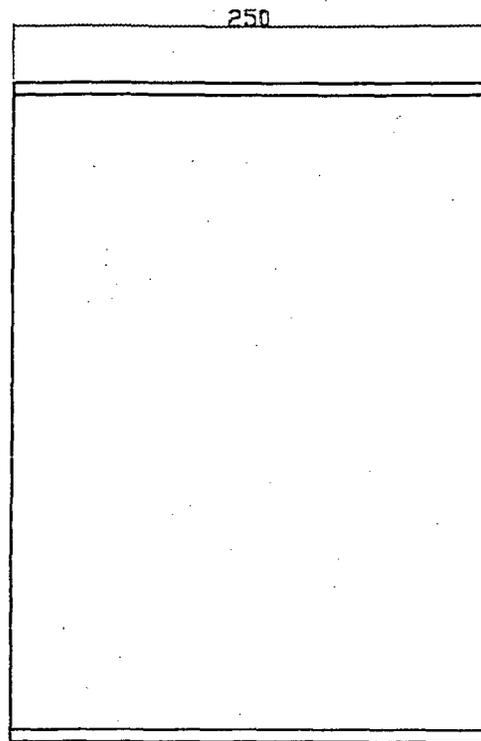
PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

NOME	Castaldo	DES N°	6.01
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:1,5			

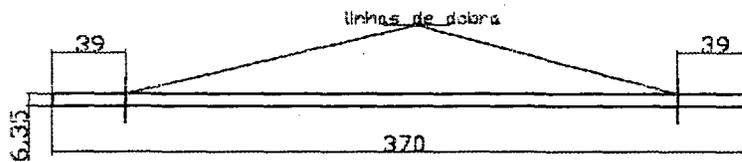
01



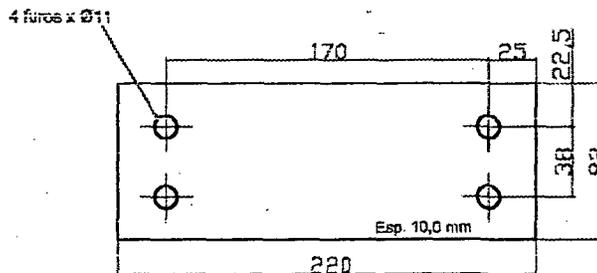
Peça conformada



Peça desenvolvida



02



02	Chapa suporte	01	aço ABNT 1020	-
01	Chapa traseira	01	aço ABNT 1020	-
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

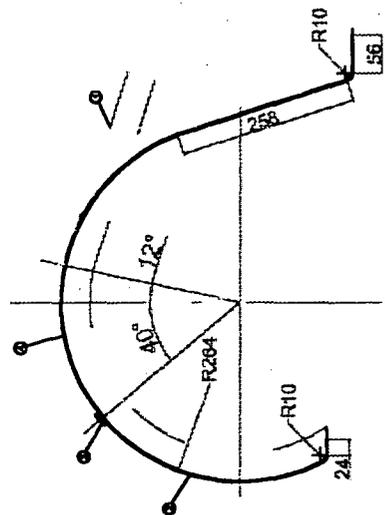
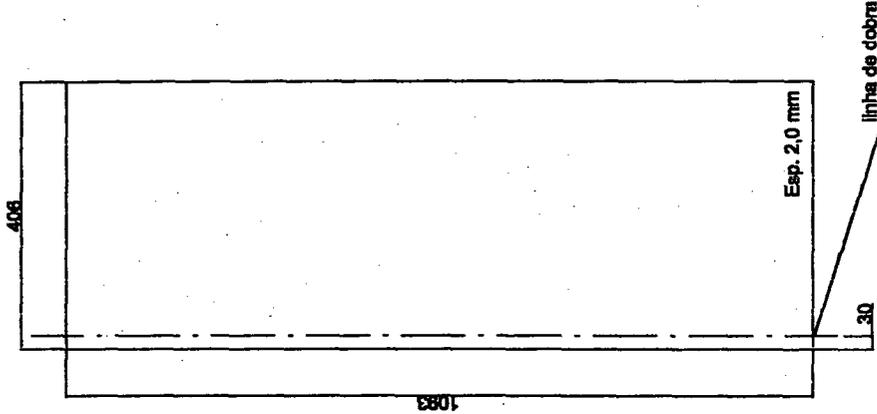
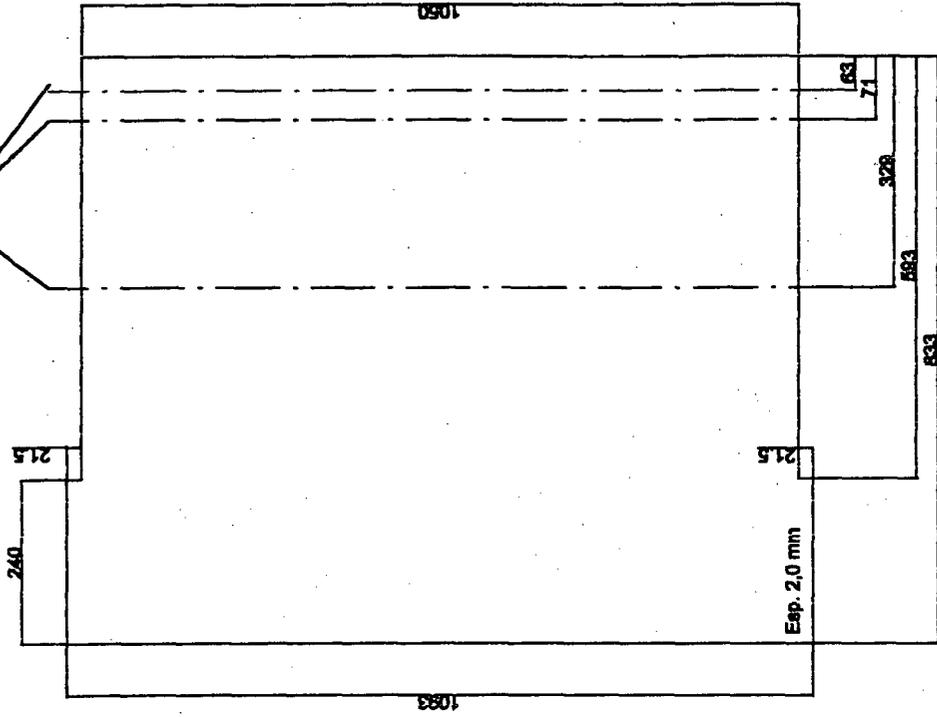
ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

Lp

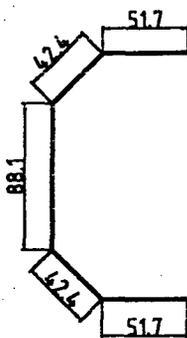
PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

NOME	Castaldo	DES N°	6.02
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:2,5			

linha de dobra

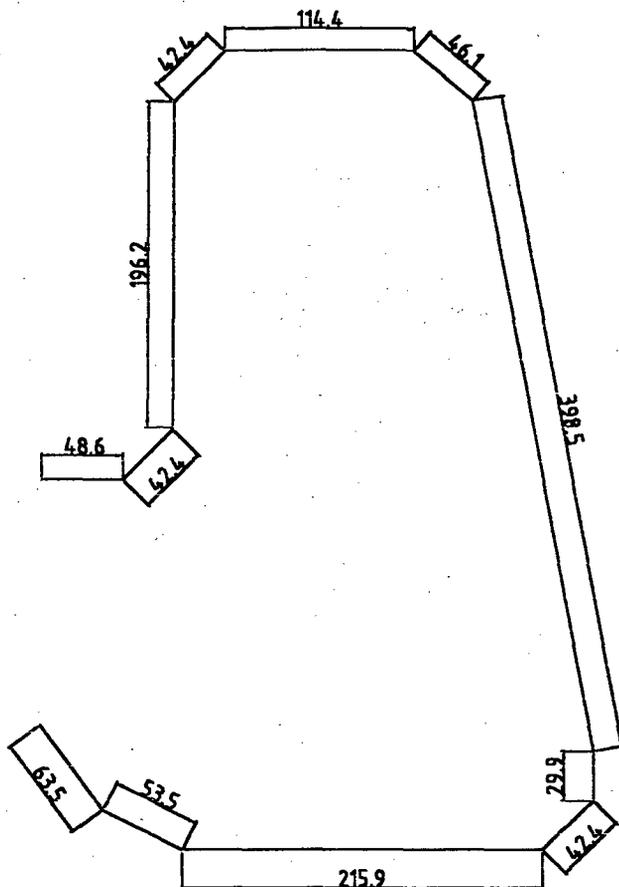


04	chapa de proteção fixa	01	epo ABNT 1020		
03	dobradilha	08		edgafib	
02	chapa de proteção móvel	01	epo ABNT 1020		
01	estrutura superior				
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO	
UFSC ENGENHARIA MECÂNICA LABORATORIO DE PROJETO					
LP PICADOR DE COBERTURA VEGETAL					
NOME	Marcon	DES Nº	7.01		
DATA	04/08	UNIDADE	mm		
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10			
	1:8				



Chapa de aço: 276 x 150 x 1 mm

01



Chapa de aço: 1296 x 150 x 1 mm

02

02	Chapa lateral maior	01	aço ABNT 1020	-
01	Chapa lateral menor	01	aço ABNT 1020	-
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATORIO DE PROJETO

LP

PICADOR DE COBERTURA VEGETAL

NOME	Marcos	DES Nº	7.02
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
-			