

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE COLHEDORA DE FORRAGENS ACOPLÁVEL  
A TRATORES DE RABICAS

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

FERNANDO ANTONIO FORCELLINI


MARÇO - 1989


11

DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE COLHEDORA DE FORRAGENS ACOPLÁVEL  
A TRATORES DE RABIÇAS

FERNANDO ANTONIO FORCELLINI

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA PARA A OBTENÇÃO DO  
TÍTULO DE MESTRE EM ENGENHARIA ESPECIALIDADE ENGENHARIA  
MECÂNICA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO PROJETO MECÂNICO E APROVADA  
EM SUA FORMA FINAL PELO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Arno Blass, Ph.D.  
Coordenador

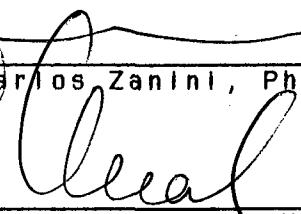
  
\_\_\_\_\_  
Prof. Nelson Back, Ph.D.  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Longuinho C. M. Leal, Msc.  
Co-orientador

APRESENTADA PERANTE A BANCA EXAMINADORA COMPOSTA DOS  
PROFESSORES

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Nelson Back, Ph.D.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. José Carlos Zanini, Ph.D.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Longuinho C. M. Leal, Msc.

Dedico a minha família,  
pelo constante apoio e  
incentivo nesta jornada.

## AGRADECIMENTOS

Em especial aos professores Nelson Back e Longuinho da Costa M. Leal pela orientação, pelo apoio nos momentos difíceis, pelo exemplo e incentivo.

Aos amigos Blase Faraco Neto e Roberto Dias de Andrade pelo apoio na fabricação do protótipo e confecção dos desenhos do presente trabalho, respectivamente.

Aos amigos Eduardo (Mineiro) e Mauricio pela amizade e incentivo.

Aos colegas do Laboratório de Projeto pela amizade e companherismo.

A turma do "Mar de Lama" pelas horas de descontração proporcionadas.

A Fundação Banco do Brasil pelo apoio financeiro concedido para a execução do projeto.

A CAPES pela bolsa de estudos.

A UFSC por tornar possível a realização deste trabalho.

## ÍNDICE

RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	viii
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO .....	1
CAPÍTULO II - ANÁLISE DE CONCEPÇÕES DE COLHEDORAS DE FORRAGENS .....	5
2.1 - Introdução .....	5
2.2 - Concepções existentes de máquinas colhedoras de forragem .....	6
2.2.1 - Tipo Mengele I .....	7
2.2.2 - Tipo Mengele II .....	9
2.2.3 - Tipo International .....	10
2.2.4 - Tipo Fahr .....	11
2.2.5 - Tipo Pottinger .....	13
2.2.6 - Tipo KHD .....	15
2.2.7 - Tipo WK .....	16
2.2.8 - Tipo Jumli .....	18
2.2.9 - Tipo Penha .....	19
2.2.10 - Tipo Nogueira .....	20
CAPÍTULO III - PRINCIPAIS PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM O PROJETO DE COLHEDORAS DE FORRAGENS .....	23
3.1 - Introdução .....	23
3.2 - Características do material .....	23
3.3 - Corte .....	26
3.4 - Transporte .....	27
3.5 - Alimentação .....	28
3.6 - Picotamento .....	29
3.7 - Descarga do material picotado .....	36

CAPÍTULO IV - DESENVOLVIMENTO DE CONCEPÇÕES .....	47
4.1 - Introdução .....	47
4.2 - Construção da Matriz Morfológica .....	47
4.3 - Obtenção de concepções utilizando a matriz morfológica .....	53
4.4 - Descrição geral da solução .....	57
CAPÍTULO V - PROJETO PRELIMINAR DO PROTÓTIPO .....	63
5.1 - Introdução .....	63
5.2 - Projeto preliminar .....	63
CAPÍTULO VI - PROJETO DETALHADO DO PROTÓTIPO .....	77
6.1 - Introdução .....	77
CAPÍTULO VII - CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO .....	87
7.1 - Introdução .....	87
CAPÍTULO VIII - TESTES E REPROJETO .....	100
8.1 - Primeira fase de testes .....	100
8.2 - Fase de reprojeto inicial e testes de Laboratório .....	101
8.3 - Fase final de testes .....	106
CAPÍTULO IX - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	111
9.1 - Introdução .....	111
9.2 - Comparação dos requisitos de projeto com os resultados obtidos .....	111
9.3 - Sugestões para melhoramentos no protótipo .....	113
9.4 - Conclusões .....	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	116
ANEXO I .....	119

## RESUMO

O presente trabalho trata do desenvolvimento, construção e teste do protótipo de uma máquina colhedora de forragens, destinada a pequenos produtores rurais.

Na fase inicial do trabalho foi efetuado um levantamento bibliográfico com o objetivo de identificar e analisar diferentes concepções de máquinas e os respectivos parâmetros, com a finalidade de formar uma base para o projeto e dimensionamento de colhedoras de pequeno porte. Com base neste estudo e adotando o método da matriz morfológica foi desenvolvida uma concepção de colhedora de forragens acoplável a tratores de rabiças, na qual procurou-se obter uma solução de baixo peso, e de fácil fabricação e manutenção.

No trabalho, além do desenvolvimento da concepção, tem-se também, descritas, a fase do projeto detalhado, a construção do protótipo e os testes de desempenho com os resultados obtidos.

**ABSTRACT**

This work presents the development, construction and the test of the prototype of a forrage - harvester, to be used by small farms.

At the initial part of the work a review of the bibliography, is made with the objective to identify and analyze different conceptions of machines and their parameters, with the aim to form a base for the design and dimensioning of small harvesters. Based on this study and using the morphological matrix method, was developed the design of a forrage - harvester to be hitched to two - wheel tractor, pursuing a solution with minimum weight, and of easy manufacture and maintenance.

This work presents the description of the detailed design, the manufacture and testing results of the prototype.



## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil situa-se como oitavo produtor mundial de leite apesar de possuir o terceiro rebanho de gado leiteiro do mundo.

Os pequenos e médios produtores de leite são responsáveis pela maior parte da produção. Suas propriedades possuem, em média, 4 a 8 cabeças de gado, utilizando como alimento básico as plantas forrageiras.

Cada cabeça precisa, para as suas necessidades diárias, cerca de 50kg de forragem. Nestas propriedades, a forragem é colhida manualmente, em seguida é transportada até uma máquina estacionária que serve para picar a forragem. Esta máquina está, geralmente, situada em uma instalação longe da área de plantio da forrageira. Após sofrer o picotamento, a forragem é levada para os cochos de alimentação.

Esta tarefa diária de alimentação é altamente cansativa e, além da grande perda de tempo que acarreta, o tipo de trabalho moroso, sem auxílio mecânico, leva, em muitos casos, a uma progressiva diminuição do corte da forragem, com prejuízo da alimentação adequada do gado e, conseqüentemente, da produção de leite.

Com isto, constata-se que a exploração desta atividade atualmente no Brasil, é considerada semelhante à do período de colonização, contrastando enormemente com a produção de países intimamente ligados ao desenvolvimento tecnológico.

Quanto à disponibilidade de leite por habitante, que pela Organização Mundial de Saúde deve ser de 500

gramas/habitante/dia, foi verificado que, em 1980, tinha-se no Brasil 242 gramas/habitante/dia, valor bem inferior ao mínimo indispensável para a alimentação humana. De acordo com estimativas do Instituto CEPA/SC, o Estado de Santa Catarina vem apresentando uma disponibilidade decrescente de leite a partir de 1980, com 300 g/hab/dia em 1981, 289 g/hab/dia em 1982 e 283 em 1983. Uma das recomendações desse Instituto, visando um abastecimento adequado de leite à população brasileira e catarinense, é de que haja uma alimentação adequada do gado o ano todo, a partir de áreas produtivas e rentáveis.

Um estudo, realizado junto a órgãos especializados e no setor de máquinas colhedoras de forragens, revelou que os equipamentos existentes no mercado não são apropriados ao pequeno produtor, apresentando inconvenientes principalmente no tocante à potência necessária para o acionamento, requerendo um trator de porte médio.

A proposta do presente trabalho é desenvolver um equipamento que reduza a mão-de-obra, o tempo gasto, o esforço dispendido e, conseqüentemente, aumente a produtividade de leite nas pequenas propriedades. Desta maneira, o equipamento a ser desenvolvido deverá ser de pequeno porte e baixo custo, efetuar o corte da forragem e seu transporte até o dispositivo de picotamento, realizar o picotamento e transportar a forragem até uma carreta. Essa máquina deverá ser facilmente acoplável a tratores de rabiças, já existentes, com grande frequência, nas pequenas propriedades.

Concluindo, a máquina em questão deverá cumprir uma série de requisitos:

- ter baixo peso;
- ter baixo custo;

- ser acionada por trator de rabiças;
- ser robusta (resistente);
- consumir o mínimo de potência possível, de modo que o trator de rabiças possa transportá-la, acionando-a durante a operação, enquanto reboca a carreta;
- permitir colheita e picotamento de capim elefante, capim napier, milho, sorgo, etc.; desde que plantados em linha;
- efetuar o corte de modo a garantir que a forragem tenha um bom rebrote;
- ser de fácil manutenção;
- não necessitar de mão-de-obra especializada para a execução de reparos.

Com base nestes requisitos, e com o objetivo de suprir as deficiências mencionadas, iniciou-se o desenvolvimento de uma máquina colhedora de forragens de concepção apropriada ao pequeno produtor.

Em um primeiro passo, fez-se um levantamento bibliográfico tomando por base artigos especializados de revistas técnicas, relatórios de pesquisa, catálogos de produtos de fabricantes nacionais e depósitos de patentes no I.N.P.I.

Com estas informações, foi possível reunir no capítulo II, uma coletânea de concepções existentes no país e no exterior, embora todas de grande porte. Este material permitiu, também, uma análise dos principais parâmetros que influenciam o desempenho destas máquinas, os quais foram objetos de estudo do capítulo III.

No capítulo IV, foi construída a Matriz Morfológica para permitir uma fácil visualização de todas as concepções levantadas, das quais duas foram alvo de estudos mais profundos,

possibilitando a seleção final daquela que mais se ajustasse aos requisitos de projeto inicialmente propostos.

No capítulo V, são apresentados aspectos relativos ao projeto preliminar do protótipo. São apresentadas as formas, dimensões e velocidades de operação dos principais dispositivos.

No capítulo VI, são apresentados aspectos relativos ao projeto detalhado do protótipo. Neste capítulo os componentes são selecionados, os materiais especificados, os processos de fabricação e as dimensões dos elementos são estipuladas.

O capítulo VII refere-se a construção do protótipo, onde são apresentadas informações e justificativas para o uso de determinados aspectos construtivos.

O capítulo VIII trata da descrição dos testes realizados no protótipo, das modificações feitas e da análise dos resultados obtidos.

No capítulo IX, são apresentadas as conclusões do trabalho e as recomendações de melhoramentos a serem desenvolvidos no protótipo.

## CAPTULO II

## ANÁLISE DE CONCEPÇÕES DE COLHEDORAS DE FORRAGEM

## 2.1- Introdução

Neste capítulo, serão apresentadas várias concepções de máquinas colhedoras de forragem de grande e médio porte encontradas na literatura, em patentes levantadas junto ao I.N.P.I. e em catálogos de fabricantes. Estas informações servirão de base à determinação dos parâmetros de projeto, visando a construção de um protótipo e, conseqüentemente, para a definição da concepção mais adequada.

O objetivo principal deste projeto é desenvolver um protótipo com características semelhantes às concepções já existentes, mas que tenha um porte menor e que requeira menos potência para o seu acionamento.

O princípio de funcionamento destas máquinas baseia-se numa seqüência de operações que começa no corte da planta e termina com a colocação da forragem picotada em um lugar apropriado.

Após a planta ser cortada, é conduzida para um dispositivo que efetua o picote, sendo, em seguida, o material picotado conduzido para um local fora da máquina, numa seqüência de operações como mostra a fig. 2.1.

Cada operação efetuada por este tipo de máquina é de responsabilidade de um dispositivo distinto. A gama de concepções de máquinas existentes apresenta para as operações acima

descritas, vários tipos de dispositivos.

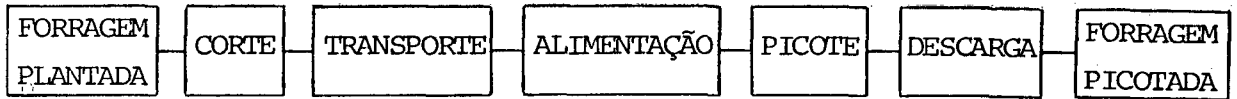


Fig. 2.1- Sequência de operações de uma colhedora de forragens

Existe uma variedade de formas construtivas de cada dispositivo sendo o de picote considerado o de maior importância. Isto é justificado, porque é o dispositivo de picote que requer a maior fatia da potência total requerida para a máquina. Além disso, influencia parâmetros de outros dispositivos, especialmente o de alimentação da cultura e o dispositivo de descarga do material picotado.

## 2.2- Concepções existentes de Máquinas Colhedoras de Forragem.

Para o estudo de concepções existentes, foram escolhidas aquelas máquinas que melhor representassem os tipos comumente utilizados no Brasil e no exterior, além de alguns tipos construtivos de uso não tão difundido, mas de interesse para o presente trabalho.

Estas concepções serão descritas conforme a seguinte listagem:

Colhedora de forragens Karl Mengele & Sohne - "Mengele I";

Colhedora de forragens Karl Mengele & Sohne - "Mengele II";

Colhedora de forragens International Harvester Company -  
"International";

Colhedora de forragens Fahr AG - "Fahr";

Colhedora de forragens Alois Pottlinger Ong - "Pottlinger";

Colhedora de forragens Klöckner - Humboldt - Deutz - AG - "KHD";

Colhedora de forragens Wilhelm Kemper KG - "WK";

Colhedora de forragens Justino de Moraes, Irmãos - "Jumli";

Colhedora de forragens Companhia Penha de Maquinas Agrícolas -  
"Penha";

Colhedora de forragens Irmãos Nogueira - "Nogueira".

### 2.2.1- Tipo Mengele I

Esta concepção, conforme a fig. 2.2, é uma máquina de grande porte, dotada de uma plataforma 1, capaz de colher quatro linhas de cultura simultaneamente.

O corte é feito através de facas alternativas 2, posicionadas na parte dianteira inferior da plataforma 1, possuindo a mesma inclinação desta última. Após o corte, a forragem é transportada numa trajetória oblíqua ascendente, pelas correntes com ganchos 3.

As correntes 3 são acionadas por rodas dentadas 4 que, por sua vez, são acionadas por conjuntos de pares de engrenagens cônicas 5.

O material cortado é transportado para um transportador helicoidal 6 que, juntamente com as pás dentadas 7, conduzem o material para os rolos alimentadores 8 e 9 situados atrás do transportador helicoidal.

Os rolos alimentadores encarregam-se de adensar e direcionar o material para o dispositivo de picotamento 10.

O dispositivo 10 é constituído de um cilindro semelhante a um ventilador SIROCO, onde ao invés das palhetas existem lâminas de corte. Este dispositivo, além de picotar a forragem, faz o transporte do material picotado para fora da máquina por centrifugação. Esta máquina necessita de um trator de grande porte para o seu acionamento.

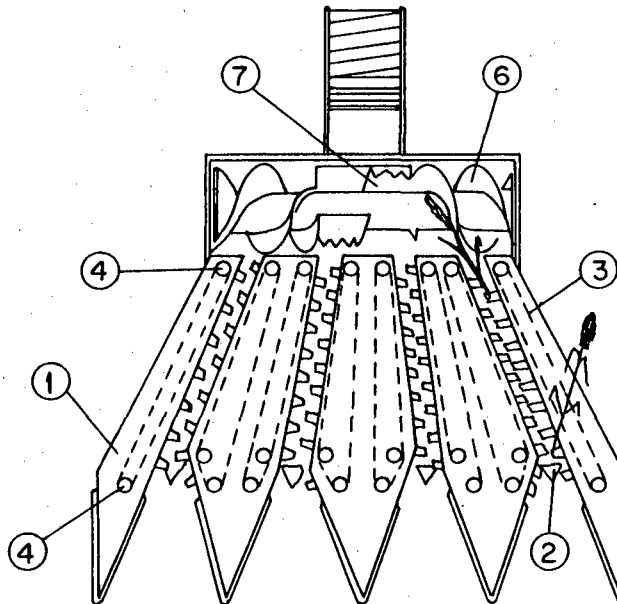


Fig. 2.2 - Vista frontal do tipo Mengele I [1].

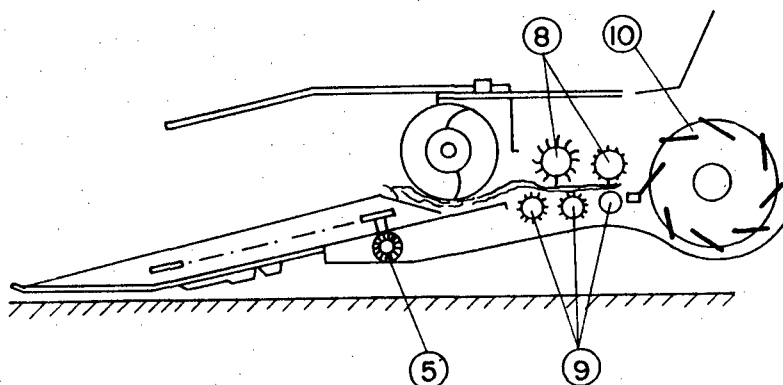


Fig.2.3- Vista lateral do tipo Mengele [1].



### 2.2.2- Tipo Mengele II

Esta máquina é compacta, colhendo apenas uma linha de cultura por vez (fig. 2.4 e 2.5). A máquina em movimento direciona a planta para o corte através das guias 1 e 2. No final das guias a planta é encaixada nas ranhuras do cone 3. A planta

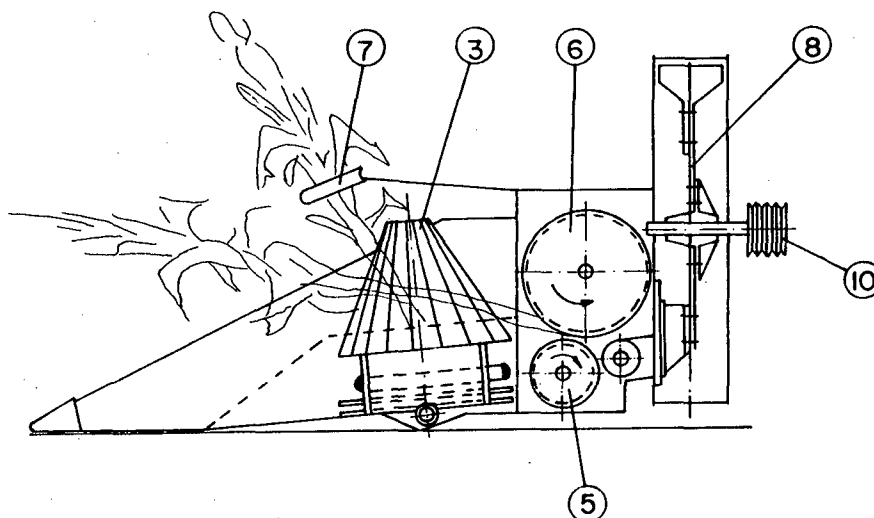


Fig. 2.4- Vista lateral do tipo Mengele II [2].

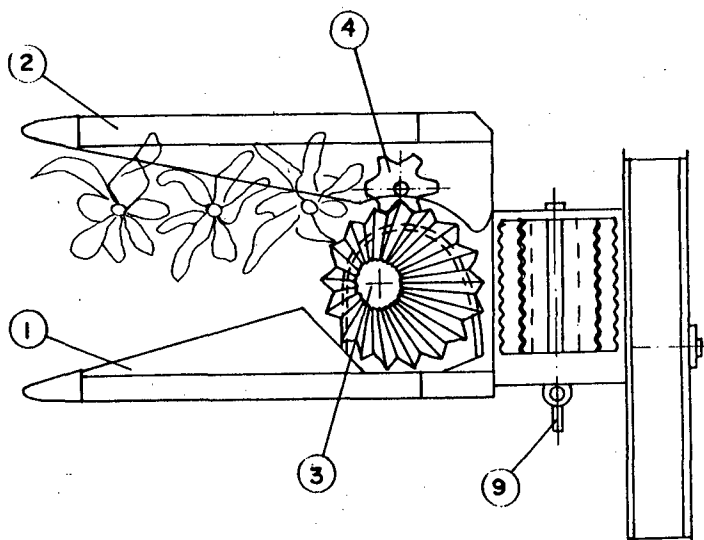


Fig. 2.5- Vista superior do tipo Mengele II [2].

encaixada na ranhura é conduzida até o disco recortado 4, tendo seu movimento sincronizado com o do cone, de modo que o caule da

planta alojado numa determinada ranhura se encaixa num dos recortes do disco e é cortado por sua lâmina devido ao giro simultâneo ao do cone.

A planta cortada continua encaixada no cone devido à existência de uma chapa horizontal situada na altura do disco 4, que possibilita que a planta seja levada até a entrada dos rolos alimentadores 5 e 6. Ao chegar nesta posição a planta já está tombada pela ação do aparador 7. A planta é, então, conduzida para o dispositivo de picotamento 8. Este dispositivo é constituído de um volante rotativo dotado de quatro navalhas e quatro pás distintas. Após efetuar o picotamento, este dispositivo transporta por centrifugação o material para fora da máquina.

Esta máquina possui duas entradas distintas de movimento. A primeira é através do eixo cardã 9, responsável pelo acionamento do cone ranhurado, do disco recortado e os rolos alimentadores. A segunda é pelas correias trapezoidais 10, que acionam somente o dispositivo de picotamento.

### 2.2.3- Tipo International

Esta máquina, mostrada na Fig. 2.6, possui a plataforma 1, que pode ter a sua altura regulada através do dispositivo 2. A plataforma é responsável pelo corte através das navalhas 3 e do transporte da planta cortada pelos rolos inclinados 4 e 5. Estes rolos conduzem a planta cortada até os rolos alimentadores 6 e 7. Os rolos alimentadores são interligados através de um mecanismo articulado de quatro barras 8. Este mecanismo possibilita que os rolos alimentadores acompanhem as mudanças de altura da plataforma 1, favorecendo a entrada da planta cortada. Esses

rolos adensam a planta, fazem sua fixação, bem como, sua alimentação para o dispositivo de picotamento 9. Este dispositivo é constituído de um rotor cilíndrico 10, dotado de seis navalhas.

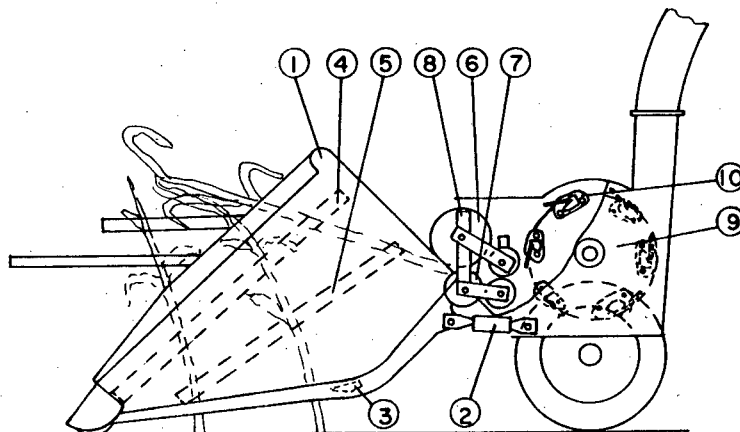


Fig. 2.6- Vista lateral do modelo International [3].

Além de picotar a planta, este dispositivo funciona como um centrifugador, fazendo o transporte pneumático do material picotado para fora da máquina.

#### 2.2.4- Tipo Fahr

As figuras 2.7 e 2.8 mostram vistas esquemáticas desta máquina, que tem como principal característica o sentido do fluxo de material dentro da máquina.

Possui dois transportadores helicoidais cônicos de passo variável 1, que são apoiados na parte superior, em alturas diferentes. Possuem um ângulo entre si, cuja finalidade é fazer com que a planta convirja para o dispositivo de corte 2. Este dispositivo é composto de um disco inclinado, com navalhas radiais fixas nele.

Após o corte, a planta chega até as garras 3, montadas no extremo superior dos eixos dos transportadores helicoidais. Estas garras devido à inclinação dos transportadores helicoidais, conduzem a planta cortada para a esteira 4. A esteira é provida de anteparos que ajudam a conduzir a planta numa trajetória ascendente até os rolos alimentadores 5 e 6. O rolo 5 é ranhurado e móvel, enquanto que o rolo 6 é liso e fixo. Estes rolos, além de adensarem as plantas, fazem sua fixação para o picotamento.

O picotamento é feito pelo dispositivo 7, que é um rotor cilíndrico com navalhas 8 montadas tangencialmente. Além do picotamento, este dispositivo faz o transporte do material picotado para fora da máquina.

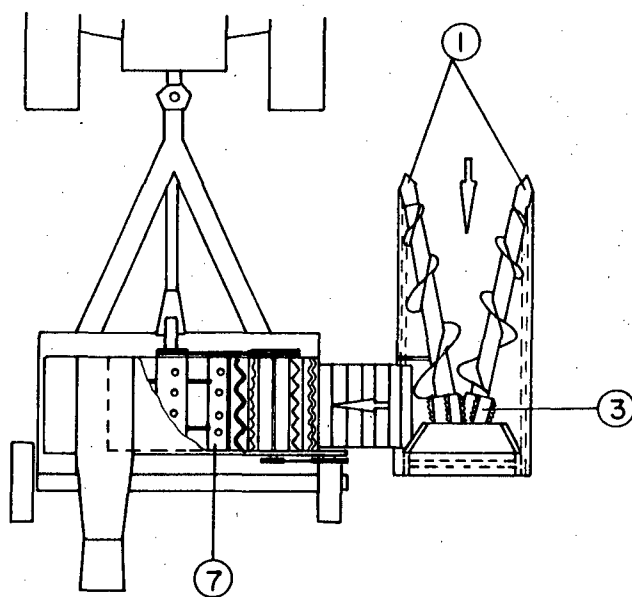


Fig. 2.7 - Vista superior do tipo Fahr [4].

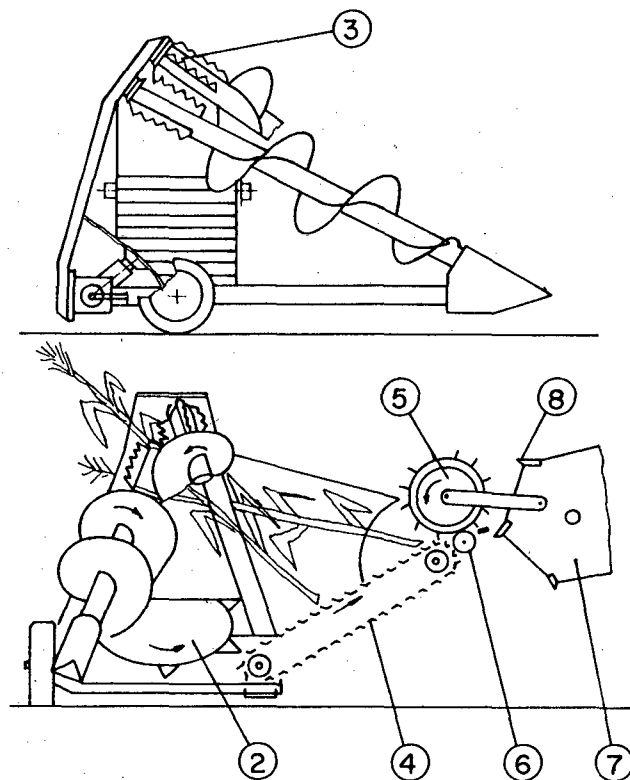


Fig. 2.8 - Vista lateral e frontal do tipo Fahr [4].

#### 2.2.5- Tipo Pottinger

Esta máquina é projetada para colher simultaneamente duas linhas de cultura. É mostrada nas figuras 2.9, 2.10 e 2.11.

Possui sistemas de corte distintos e independentes para cada linha de cultura. O sistema que faz o corte da linha 1 é constituído por um disco liso 7. As plantas desta linha convergem para o cilindro com hastes 6 pela ação das guias 3 e 4. A planta se encaixa entre as hastes do cilindro 6, e é conduzida para ser cortada pelo disco 7. Após o corte, a planta, ainda encaixada no cilindro 6, é levada para os cilindros alimentadores 9 e 10 que se encarregam de alimentar o dispositivo de picote.

As plantas da linha 2 são conduzidas pelas guias 4 e 5 para uma faca alternativa 8, que efetua seu corte. Após cortadas, vão diretamente para os cilindros 9 e 10, empurradas pelas plantas que as seguem, sendo picotadas e descarregadas para fora

da máquina juntamente com o material vindo da linha 1.

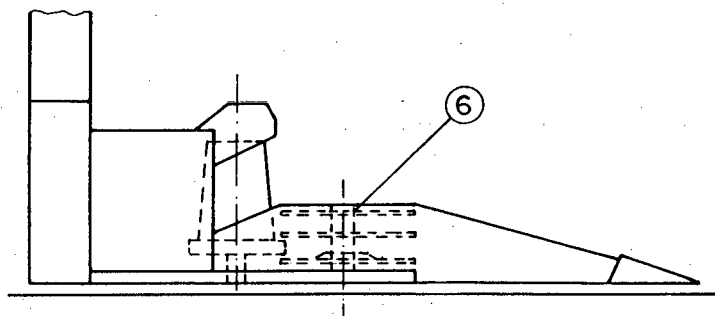


Fig. 2.9- Vista lateral do tipo Pottinger (5).

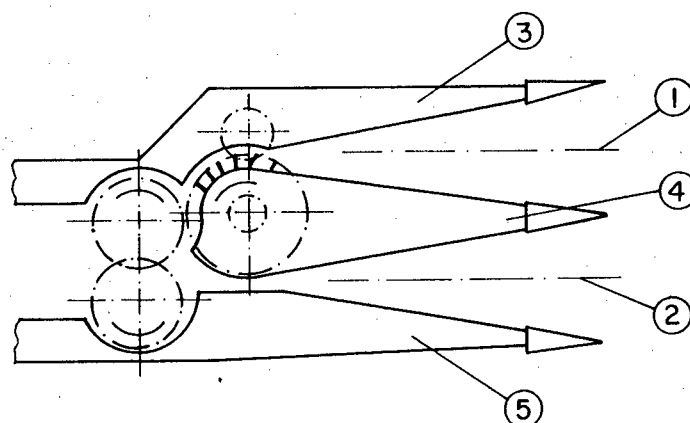


Fig. 2.10 - Vista superior do tipo Pottinger (5).

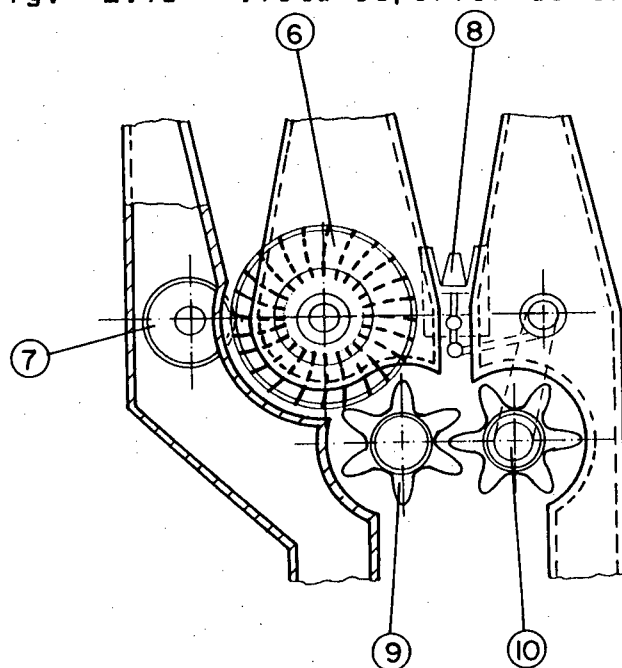


Fig. 2.11 - Vista superior do sistema de corte e alimentação do tipo Pottinger (5).

### 2.2.6- Tipo KHD

Esta máquina é desenvolvida para ser acoplada a tratores de grande porte, possuindo uma plataforma que permite a colheita simultânea de três linhas de cultura.

O dispositivo 1, responsável pelo corte da planta, é igualmente usado para as três linhas. É constituído por dois discos lisos que giram em sentido contrário, como mostra a Fig. 2.12.

Ao sofrer o corte a planta é agarrada pelas correias planas 2. Estas correias são ligadas às correntes 3 por parafusos regularmente espaçados, proporcionando a configuração mostrada na Fig. 2.12.

O acionamento do conjunto formado pelas correias e correntes é feito através das rodas dentadas 4, 5, 6, 7, 8 e 9, que são motrizes. As rodas 10, 11, 12, 13, 14 e 15 giram loucas em seus respectivos eixos. Este conjunto é responsável pelo transporte da planta cortada até os rolos alimentadores 16 e 17.

Após passar pelos rolos alimentadores, a planta é picotada pelo rotor cilíndrico 18 e transportada para fora da máquina.

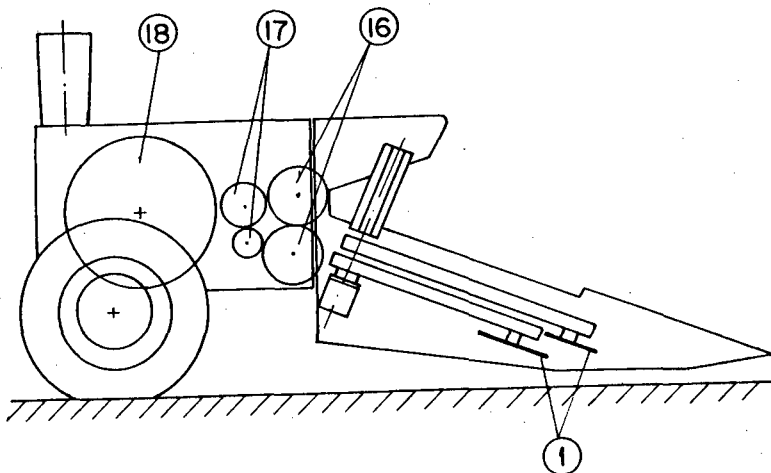


Fig. 2.11 - Vista lateral esquemática do tipo KHD (6).

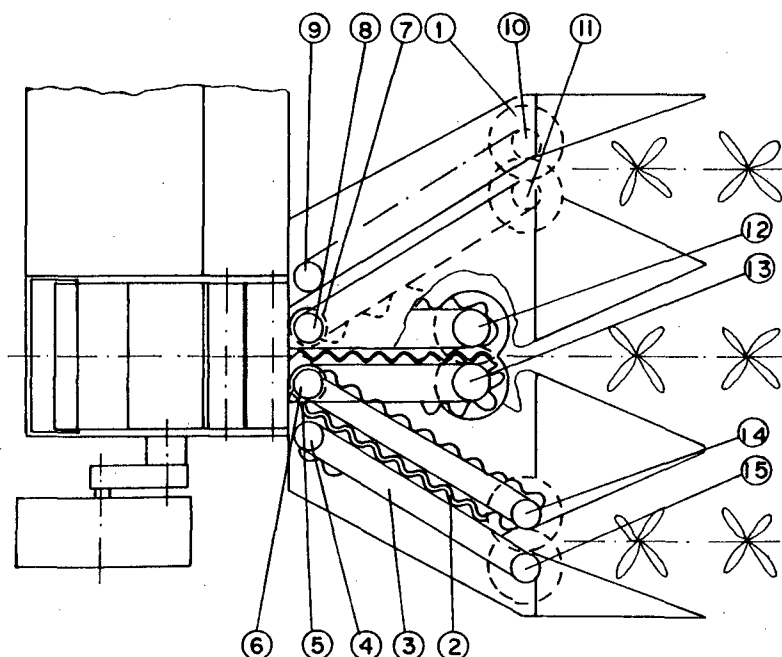


Fig. 2.12 - Vista superior do tipo KHD [6].

#### 2.2.7- Tipo WK

Esta máquina permite a colheita simultânea de duas linhas de cultura. O direcionamento das plantas para o corte é feito por transportadores helicoidais de passo variável 1 e 2, Fig. 2.13.

O corte e o picotamento são efetuados pelo rotor 4. Este rotor está disposto na parte inferior da máquina, e possui as navalhas 5 montadas na sua periferia, que efetuam o corte das plantas quando estas ainda estão sob a ação dos transportadores helicoidais. Montadas radialmente no rotor, estão as navalhas 6 responsáveis pelo picotamento das plantas. Nesta operação, as plantas cortadas pelas navalhas 5 são conduzidas verticalmente para baixo pela ação dos rotores de alimentação 3, montados no mesmo eixo dos transportadores helicoidais.

Após a ação das navalhas 6, o material picotado é



alojado nas pás 7 que ficam abaixo de cada navalha. O material picotado é, então, arremessado para dentro da carcaça do ventilador 8 que, através de uma ação mecânica-pneumática transporta a forragem para fora da máquina.

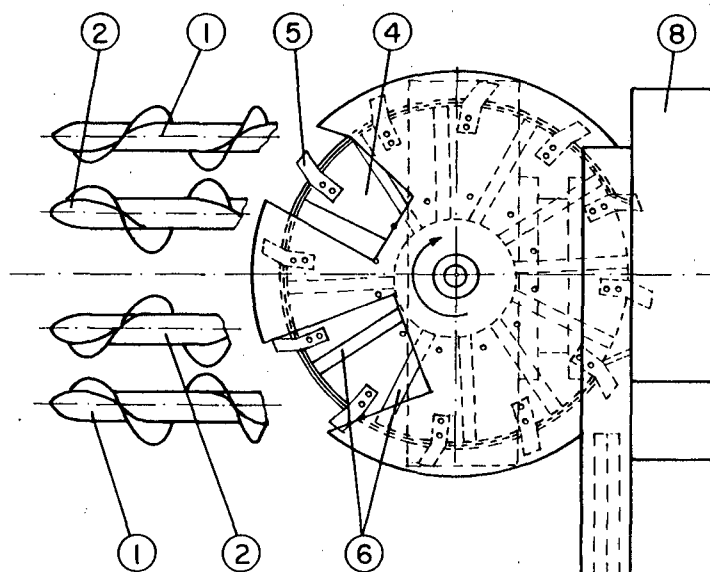


Fig. 2.13 - Vista superior do tipo WK [7].

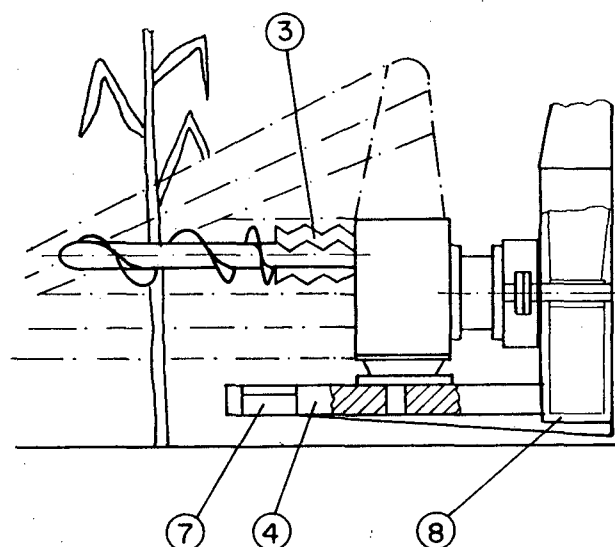


Fig. 2.14 - Vista lateral do tipo WK [7].

## 2.2.8- Tipo Jumil

Esta máquina possui duas armações fuziformes 1, que guiam as plantas até os transportadores helicoidais 2, em cujo eixo estão montados os rolos de alimentação 3, figuras 2.15 e 2.16.

Os transportadores helicoidais conduzem as plantas às navalhas de corte 5 montadas na periferia do rotor 4. Ainda com o auxílio dos transportadores 2, as plantas cortadas são levadas até os rolos e alimentação, em forma de cilindros dentados; estes rolos empurram as plantas sobre as facas 6 montadas radialmente no rotor 4. As plantas são, então, picotadas e os picotes são alojados nas pás que ficam sobre as facas 6 sendo levados à abertura 7 da câmara do ventilador arremessador 8. Este último é o responsável pela operação de descarga do material picotado para fora da máquina, através da bica de elevação 9.

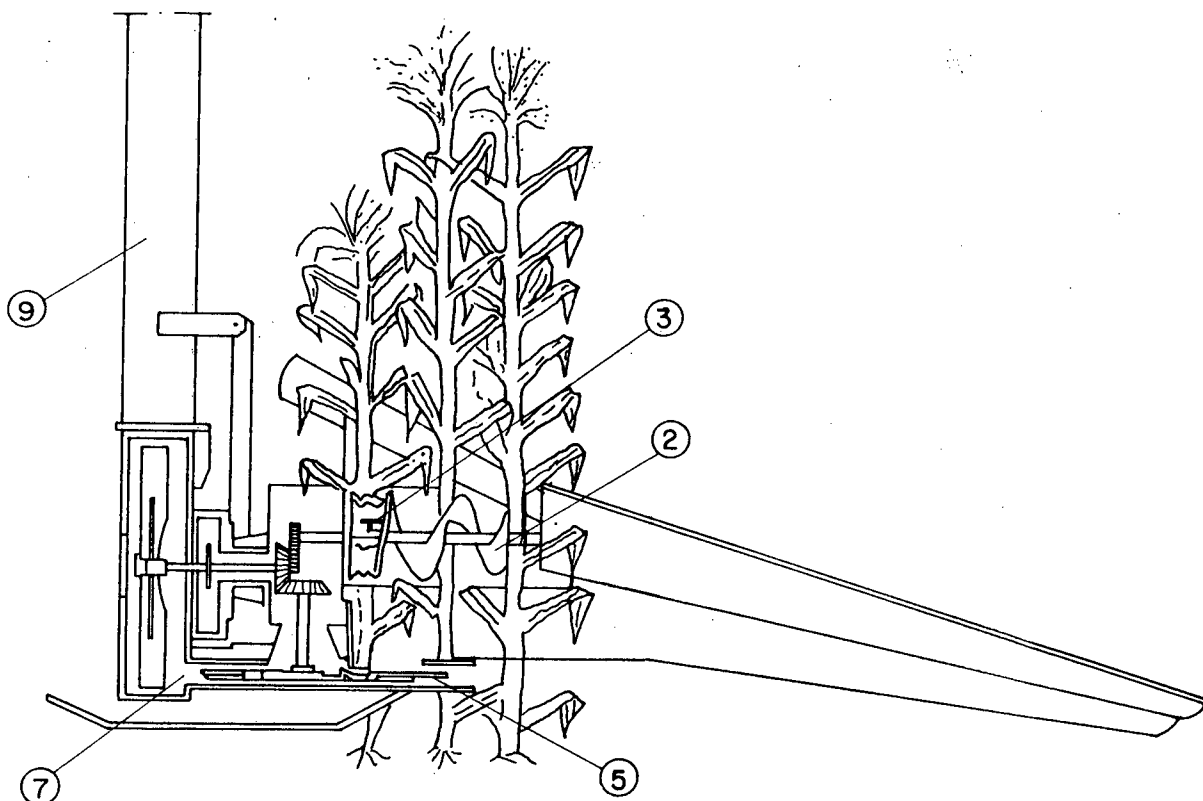


Fig. 2.15- Vista lateral em corte do tipo Jumil [8].

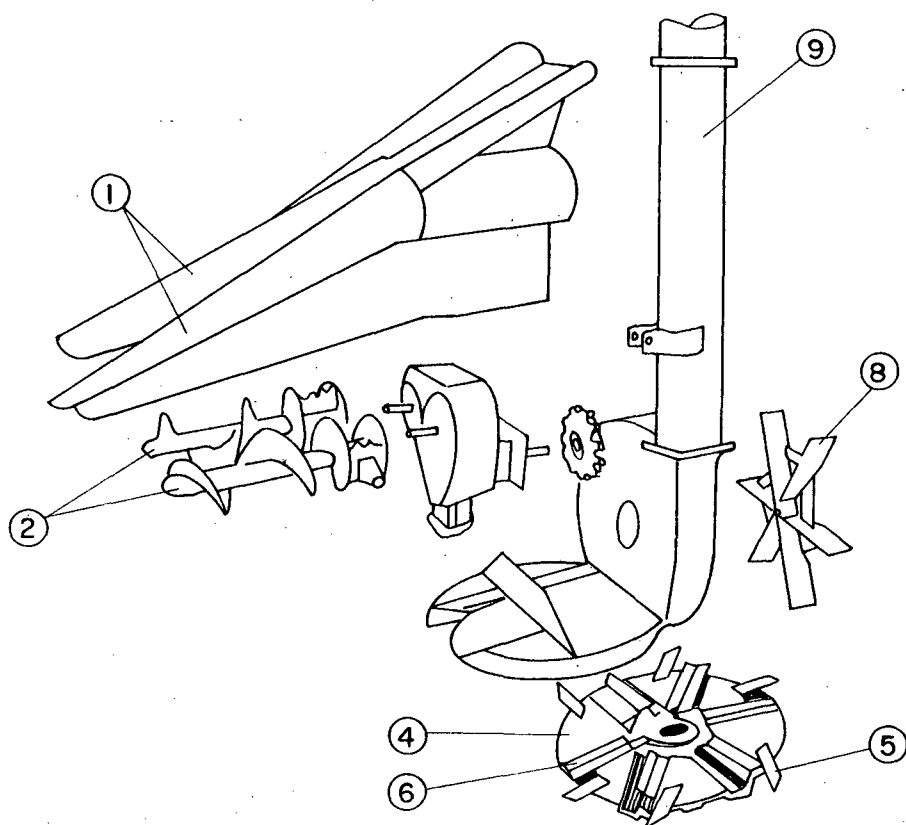


Fig. 2.16- Vista explodida do tipo Jumli (8).

### 2.2.9- Tipo Penha

Como mostra a Fig. 2.17, esta máquina opera em apenas uma linha de cultura por vez.

O corte é feito pelo dispositivo 1, que é constituído por uma faca alternativa. Em seguida, a planta cortada é elevada pela ação das correntes com ganchos inferior e superior, 2 e 3 respectivamente. Devido à ação do parachoque auxiliar 4, a planta é tombada e empurrada para os rolos alimentadores 7 e 8 pela corrente transportadora 5 e pelo rolo dentado 6. Os rolos alimentadores além de adensar e fixar a planta, fazem o seu direcionamento para o picotamento. O dispositivo 9, constituído

por um rotor cilíndrico com 6 navalhas, faz o picotamento da planta e, por centrifugação, proporciona a descarga do material picotado para fora da máquina.

A bica de saída 10 é dotada de um leme, que faz o direcionamento do material picotado na operação de descarga.

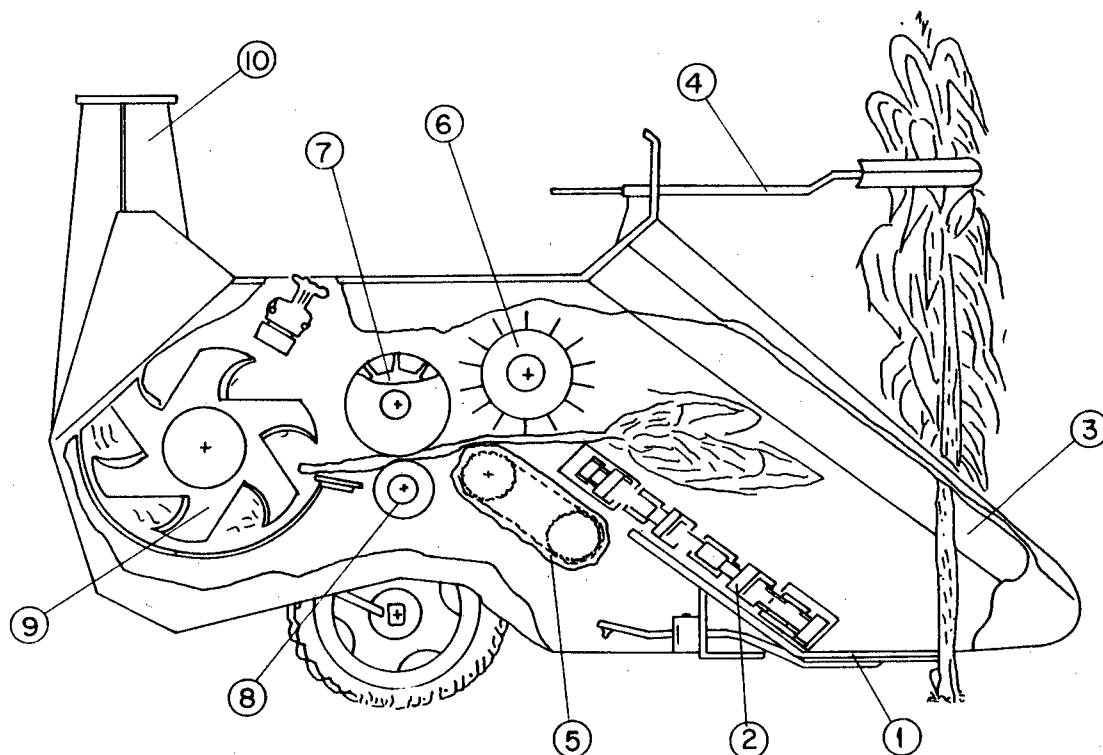


Fig. 2.17 - Vista lateral em corte do tipo Penha [9].

#### 2.2.10 - Tipo Nogueira

Esta máquina, conforme a fig. 2.18, efetua a colheita em apenas uma fileira.

O processo de colheita inicia-se pelo corte da planta rente ao solo, por intermédio de uma faca triangular alternativa horizontal, acionada por um quadrilátero articulado plano.

Após o corte a planta é agarrada e transportada para o centro de processamento pelo sistema de transporte. Este sistema é composto de um par de correias planas, devidamente dispostas em forma ondulada e aparafusadas em um par de correntes, que são acionadas por rodas dentadas.

Dentro do centro de processamento está situada uma sequência de quatro rolos alimentadores superiores e inferiores, todos com a mesma velocidade tangencial, responsáveis pela alimentação das plantas cortadas ao dispositivo de picotamento. Este dispositivo, que também está dentro do centro de processamento, é composto de um rotor cilíndrico com 12 navalhas e, além do picotamento da planta, faz, por centrifugação, o transporte do material picotado para fora da máquina.

Para auxiliar o direcionamento da forragem picotada que

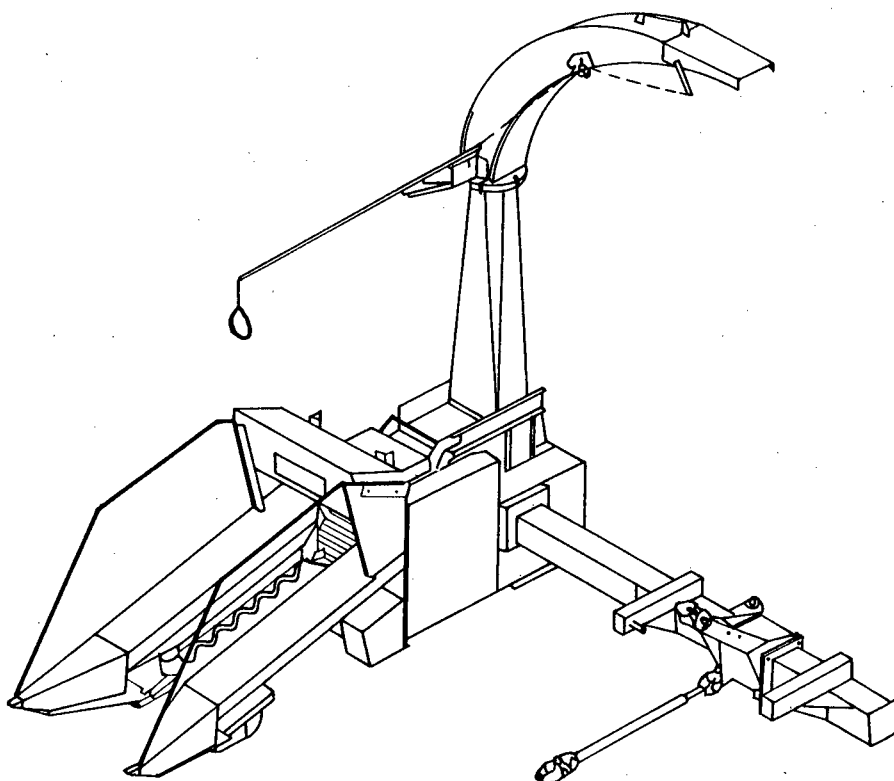


Fig. 2.18- Vista em perspectiva do tipo Nogueira [10].

sai da máquina, existe um leme acoplado na bica de saída, permitindo ao operador a escolha do local onde a forragem irá cair.

Esta máquina é acoplada ao engate de três pontos do trator, que deve possuir uma potência mínima de 65 HP.

## CAPÍTULO III

### PRINCIPAIS PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM O PROJETO DE COLHEODRAS DE FORRAGENS

#### 3.1- Introdução

Neste capítulo, serão abordados os aspectos relativos às características dos materiais a serem colhidos e suas influências nos diversos parâmetros dimensionais e operacionais das máquinas colhedoras de forragens em geral.

Este estudo é efetuado anteriormente à fase de concepção visando selecionar aqueles parâmetros que serão adotados no projeto da máquina.

A apresentação e descrição dos mesmos será efetuada na sequência do fluxo de material na máquina, desde a entrada até a saída, conforme a Fig. 3.1.

Foram considerados neste levantamento os parâmetros mais importantes encontrados nas máquinas colhedoras descritas no capítulo II. Em determinados casos, será apresentada uma quantificação dos mesmos, tendo como base os testes de desempenho encontrados na literatura técnica.

#### 3.2- Características do material

As condições em que se encontra a cultura quando da colheita constitui um fator determinante para o dimensionamento e escolha dos vários componentes da máquina. Dentre estas condições a considerar tem-se:

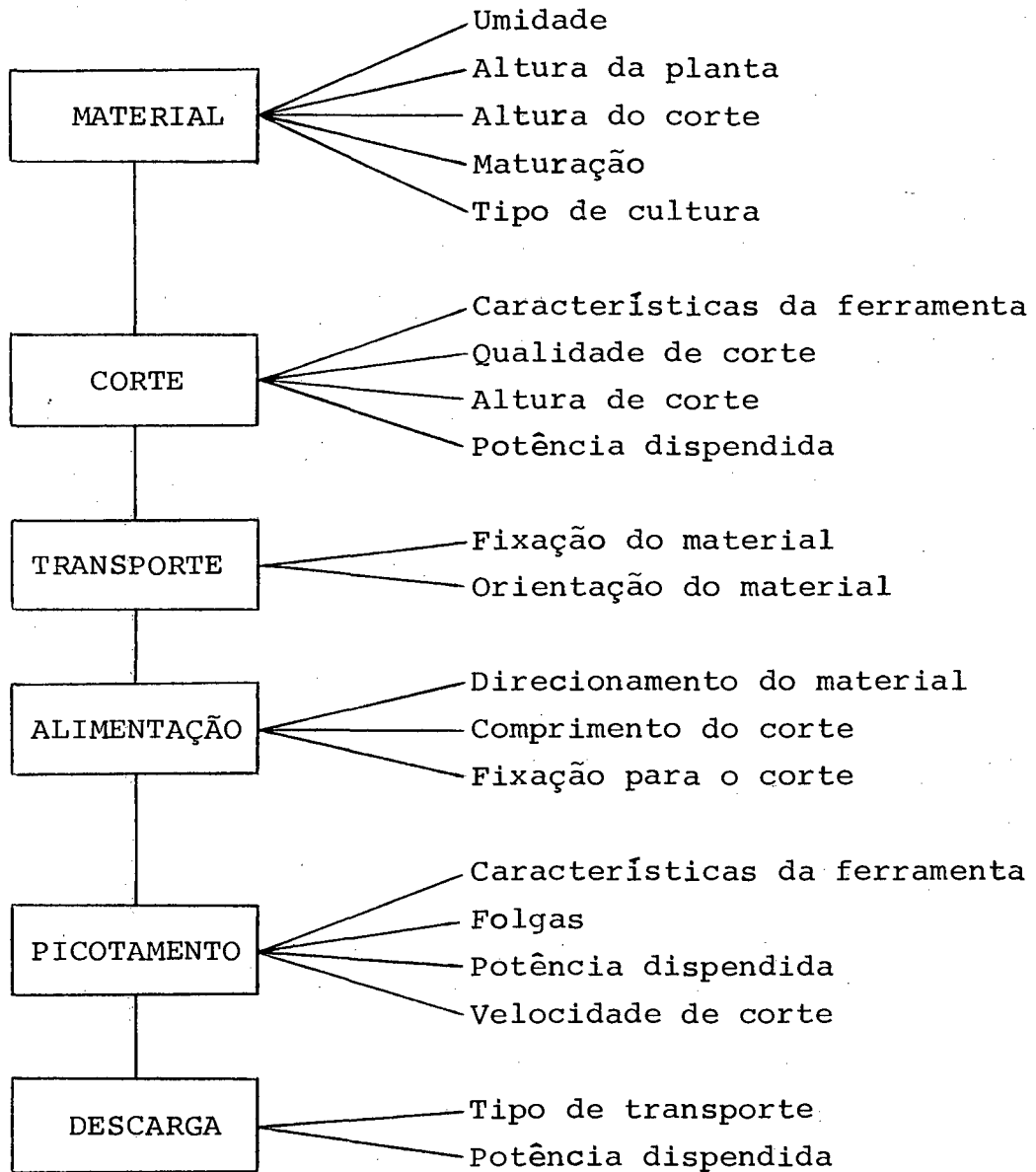


Fig. 3.1 - Sequência do fluxo de funções de uma colhedora de forragens.



a) Umidade do material. É um fator que afeta diretamente a energia consumida pela máquina nas operações de corte e picotamento, e influi no dimensionamento e escolha dos dispositivos correspondentes. Quanto maior é o teor de umidade do material, menor é a energia consumida nessas operações. Essa umidade afeta o coeficiente de atrito entre o material e as paredes da máquina com as quais ele entra em contato, entretanto de forma inversa à verificada com a energia.

b) Altura da planta. Tem influência no peso do material colhido e no teor de umidade, indicando assim, quando a planta está adequada para a colheita. A concepção dos dispositivos de corte, transporte, alimentação e picotamento é influenciada, também, pela altura da planta. A tabela 3.1 mostra dados de alturas recomendadas para a colheita de algumas plantas forrageiras [12].

CULTURA	ALTURA RECOMENDADA PARA O CORTE [cm]
Alfafa	50
Aveia	25
Capim Elefante	80 - 120
Milheto	60 - 80

Tabela 3.1- Alturas recomendadas para plantas a serem cortadas.

c) Altura de corte. Esta altura é medida do solo até a posição em que se fará o corte no caule da planta. Para garantir um bom rebrote, deve-se deixar uma altura de resteva adequada, sendo que cada tipo de cultura possui a sua altura ideal de corte. A tabela 3.2 fornece dados recomendados de alturas de corte de algumas plantas forrageiras [12].

CULTURA	ALTURA DE RESTEVA RECOMENDADA (cm)
Alfafa	6 - 8
Avela	5
Capim Elefante	20
Milheto	15

Tabela 3.2- Alturas recomendadas para a resteva das plantas a serem cortadas.

d) Maturação. Influi na qualidade nutritiva da forragem a ser consumida pelo gado. Estando esta muito madura, terá fibras mais secas e duras, tornando-se indigesta. Também influi no consumo de energia durante o corte e o picotamento, geralmente aumentando a energia gasta nestas operações com um maior grau de maturação.

e) Tipo de cultura. Os diversos tipos de cultura a serem colhidos por esta máquina influenciam mais diretamente a concepção e o dimensionamento dos dispositivos de corte e alimentação, em virtude de cada cultura possuir características próprias como densidade na linha (peso por metro linear), distância entre linhas, caule e folhas e alastramento transversal da planta na linha.

### 3.3- Corte

Basicamente, esta operação pode ser feita por dois tipos de dispositivos: facas com movimento alternativo ou disco giratório provido de facas radiais. O dispositivo com facas alternativas é acionado por mecanismo articulado, apresentando uma manutenção e complexidade construtiva maiores que o dispositivo na forma de disco. Este último, normalmente, tem seu

acionamento feito através de correias ou correntes e, além das vantagens citadas anteriormente, consome menos potência.

Como a qualidade do corte influi no rebrote, ou seja, o corte deve ser uniforme, sem deixar na extremidade do caule da resteva imperfeições que prejudiquem o rebrote, deve-se optar pelo dispositivo que provoque menor dano no caule da resteva.

Conforme foi salientado no ítem 3.2, há necessidade de regulagem da altura de corte para as diferentes culturas. Como o dispositivo de corte é normalmente fixo na estrutura da máquina, a regulagem na altura de corte deve ser feita pela regulagem da altura da máquina em relação ao solo. Para as culturas consideradas no capítulo I, essa regulagem deverá permitir uma variação na altura de 5 a 20 cm.

#### 3.4- Transporte

A planta, após sofrer o corte, necessita ser transportada até os dispositivos de alimentação, disposto imediatamente antes do dispositivo de picotamento.

Para que este transporte ocorra sem que haja perda ou obstrução, é necessário que a planta fique presa de alguma maneira no dispositivo. Esse dispositivo, além de transportar, deve orientar a planta para uma entrada adequada no sistema de alimentação. Geralmente a planta é transportada em pé e, antes de entrar nos sistema de alimentação, é tombada por um dispositivo na forma de um paracheque, entrando horizontalmente nesses rolos. Nas máquinas tipo Jumli e WK, entretanto, a entrada no dispositivo de corte é vertical, devido à disposição do mecanismo de picotamento.

Na maioria das máquinas, a entrada para os rolos

alimentadores está situada num nível mais alto em relação à altura onde foi efetuada o corte e, como é a base da planta que deverá entrar primeiro nestes rolos, o dispositivo de transporte deve elevar o material cortado, vindo daí a necessidade da planta ficar presa neste dispositivo.

Pode-se ter, para este dispositivo, várias configurações, como correntes com ganchos usadas pela máquina tipo Penha, como corrente com correia plana usada pelo tipo Nogueira, ou como transportadores helicoidais, usados nos tipos WK e Jumli.

### 3.5- Alimentação

Esta operação tem por finalidade o recolhimento das plantas que vem do dispositivo de transporte, o adensamento e direcionamento para uma melhor ação do dispositivo de picotamento.

Tanto o dispositivo de transporte como o de alimentação devem permitir um direcionamento tal que o picotamento seja efetuado transversalmente ao caule da planta.

A alimentação é feita por um conjunto de rolos, num mínimo de dois, um superior e outro inferior, que, além do direcionamento, tem as funções de adensamento e fixação dos caules para o picotamento. Os rolos pode ser lisos ou providos de aletas lisas ou dentadas, sendo que o conjunto pode ter rolos lisos e aletados ou somente rolos aletados.

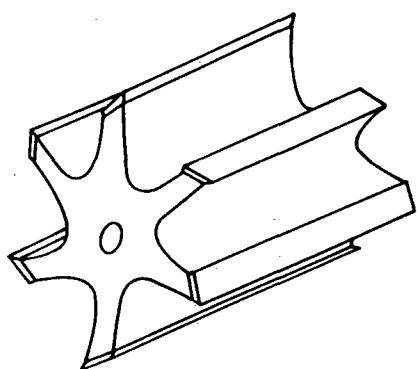
Este dispositivo é responsável pela velocidade na qual o material entra no dispositivo de picotamento e, considerando que a velocidade deste dispositivo seja constante, o comprimento do material picotado é determinado pela velocidade que o material é

alimentado pelos rolos. Em algumas máquinas, pode-se regular o comprimento do material picotado, variando este comprimento de 7 a 30 milímetros.

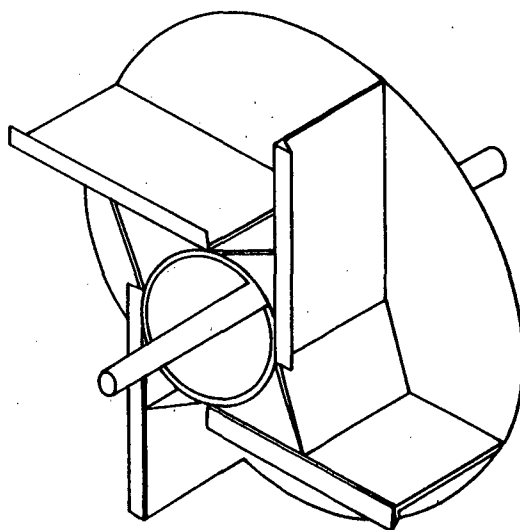
### 3.6- Picotamento

Esta operação é considerada a mais importante da máquina, pois a forma construtiva do seu dispositivo e a maneira como é feita esta operação influem diretamente na escolha e dimensionamento de outros componentes. Além disso, é responsável pela maior parte da potência consumida pela máquina.

Este dispositivo possui duas formas construtivas básicas, uma de um rotor cilíndrico e a outra de um volante. A Fig. 3.2 mostra as duas formas construtivas deste dispositivo.



a)



b)

Fig. 3.2- Dispositivos de picotamento: a) rotor tipo cilíndrico; b) volante.

O rotor cilíndrico é montado como um ventilador siroco, onde as lâminas de corte são dispostas paralelamente ao eixo do rotor. O material a ser picotado entra no dispositivo no sentido normal ao seu eixo. O diâmetro do rotor é função do número de lâminas de corte que, geralmente, varia de 4 a 10. Um maior número de lâminas requer um diâmetro maior do rotor o que leva a uma máquina de maiores dimensões. Este tipo de rotor efetua, além do picote, o transporte do material picotado para fora da máquina por arremesso, devido à força centrífuga. A largura deste dispositivo é, via de regra, igual à dos rolos alimentadores.

No dispositivo em forma de volante, o número de lâminas também pode ser arbitrário, entretanto, este número não afeta parâmetros dimensionais do dispositivo ou da máquina como um todo.

O fator determinante do diâmetro deste dispositivo é o comprimento das lâminas que, via de regra, é igual à largura dos rolos alimentadores.

O transporte do material picotado para fora da máquina é feito por pás montadas no próprio volante e conseguido, combinado a ação pneumática com a de arremesso. Estas pás podem ser montadas junto com as lâminas de corte, com um comprimento mínimo igual ao das lâminas ou, separadamente destas, com um comprimento menor que as lâminas de corte.

As características geométricas da lâmina de corte, como o ângulo de saída primário, o ângulo de cunha e o raio de arredondamento  $D$  do gume, influenciam na potência consumida, tanto no picotamento quanto no corte da planta [11][13]. A Fig. 3.3 mostra estas características da lâmina de corte.

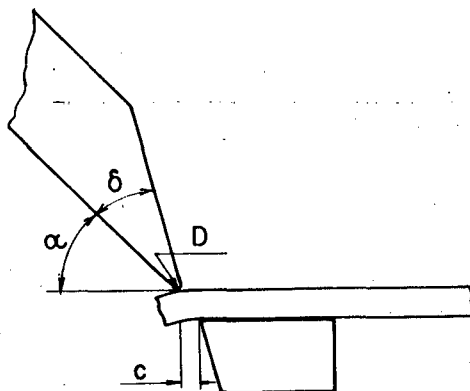


Fig. 3.3- Geometria da lâmina de corte/picote.

De acordo com a referência [13] os valores recomendados para estas características da lâminas são:

- ângulo de saída primário =  $60^\circ$
- ângulo de cunha =  $20^\circ$
- raio de arredondamento do gume  $D = 0,0254$  cm

A distância entre o gume da lâmina móvel e o gume da lâmina fixa, usualmente chamada folga  $C$ , exerce influência na potência dispendida no picotamento, da mesma forma que no corte. Quando se aumenta esta distância, obtém-se um aumento na potência consumida.

De acordo com a referência [11], o valor ideal para a folga é zero e, na prática, ele deve ser o menor possível. A Fig. 3.4 mostra a folga entre as lâminas móvel e fixa.

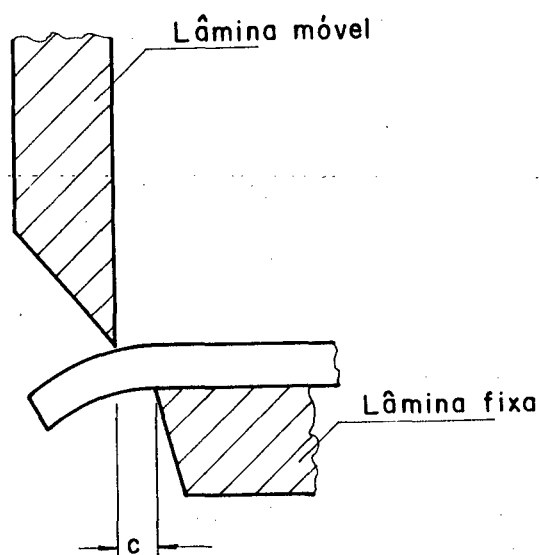


Fig. 3.4- Folga entre lâmina móvel e lâmina fixa.

Segundo essa referência, a energia dispendida no picotamento para a alfafa e para o milho é dada, respectivamente, pelas equações:

$$E = (1-M)(20,046\delta\cos\alpha + 4,856M\text{sen}\alpha + 42,186C^2 + 44,927D - 249,811CD + 16,786CM - 4,658\delta) \quad (3.1)$$

$$E = (1-M)(12,98\delta\cos\alpha + 10,149M\text{sen}\alpha - 59,240C + 82,503D + 141,590CD + 82,599CM - 1,994\delta) \quad (3.2)$$

onde se tem:

M = conteúdo de umidade do material [%]

D = raio de arredondamento do gume [cm]

C = folga entre as lâminas móvel e fixa [cm]

$\delta$  = ângulo de cunha da ferramenta [°]

$\alpha$  = ângulo de saída primário [°]

E = Energia consumida  $J/5 \times 10^{-4}$  Kg de material picotado no comprimento de 0,635 cm

Para exemplificar, a tabela 3.4 mostra valores calculados usando a equação 3.1 e a tabela 3.5 mostra os valores



Iteração	Energia de corte $J/5 \times 10^{-4}$	Variáveis				
		M	D	C	$\delta$	$\alpha$
Valores iniciais	4,3540	0,65	0,0100	0,0100	30,00	30,00
1	4,1049	0,75	0,0093	0,0882	27,45	35,04
2	2,7424	0,75	0,0087	0,0802	25,77	38,67
3	2,5566	0,75	0,0081	0,0723	24,19	42,67
4	2,3745	0,75	0,0074	0,0643	22,75	47,05
5	2,1970	0,75	0,0067	0,0565	21,46	51,84
6	2,0214	0,75	0,0059	0,0487	20,35	50,07
7	1,8690	0,75	0,0051	0,0409	20,00	62,80
8	1,6996	0,75	0,0043	0,0332	20,00	69,33
9	1,4838	0,75	0,0033	0,0255	20,00	76,86
10	1,2146	0,75	0,0024	0,0179	20,01	85,43
11	1,0482	0,75	0,0014	0,0104	20,45	89,95
12	1,0165	0,75	0,0003	0,0029	21,11	89,95
13	1,0070	0,75	0,0000	0,0000	21,78	89,95

Fig. 3.4 - Resultados das iterações para a otimização do corte de alfafa [11].

Iteração	Energia de corte $J/5 \times 10^{-4} \text{ kg}$	Variáveis				
		M	D	C	$\delta$	$\alpha$
Valores iniciais	2,9666	0,65	0,0100	0,100	30,00	60,00
1	2,2708	0,75	0,0043	0,094	28,60	69,18
2	1,7254	0,75	0,0000	0,150	32,12	89,95
3	1,6762	0,75	0,0000	0,150	37,80	89,95
4	1,6271	0,75	0,0000	0,150	43,48	89,95
5	1,5779	0,75	0,0000	0,150	49,19	89,95
6	1,5287	0,75	0,0000	0,150	54,85	89,95

Fig. 3.5 - Resultados das iterações para a otimização do corte do milho [11].

correspondentes à equação 3.2. Como mostram estas tabelas, a energia de corte diminui com decréscimo de  $D$ , de  $C$  e  $\delta$ , e com o acréscimo de  $\alpha$ .

Ainda de acordo com a referência [11], foi realizado um experimento com o picotamento do milho, com as seguintes condições:  $M = 0,64$ ;  $\delta = 26$ ;  $\alpha = 55$ ;  $D = 0,0025$  cm;  $C = 0,025$  cm e comprimento de picote de 0,95 cm. Como a energia calculada pela equação (3.2) foi deduzida para um comprimento de picote de 0,635 cm, o valor teórico calculado pela equação (3.2) para as condições acima citadas, deverá ser corrigido pela seguinte relação:

$$E' = \frac{0,635}{0,95} E \quad (3.3)$$

onde:

$E$  = energia consumida (J/5 x 10<sup>4</sup> kg de material picotado no comprimento de 0,635 cm).

$E'$  = energia consumida (J/5 x 10<sup>4</sup> kg de material picotado no comprimento de 0,95 cm).

Substituindo as condições de teste na equação (3.2), obtém-se o valor de  $E = 2,83$  J/5x10<sup>4</sup> kg e, corrigindo, o valor de  $E' = 1,89$  J/5x10<sup>4</sup> kg. O valor medido experimentalmente foi de  $E = 1,80$  J/5x10<sup>4</sup> kg. Portanto, resultados teóricos e experimentais muito próximos.

Repetindo os cálculos com as mesmas condições de teste, usando como material a alfafa com  $M = 0,584$ , obteve-se o valor teórico de  $E' = 1,60$  J/5x10<sup>4</sup> kg e o valor experimental de  $E = 1,65$  J/5x10<sup>4</sup> kg.

Como para o presente projeto, tem-se em vista, principalmente, o capim elefante e como este apresenta uma certa semelhança com o milho, procurar-se-á avaliar a energia gasta no

picotamento do capim elefante usando a equação (3.2), em virtude da inexistência de parâmetros específicos para esta forragem.

De acordo com dados levantados, a densidade linear média do capim elefante é da ordem de 4kg/m. Considerando a velocidade mínima de tráfego do trator de 1km/h, a colhedora de forragem deverá ter uma capacidade mínima de picotamento de 4000 kg/h. Considerando, ainda, de acordo com a ref. [11] a umidade do material de 0,75 e para a ferramenta de corte os valores de  $\delta = 25$ ,  $\alpha = 45$ ,  $\beta = 20$ ,  $C = 0,05$  cm,  $D = 0,01$  cm, obtém-se, a partir da equação (3.2), o valor de  $E = 2,13$  J/5x10<sup>4</sup> kg. Como para a máquina a ser projetada adotar-se-á o comprimento de picote de 2,5 cm, o valor corrigido será de  $E = 0,533$  J/5x10<sup>4</sup> kg. Sendo a capacidade mínima de produção da máquina de 4000 kg/m, a potência mínima requerida na operação de picotamento é de 1,18 kW.

A referência [15], por outro lado, apresenta um diagrama de valores medidos de potência gasta no processamento da alfafa, em um picotador na forma de volante, como mostra a Fig. 3.5. O material usado neste teste apresentava 74% de umidade, o volante utilizava uma velocidade periférica de 35 m/s e o comprimento médio real de picote de 2,0 cm.

Para a produção de 4000 kg/h de alfafa, o gráfico fornece um consumo de potência, para o picote somente, de 1,7 kW. Corrigindo para um comprimento de picote de 2,5 cm, ter-se-ia uma potência de 1,36 kW/4000 kg/h. Comparando-se com o valor de 1,18 kW encontrado anteriormente para o capim elefante, quando considerado semelhante ao milho, nota-se uma discrepância em relação aos dados apresentados na referência [11]. Nesta referência, a alfafa exigia para o picotamento uma energia inferior a do milho, enquanto que com o uso dos dados utilizados na referência [15], Fig. 3.5, a alfafa exigiria uma energia

maior.

Nota-se, entretanto, que os valores de potência de picotamento obtidos para diferentes culturas não diferem consideravelmente, mesmo com dados provenientes de diferentes autores. Dessa forma, resolveu-se adotar como valor mínimo de potência para o picotamento do capim elefante, 1,5 kW para 4000kg por hora.

Outro parâmetro importante na operação de picotamento é a velocidade de corte. De acordo com a referência [15], a velocidade recomendada para as lâminas do dispositivo de picotamento varia de 30,50 m/s até 33,04 m/s.

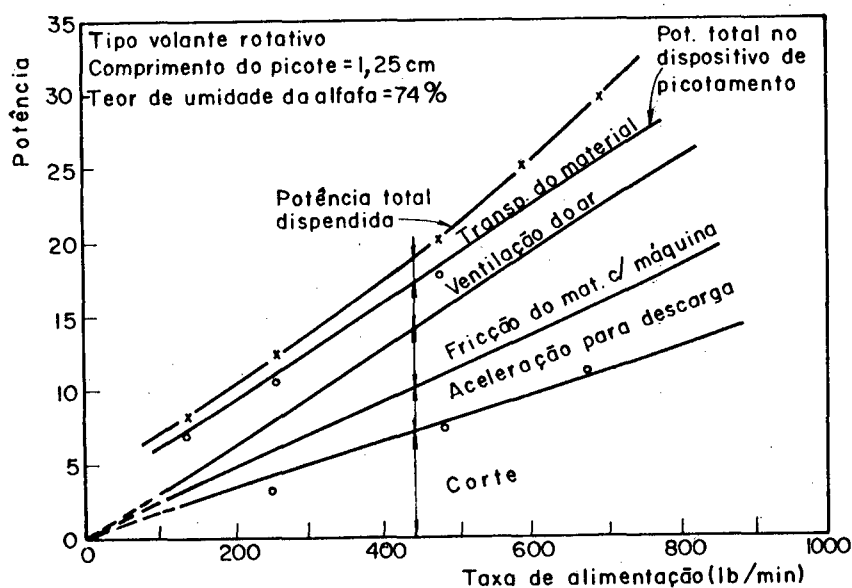


Fig. 3.5- Distribuição de potência em uma colhedora de forragens com dispositivo de picotamento tipo volante [15].

### 3.7- Descarga do Material Picotado

O material após ser picotado deve ser conduzido para

fora da máquina, normalmente para uma carreta situada na parte traseira do trator ou da máquina. Esta descarga será efetuada através de um transporte mecânico e pneumático, proporcionado pela ação do dispositivo de picotamento. A forma construtiva e o movimento deste dispositivo, tanto para o tipo rotor cilíndrico quanto para o tipo volante rotativo, originam uma força centrífuga responsável pelo arremesso do material picotado e pela formação de um fluxo de ar. Este fluxo contribui pouco no transporte do material, comparado com o arremesso, devido ao fato de que o dispositivo não sendo concebido para ser um ventilador, apresenta baixa eficiência na ventilação.

Portanto, o maior responsável pelo transporte do material é o arremesso mecânico, ou seja, a energia cinética que as partículas de material picotado adquirem ao passar pelo dispositivo de picotamento.

Para determinar a energia consumida na parte do transporte mecânico, considera-se o esquema da Fig. 3.6 onde é representado um volante de quatro palhetas que gira a uma velocidade angular  $w$ .

O material é picotado ao longo do comprimento AB, ou seja, do raio  $r_1$  ao raio  $r_2$  da palheta, igual à largura da boca de alimentação da forragem. As partículas do material cortado são aceleradas pela ação das palhetas e pela força centrífuga, escorregando radialmente sobre a palheta, até o raio  $r_3$ . Neste instante, a partícula se choca com a parede externa e é arrastada até o ponto de saída (ponto C), a  $180^\circ$  do ponto de entrada.

A energia total gasta para o transporte de uma partícula, desde o seu ponto de entrada até a saída, é constituída das seguintes parcelas [18]:

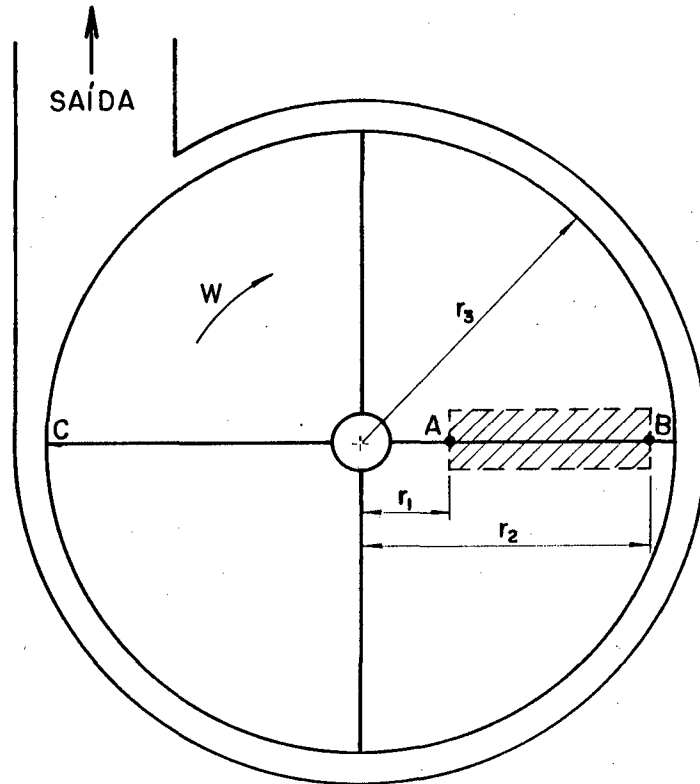


Fig. 3.6- Esquema do dispositivo tipo volante rotativo.

- $E_1$  - é a energia requerida para acelerar a partícula durante o seu impacto inicial contra a palheta;
- $E_2$  - energia necessária para acelerar a partícula, quando ela se desloca radialmente, do seu ponto inicial de contato até a ponta da palheta;
- $E_3$  - quando a partícula se choca com a carcaça; esta energia deverá ser fornecida à palheta para manter constante sua rotação;
- $E_4$  - esta energia deverá ser fornecida para o arraste da partícula ao longo da parede da carcaça, desde o ponto em que a mesma desprende-se da palheta até o ponto de saída.

Para calcular estas parcelas, considera-se o caso de uma palheta e uma partícula como mostrado na Fig. 3.7. Nesta figura,

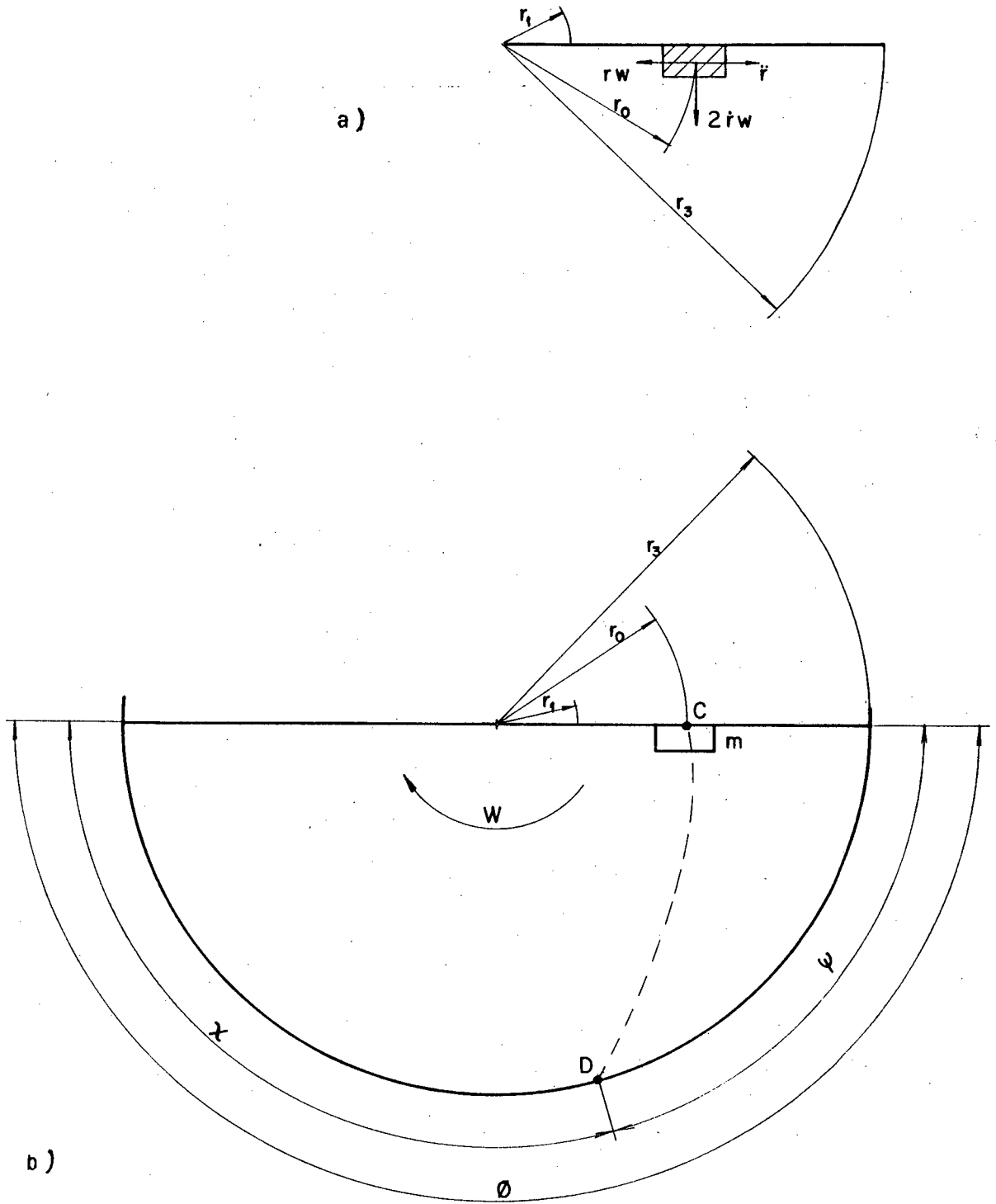


Fig. 3.7 - a) Representação dos vetores de aceleração da partícula. b) Trajetória da partícula.

$r_0$  é o raio do ponto de contato da partícula com a palheta.

Quando a partícula entra em contato com a palheta no ponto C, este contato continua ao longo do ângulo  $\psi$ , ou seja, segue a trajetória CD. Neste ponto, a partícula choca-se com a parede da carcaça e é arrastada ao longo da mesma no ângulo  $\chi$

Considerando os valores assim descritos tem-se, de acordo com a referência [16], que as energias gastas no transporte da partícula são dadas por:

$$E_1 = mw^2 r_0^2 \quad (3.4)$$

$$E_2 = mw^2 (r_3^2 - r_0^2) \quad (3.5)$$

$$E_3 = \mu m r_3 w V r_3 \quad (3.6)$$

$$E_4 = \mu \chi m r_3^2 w^2 \quad (3.7)$$

onde  $\mu$  é o coeficiente de atrito da partícula com a parede da carcaça do rotor.

$V r_3$  é a velocidade radial da partícula ao longo da palheta, em seu raio maior  $r_3$ , e é dada por:

$$V r_3 = r_0 w \frac{e^{S_1 \psi} - e^{S_2 \psi}}{S_1 - S_2} \quad (3.8)$$

onde

$$S_1 = +\sqrt{\mu^2 + 1} - \mu \quad (3.9)$$

$$S_2 = -\sqrt{\mu^2 + 1} - \mu \quad (3.10)$$



A relação entre o raio  $r_0$  e o ângulo  $\psi$  é dada pela equação:

$$\frac{r_3}{r_0} = \frac{S_1 e^{S_2 \psi} - S_2 e^{S_1 \psi}}{S_1 - S_2} \quad (3.11)$$

Quando a partícula é descarregada do rotor, a energia disponível na mesma é dada por:

$$E_d = \frac{1}{2} m r_3^2 w^2 \quad (3.12)$$

Todo o estudo apresentado se referiu a uma partícula; o passo seguinte é a determinação da energia consumida no transporte mecânico durante a operação de picotamento, quando o material é alimentado ao longo da boca de alimentação, de  $r_1$  e  $r_2$ . Considerando que a máquina tem uma produção de material picotado igual a  $Q$  kg/h, que o rotor tenha  $k$  palhetas e está sujeito a uma rotação de  $n$  rotações por minuto, a quantidade de material arremessado por palheta é dado por:

$$M = \frac{Q}{60 n k} \quad (3.13)$$

A quantidade de energia necessária para a descarga mecânica de quantidade de material  $q$ , que na alimentação se distribui ao longo da palheta,  $r_1$  a  $r_2$ , é dada por:

$$E_t = \int_{r_1}^{r_2} \left[ w^2 r^2 + w^2 (r_3^2 - r^2) + \mu r_3 w V r_3 + \mu \chi r_3^2 w^2 \right] dM \quad (3.14)$$

onde  $V r_3$  é dado pela equação (3.8) e  $dM$  é a partícula de massa que se choca com a palheta num raio genérico  $r$ .

Considerando que:

$$dM = \frac{M}{r_2 - r_1} dr = \rho dr \quad (3.15)$$

a equação (3.14) é transformada na seguinte:

$$E_t = \rho \int_{r_1}^{r_2} \left[ wr^2 + r_s^2 + \mu r_s \frac{V r_s}{w} + \mu \chi r_s^2 \right] dr \quad (3.16)$$

onde se tem que

$$\chi = \phi - \psi \quad (3.17)$$

$$\frac{V r_s}{w} = r \frac{e^{S_1 \chi} - e^{S_2 \chi}}{S_1 - S_2} \quad (3.18)$$

$$\frac{r_s}{r} = \frac{S_1 e^{S_1 \chi} - S_2 e^{S_1 \chi}}{S_1 - S_2} \quad (3.19)$$

Como a solução da equação (3.16) torna-se muito trabalhosa, procura-se efetuar uma solução numérica. Para o caso específico do projeto, ver capítulo V, onde se tem os seguintes valores:  $r_1 = 50$  mm;  $r_2 = 180$  mm;  $r_3 = 200$  mm;  $\phi = 180$ ;  $\mu = 0,7$ ;  $Q = 4000$  kg/h;  $k = 4$ ;  $n = 1300$  rpm (velocidade tangencial de corte na parte central da lâmina de corte, ou seja, no diâmetro de 220 mm, igual a 30 m/s).

Para o cálculo das energias, considera-se que a massa do material é de 0,01282 kg/palheta, e uniformemente distribuída ao longo do comprimento da lâmina, que é de 130 mm. E, ainda, que esta massa entra em contato com a palheta em pontos discretos distanciados de 10 mm, ou seja, por ponto tem-se a massa de  $9,16 \times 10^{-4}$  kg. Como mostra a tabela 3.5, tem-se, na primeira coluna, os raios  $r_0$  de início de contato e, na segunda, os valores das massas concentradas. Usando a equação (3.4), calcula-se os valores da coluna 3 e, pela equação (3.5), os valores da coluna 4.

Para calcular o ângulo  $\psi$  de giro da palheta, do instante em que a partícula se choca com a palheta até o ponto em que entra em contato com a parede da carcaça do rotor, utiliza-se a equação (3.11). Calculando este valor, obtém-se a velocidade radial  $Vr_3$  da partícula no raio  $r_3$  pela equação (3.8), resultando os valores da coluna 5. Introduzindo estes valores na equação (3.6), obtém-se a coluna 7. Usando o valor de  $\chi$  calculado na coluna 8, consegue-se a coluna 9. Através da equação (3.7). Finalmente, a coluna 10 mostra a soma das energias calculadas nos diferentes pontos de início de contato das partículas.

De acordo com os resultados da tabela 3.5, a energia gasta por palheta é de 22,67 Nm. Sendo que o número de cortes efetuados por segundo é de 86,67, a potência consumida na ação de aceleração e arremesso da forrageira é de

$$P_g = 22,67 \times 86,67 = 1964,8 \text{ Nm/s}$$

$$P_g = 1,96 \text{ kW}$$

Utilizando a equação (3.12), pode-se calcular a energia disponível no material quando o mesmo deixa o rotor, obtendo o valor de  $P_d = 412 \text{ Nm/s} = 0,412 \text{ kW}$ .

Considerando a potência gasta e a disponível no material na saída do rotor, o rendimento pode ser calculado por

A velocidade do material na saída é calculada por  $v = 2\omega r_3$  que, nas presentes condições, é igual a 54,45 m/s.

Como se pode verificar através das equações (3.6) e (3.7), estas parcelas da potência gasta na descarga do material até a saída do rotor, são diretamente proporcionais ao coeficiente de atrito. Segundo a referência [16], o coeficiente

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$r_0$ (m)	M (kg)	$E_1$ (Nm)	$E_2$ (Nm)	$\delta$ (rad)	$E_3$ (Nm)	$V_{r3}$ (m/s)	$\beta = \alpha - \delta$ (rad)	$E_4$ (Nm)	$E_1 + E_2 + E_3 + E_4$ (Nm)
0,050	$4,93 \cdot 10^{-4}$	0,0114	0,3427	3,15	0,0	14,36	-	0,0	0,3541
0,060	$9,86 \cdot 10^{-4}$	0,0329	0,6653	2,80	0,2699	14,36	0,34	0,1748	1,1429
0,070	"	0,0448	0,6415	2,50	0,2690	14,31	0,64	0,3283	1,2837
0,080	"	0,0585	0,6141	2,25	0,2694	14,34	0,89	0,4563	1,3984
0,090	"	0,0740	0,5830	2,00	0,2652	14,11	1,14	0,5842	1,5065
0,10	"	0,0914	0,5483	1,80	0,2643	14,06	1,34	0,6866	1,5905
0,11	"	0,1106	0,5099	1,60	0,2599	13,83	1,54	0,7889	1,6693
0,12	"	0,1316	0,4679	1,45	0,2598	13,83	1,69	0,8657	1,7250
0,13	"	0,1544	0,4222	1,30	0,2569	13,67	1,84	0,9425	1,7760
0,14	"	0,1791	0,3728	1,15	0,2509	13,35	1,99	1,0192	1,8221
0,15	"	0,2056	0,3198	1,00	0,2416	12,85	2,14	1,0960	1,8630
0,16	"	0,2339	0,2632	0,85	0,2283	12,15	2,29	1,1727	1,8991
0,17	$9,86 \cdot 10^{-4}$	0,2641	0,2029	0,70	0,2101	11,18	2,44	1,2495	1,9266
0,18	$4,93 \cdot 10^{-4}$	0,1480	0,0695	0,55	0,0928	9,88	2,59	0,6631	0,9734
		3,4808	6,0232		3,1382			10,0279	22,6701

Tabela 3.5- Cálculo das energias de aceleração e de arremesso do material pelo rotor.

de atrito das forragens contra as paredes de aço pode ser considerado em torno de 0,7. Experiências efetuadas têm demonstrado que o coeficiente de atrito varia de 0,35, adotando revestimentos de Teflon nas paredes atritantes, até o valor de 0,93 em superfícies de aço pintadas. Considerando o rotor com as dimensões, rotação e produção especificadas anteriormente, obteve-se, para valores do coeficiente de atrito variando de 0,4 a 0,7 a potência gasta segundo os valores da Fig. 3.8.

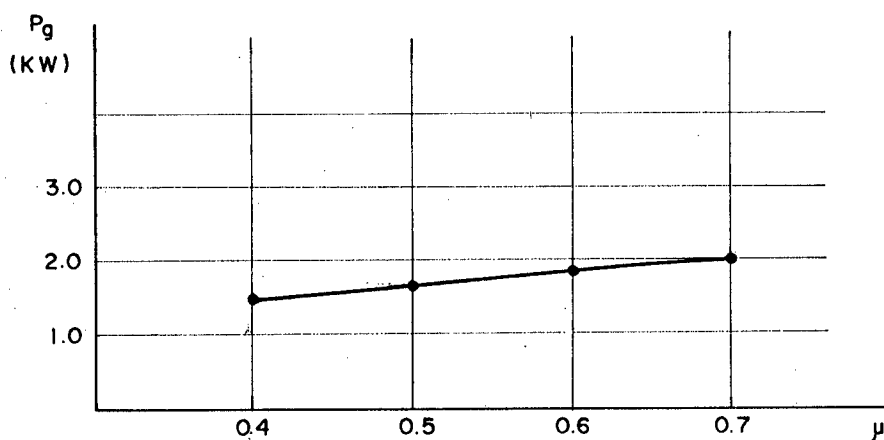


Fig. 3.8- Variação da potência gasta com a variação do coeficiente de atrito.

Considerando, novamente, os valores anteriormente dados para o rotor, com o coeficiente de atrito igual a 0,7, e variando a rotação do rotor, obtém-se a variação da potência gasta na aceleração e arremesso do material, segundo a Fig. 3.9. Como se observa, a energia gasta cresce rapidamente com a rotação. Desta forma, não havendo prejuízo das outras operações, tais como o picote e o transporte pneumático, deve-se procurar reduzir ao mínimo possível a rotação do rotor.

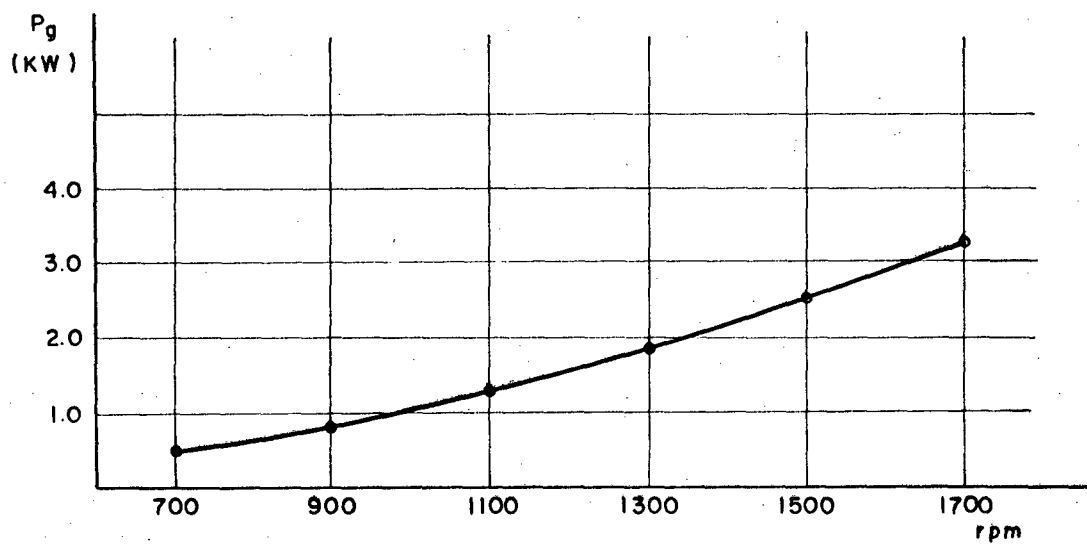


Fig. 3.9- Variação da potência gasta com a variação da rotação do rotor.

## CAPÍTULO IV

### DESENVOLVIMENTO DE CONCEPÇÕES

#### 4.1- Introdução

Na solução de um problema ou desenvolvimento da concepção de um equipamento, para o qual deverá ser considerado um grande número de parâmetros, é conveniente dispor-se de um mecanismo que permita facilitar a visualização dos diversos parâmetros e sua composição para o desenvolvimento de soluções alternativas.

Com este objetivo, será usado o método da matriz morfológica, através do qual será possível analisar, de forma mais clara, todas as funções que constituem as máquinas colhedoras, bem como, obter através de um simples rearranjo entre linhas e colunas, um grande número de concepções alternativas que poderão vir a se constituir em possíveis soluções do problema proposto [17].

#### 4.2- Construção da Matriz Morfológica

Tomando por base o levantamento bibliográfico, efetuado nos capítulos anteriores, procurou-se identificar as funções básicas que fossem comuns a todos os tipos de concepções. Assim, foram constatados cinco subsistemas principais, necessários a toda máquina colhedora de forragem são eles: corte, transporte, alimentação, picotamento, descarga e no caso foi levado em conta o posicionamento da máquina.

Observou-se que cada uma das máquinas, levantadas apresentava formas diferentes e para atender às funções básicas.

Estas formas acrescidas das propostas no presente trabalho, permitiram a composição da matriz morfológica apresentada no anexo 1.

As informações colhidas permitem a elaboração de uma listagem de soluções alternativas, como mostrada a seguir:

**a- Corte**

**a.1- Direção**

a.1.1- Normal em relação ao caule da planta

a.1.2- Inclinado em relação ao caule

**a.2- Tipo de dispositivo**

a.2.1- Disco com facas radiais

a.2.2- Disco serrilhado

a.2.3- Facas alternativas

**a.3- Acionamento do dispositivo**

a.3.1- Correia

a.3.2- Corrente de rolos

a.3.3- Engrenagens e eixos

a.3.4- Mecanismo articulado

**b- Transporte**

**b.1- Posição do material**

b.1.1- Em pé

b.1.2- Deitado

b.1.3- Inclinado

**b.2- Tipos de dispositivos**

b.2.1- Corrente com ganchos horizontais

b.2.2- Corrente com ganchos inclinados



- b.2.3- Cilindro com hastes
- b.2.4- Rolos verticais
- b.2.5- Rolos inclinados
- b.2.6- Transportadores helicoidais horizontais
- b.2.7- Transportadores helicoidais inclinados
- b.2.8- Esteira horizontal
- b.2.9- Esteira inclinada
- b.2.10- Corrente com correia plana horizontal
- b.2.11- Corrente com correia plana inclinada

b.3- Sentido

- b.3.1- Horizontal
- b.3.2- Ascendente

c- Alimentação

c.1- Sentido

- c.1.1- Horizontal
- c.2.2- Vertical
- c.2.3- Inclinado

c.2- Tipo de dispositivo e direcionamento do material para o picotamento

c.2.1- Rolos

- c.2.1.1- Um rolo liso e um aletado
- c.2.1.2- Um rolo liso e dois aletados
- c.2.1.3- Um rolo liso e três aletados
- c.2.1.4- Dois rolos aletados
- c.2.1.5- Dois rolos com esteira

d- Picotamento

d.1- Sentido da entrada do material no dispositivo

- d.1.1- Horizontal
- d.1.2- Vertical

d.1.3- Inclínada

d.2- Tipos de dispositivos

d.2.1- Rotor cilíndrico

d.2.2- Volante rotativo

d.3- Regulagens

d.3.1- Folga entre a faca móvel e a faca fixa.

e- Descarga

e.1- Formas de operação

e.1.1- Mecânica

e.1.2- Pneumática

e.1.3- Mecânica/Pneumática

e.2- Tipos de dispositivo

e.2.1- Ventoinha com pás arremessadoras

e.2.2- Esteira

e.2.3- Transportador helicoidal

e.2.4- Ventilador

e.2.5- Ventilador/arremessador

f- Posicionamento e engate da máquina

f.1- Posição

f.1.1- Na frente do trator

f.1.2- No lado direito do trator

f.1.3- No lado esquerdo do trator

f.2- Acoplamento

f.2.1- Acoplamento rígido com o trator

f.2.2- Acoplamento com articulação no trator e roda de apoio no solo

f.3- Acionamento

f.3.1- Polia e correia

f.3.2- Roda dentada e corrente de rolos

f.3.3- Eixo cardã

f.4- Regulagens

f.4.1- Distância ao trator

f.4.2- Altura em relação ao solo

f.4.3- Inclinação em relação ao solo

f.4.4- Acionamento

f.4.4.1- Embreagem na máquina

f.4.4.2- Esticador na correia

O próximo passo é a representação gráfica destas soluções com a finalidade de facilitar a construção, manuseio e visualização da matriz.

Considera-se, como exemplo, a função de corte. Na Fig. 4.1, tem-se uma descrição das soluções para a direção do corte e, na Fig. 4.2, para os tipos de dispositivos de corte.

Realizando um trabalho semelhante ao do corte para o transporte, alimentação, picotamento e descarga, foi possível obter a descrição de todas as soluções encontradas e que está apresentada no Anexo I.

A etapa seguinte é a disposição destas figuras nas linhas e colunas da matriz. Cada linha da matriz, apresenta as soluções para os diferentes componentes estabelecidos para cada função básica.

Na Fig. 4.3, está apresentada a maneira pela qual se efetuara o preenchimento das linhas e colunas da Matriz Morfológica no exemplo da direção do corte e dos tipos de dispositivos para efetuar esta operação.

Assim a matriz terá a totalidade de suas linhas divididas entre os subsistemas definidos, sendo que cada um conterà linhas equivalentes ao número de componentes que possui.

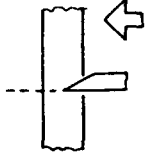
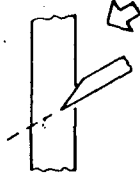
	<p>Direção Normal ao caule da planta * O dispositivo de corte é montado paralelamente ao sentido de movimento da máquina.</p>
	<p>Direção Inclinação em relação ao caule da planta * O dispositivo de corte é montado inclinado em relação ao movimento da máquina.</p>

Fig. 4.1 - Direção do corte nas colhedoras (item a.1).

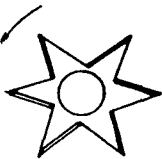
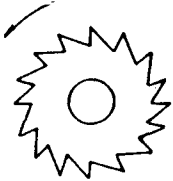
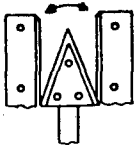
	<p>Disco com facas radiais</p>
	<p>Disco serrilhado</p>
	<p>Facas alternativas</p>

Fig. 4.2 - Tipos de dispositivos para efetuar o corte (item a.2).

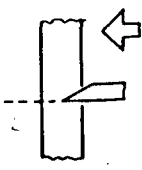
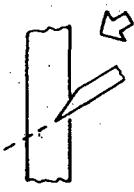
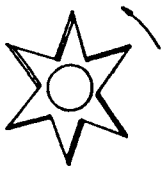
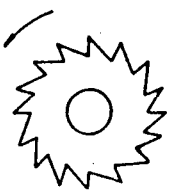
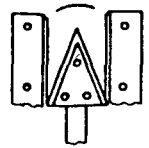
PARÂMETRO	1ª coluna	2ª coluna	3ª coluna
a . 1	a.1.1	a.1.2	
Direção do Corte			
a . 2	a.2.1	a.2.2	a.2.3
Tipos de Dispositivos			

Fig. 4.3 - Disposição dos elementos das linhas 1 e 2 da matriz.

Os elementos de uma linha que ficaram em branco significam que não se buscou mais concepções de soluções, para efetuar o preenchimento total desta linha.

Com este procedimento fica determinada a estrutura geral da matriz (que neste caso apresentou 17 linhas e 11 colunas) cujo aspecto final está mostrado na Fig. 4.4, anexa ao trabalho.

#### 4.3- Obtenção de Concepções Utilizando a Matriz Morfológica

Construída a matriz, tem-se a possibilidade de obter um grande número de concepções de máquinas colhedoras, através de combinações de soluções constantes nas diferentes linhas e colunas da matriz.

Uma característica da matriz é a de possibilitar a

reconstrução de todas as estruturas funcionais básicas das concepções descritas no capítulo II. Este fato pode ser explicado, já que os elementos que se encontram nas linhas e colunas da matriz, em sua maioria, derivam deste levantamento.

Outra característica importante reside no fato de que poderão surgir combinações de elementos ou concepções que, talvez, não tenham sido sugeridas até o momento.

Com isto, será possível obter concepções totalmente diferentes das anteriores, contudo, deve-se observar os requisitos de projeto, a viabilidade técnica, a compatibilidade entre os elementos combinados e os aspectos de fabricação.

Levando-se em consideração todos estes aspectos, chegou-se à seleção preliminar de duas alternativas, que são:

a) a configuração que utiliza os elementos da matriz morfológica: a.1.2, a.2.2, a.3.1, b.1.1, b.2.3, b.3.2, c.1.1, c.2.1.1, d.1.1, d.2.2, d.3.1, e.1.3, e.2.5, f.1.1, f.2.1, f.3.1, f.4.4.2. O material é cortado inclinado em relação ao caule da planta, por um conjunto de discos serrilhados rotativos acionados por correias. Em seguida, o material é transportado por dois cilindros com hastes, montados nos mesmos eixos dos discos de corte. Este material é levado em pé até a entrada dos rolos de alimentação, onde tomba, entrando horizontalmente nos rolos e seguindo, desta forma, para o dispositivo de picotamento, que é um volante rotativo provido de lâminas de corte e pás. Este último é responsável pela descarga do material para fora da máquina que, por sua vez, é disposta na frente do trator, acoplada rigidamente nele, e acionada por um conjunto de polias e correia, com esticador (ver Fig. 4.4 e 4.5).

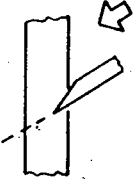
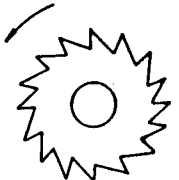
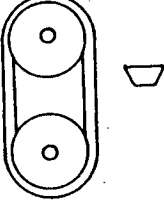

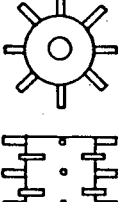
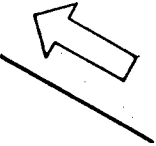
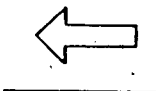

a. Corte				
				
				
b. Transporte				
				
				
c. Alimentação				
				

Fig. 4.4 - Disposição dos elementos da primeira alternativa.

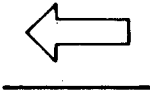
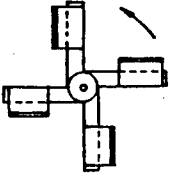
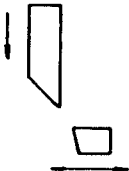
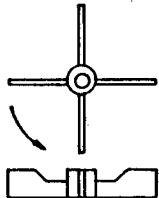
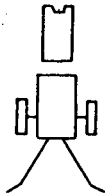

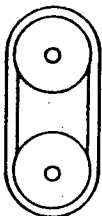
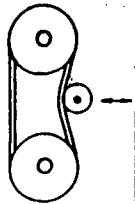
<p>d.</p> <p>Picotamento</p>				
				
				
<p>e.</p> <p>Descarga</p>	<p><i>MECÂNICA</i></p> <hr/> <p><i>PNEUMÁTICA</i></p>			
				
<p>f.</p> <p>Posicionamento e engate</p>				
				
				
				

Fig. 4.5 - Continuação da fig. 4.4.



b) o conjunto mostrado nas Fl. 4.6 e 4.7, utiliza os seguintes elementos da matriz morfológica: a.1.1, a.2.1, a.3.2, b.1.1, b.2.11, b.3.2, c.1.1, c.2.1.4, d.1.1, d.2.2, d.3.1 e.1.3, e.2.5, f.1.1, f.2.1, f.3.1, f.4.3, f.4.4.2. Nesta concepção, a planta é presa por correias planas sendo cortada, logo em seguida, por um disco rotativo com facas radiais, com sentido normal ao caule da planta. O material cortado é transportado em pé por dispositivos de corrente com correias planas inclinadas até chegar à entrada dos rolos alimentadores. O material é, então, tombado, entrando horizontalmente nos rolos, seguindo o mesmo caminho da concepção anterior e com os mesmos dispositivos. A máquina é posicionada na frente do trator, acoplada rigidamente a este, e possui, também, rodas de apoio. O acionamento da máquina é feito por um sistema de polias e correias provido de um esticador.

As duas soluções obtidas poderiam ser aceitas para a construção de um protótipo, porém, existem determinados fatores, tais como o peso e o desempenho dos componentes, que influem decisivamente na escolha do equipamento. Este fato determinou a rejeição inicial da alternativa que propunha, como dispositivo de transporte, cilindros com hastes, tendo em vista que este dispositivo, além do peso excessivo, não apresenta boa performance para outros tipos de cultura.

Levando-se em conta tais aspectos, decidiu-se optar pela solução proposta na segunda alternativa para a construção do protótipo.

#### 4.4- Descrição Geral da Solução

Para facilitar o estudo desta concepção, optou-se por

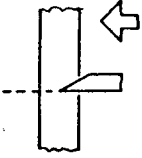
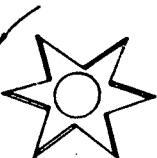
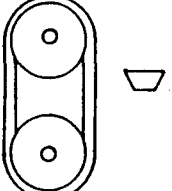

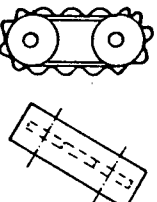
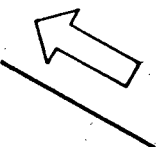

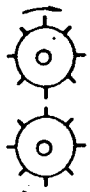
a. Corte				
				
				
b. Transporte				
				
				
c. Alimentação				
				

Fig. 4.6 - Disposição dos elementos da segunda alternativa.

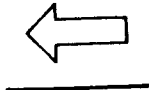
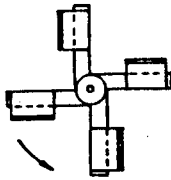

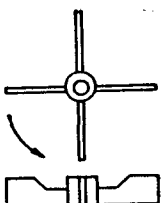
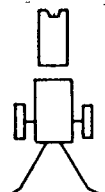

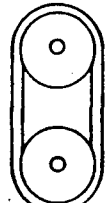
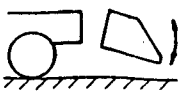
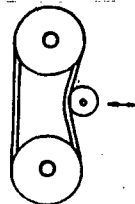
<p>d.</p> <p>Picotamento</p>				
				
				
<p>e.</p> <p>Descarga</p>	<p>MECÂNICA PNEUMÁTICA</p>			
				
<p>f.</p> <p>Posicionamento e engate</p>				
				
				
				

Fig. 4.7 - Continuação da fig. 4.6.

dividi-la da mesma forma como realizada no ítem 4.2, ou seja: corte, transporte, alimentação, picotamento, descarga, posicionamento e engate.

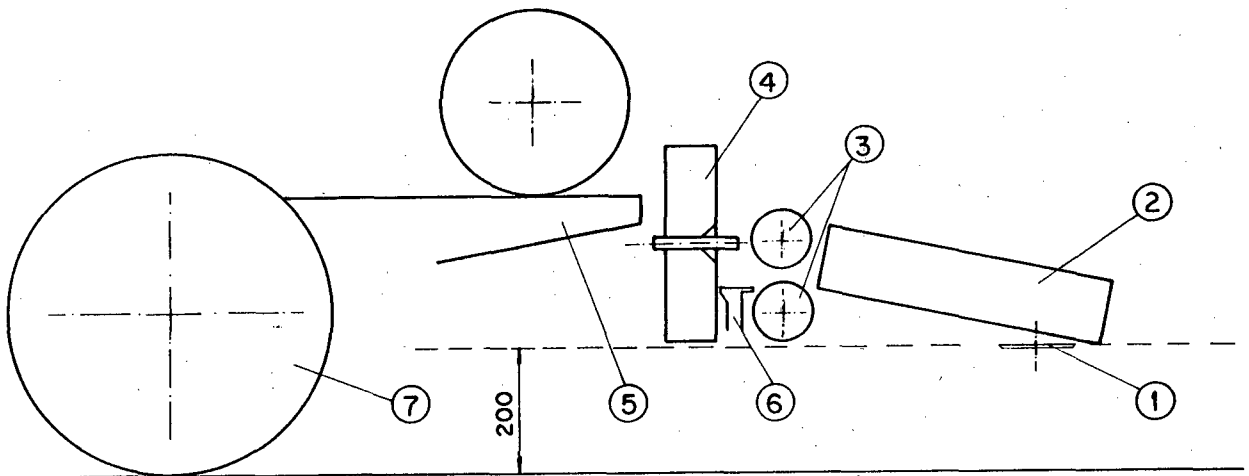
Esta análise poderia ser acompanhada através da Fig. 4.8, que representa a estrutura básica da concepção proposta, para a qual foram utilizados os mesmos elementos que constituem as Fig. 4.6 e 4.7, apenas arranjados de maneira mais funcional.

A seguir, estão descritos os cinco subsistemas, de forma a justificar os parâmetros escolhidos e numa sequência que acompanha o percurso da planta dentro da máquina.

- a) Corte da planta. A escolha recaiu sobre o sistema mais simples, o qual evita a utilização de cames e articulações, com o objetivo de reduzir os custos de fabricação. O dispositivo será fixado na estrutura da máquina de modo a resultar num corte normal ao caule da planta. A altura em que se fará o corte será obtida pela altura da máquina em relação ao solo.
- b) Transporte da planta. É feito por correias planas fixadas a correntes de rolos, de modo que a planta ao ser transportada fique presa nestas correias, evitando, assim, perdas e embuchamento. Isto, somado ao fato de que o transporte será no sentido ascendente, justifica a escolha deste dispositivo.
- c) Alimentação. É feita através de rolos providos de aletas, um inferior e outro superior, de modo que a planta passe horizontalmente nestes rolos. Eles garantem o adensamento e direcionamento da planta para o dispositivo de picotamento e determinam o comprimento do picote.
- d) Picotamento. É obtido por um volante rotativo com quatro lâminas e quatro pás. A utilização deste dispositivo pode ser justificada pelas menores dimensões obtidas em relação ao

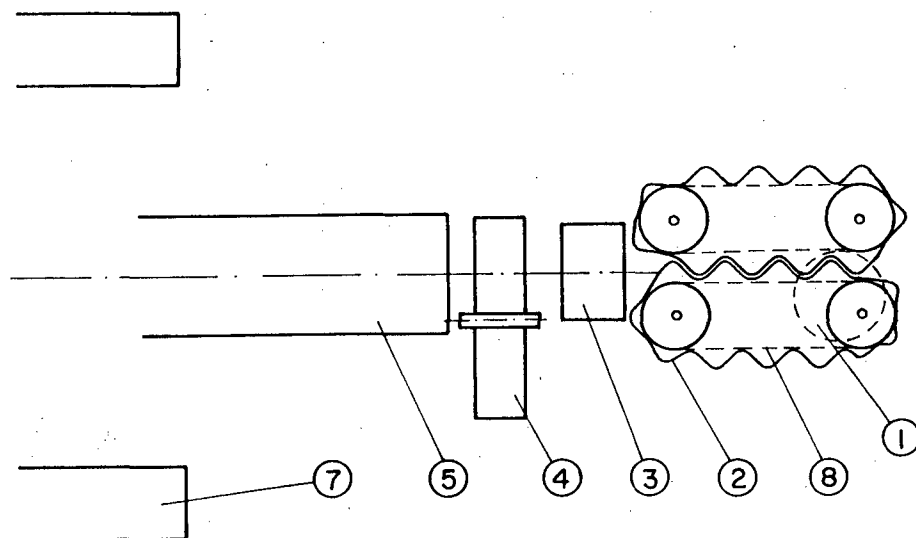
dispositivo do tipo de rotor cilíndrico.

- e) Descarga do material. É feita pelas pás do dispositivo anterior, que produzem um transporte mecânico/pneumático. O material picotado é conduzido através de um duto flexível até a carreta de transporte situada atrás do trator.
- f) Posição da máquina. A máquina deverá ficar na frente do trator pelas facilidades de acionamento, engate e outras regulagens que esta posição permite.



- 1 - Dispositivo de corte
- 2 - Correias planas inclinadas
- 3 - Rolos alimentadores
- 4 - Dispositivo de picotamento
- 5 - Chassi do trator
- 6 - Faca fixa
- 7 - Roda do trator

Fig. 4.8- Esquema da vista lateral da concepção proposta.



- 1 - Dispositivo de corte
- 2 - Correias planas inclinadas
- 3 - Rolos alimentadores
- 4 - Dispositivo de picotamento
- 5 - Chassi do trator
- 7 - Roda do trator
- 8 - Corrente

Fig. 4.9- Esquema da vista superior da cocepção proposta.

## CAPÍTULO V

### PROJETO PRELIMINAR DO PROTÓTIPO

#### 5.1- Introdução

Até esta etapa, as atividades realizadas culminaram com a apresentação de uma concepção final do projeto. Nesta fase, realizaram-se estudos direcionados a obtenção de idéias e informações que permitiram estabelecer a viabilidade física e uma solução econômica para o projeto, através da escolha e dimensionamento dos parâmetros mais apropriados, de modo a atender os requisitos propostos.

#### 5.2- Projeto Preliminar

De acordo com estudos feitos no capítulo III, foi possível selecionar as medidas mais apropriadas para o volante rotativo, ou seja, este possuirá um diâmetro de 400 mm, uma largura de 50 mm, quatro lâminas e quatro pás. Com base no diâmetro escolhido e nas velocidades recomendadas, selecionou-se para este dispositivo a rotação de 1300 rpm.

Da mesma forma optou-se por comprimentos de 130 mm para as lâminas de corte e 175 mm para as pás.

Este dispositivo deverá ser envolto por uma carcaça metálica com uma largura interna de 60 mm e diâmetro interno de 410 mm.

Levando em consideração a rotação do dispositivo de picotamento, o comprimento das lâminas, e que o material picotado deve ter um comprimento de 25 mm, selecionaram-se rolos

alimentadores com diâmetros iguais, de 100 mm e comprimentos iguais ao do dispositivo de picotamento. Estes rolos estarão girando a 433 rpm com sentido de rotação invertido, cada um possuindo 12 aletas longitudinais lisas. O rolo inferior será fixo, enquanto o rolo superior será apoiado em guias para ter deslocamento vertical.

Através de dados colhidos no capítulo III, estabeleceu-se que as correias planas aparafusadas nas correntes de rolo, deveriam ter uma largura de 80 mm e transportar as plantas, cortadas no dispositivo de corte, até o dispositivo de alimentação com uma velocidade de 0,7 m/s.

O acionamento deste conjunto será feito por dois pares de rodas dentadas, com distância entre centros da roda condutora e da roda conduzida de 360 mm. Este conjunto deverá ser montado inclinado de 30° com a horizontal.

O dispositivo de corte será composto por um disco rotativo provido de três facas radiais defasadas de 120° e com 280 mm de diâmetro, girando a 288 rpm.

A determinação inicial destas medidas é necessária, tendo em vista que estes componentes são considerados os maiores responsáveis pela capacidade, potência consumida, tamanho e peso da máquina.

O sistema de transmissão da máquina, conforme mostrado na Fig. 5.1, é acionado a partir da polia 1, situada no volante do trator, através da correia trapezoidal 2 até a polia 3. Esta polia está montada sobre o primeiro eixo de um redutor, formado pelas engrenagens 4 e 5, a partir do qual é efetuado o acionamento do dispositivo de picotamento 6, através do acoplamento elástico 7, e da caixa de transmissão a 90° formada pelo par de engrenagens cônicas 8.



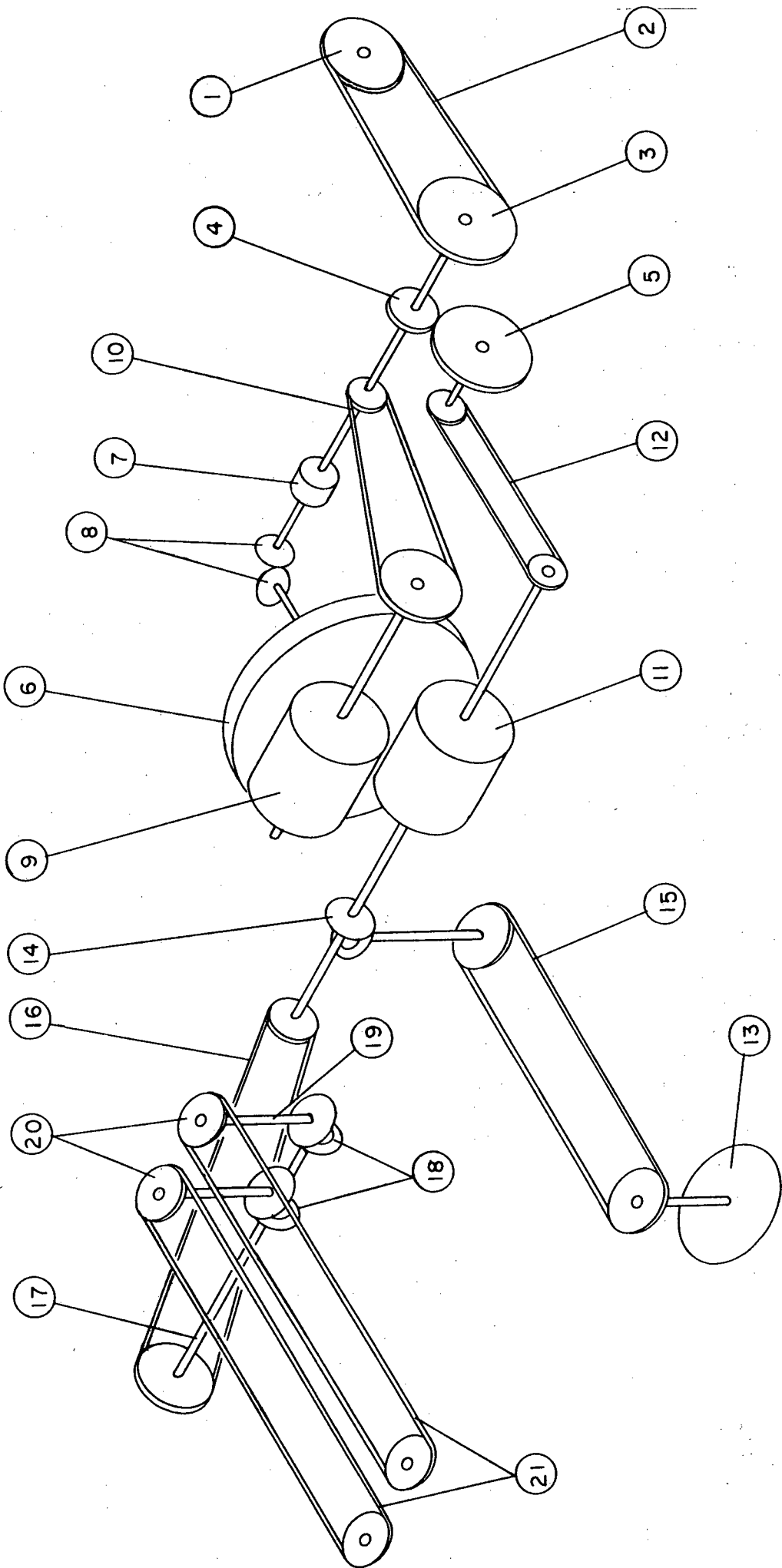


Fig. 5.1 - Sistema de transmissão.

A partir do primeiro eixo do redutor, o rolo alimentador superior 9 é acionado por uma transmissão de rodas dentadas e corrente 10. O rolo alimentador inferior 11 é acionado a partir do segundo eixo do redutor, pela transmissão de rodas e corrente 12.

A transmissão para o disco de corte 13 é efetuada pelo par de engrenagens cônicas 14 e pelo par de rodas dentadas e corrente 15. A tomada de potência para o dispositivo de transporte é efetuada pela transmissão de corrente 16 até o eixo 17, pares de engrenagens cônicas 18, eixos 19, sob os quais estão montadas as rodas dentadas 20, de acionamento das correntes 21, onde estão montadas as correias planas.

Os estudos posteriores estão relacionados com a construção de uma estrutura onde estão fixados os componentes descritos anteriormente, e de uma série de outras estruturas, cuja finalidade é a proteção e o bom desempenho destes componentes visando, principalmente, facilitar os processos de fabricação, montagem e desmontagem para manutenção. Estas estruturas estão descritas a seguir:

a) Estrutura geral de apoio. É formada por uma espécie de chassi feito de perfis "L", soldados e dispostos conforme a Fig. 5.2. Sua função é de sustentar os dispositivos que compoem a máquina.

Os perfis 1 e 2 tem a finalidade de suportará a carcaça do dispositivo de picotamento, a qual será aparafusada nestes perfis.

Nos perfis 3 e 5 e nos perfis 4 e 6, soldados respectivamente nos perfis 2 e 7, serão apoiados os eixos dos rolos alimentadores.

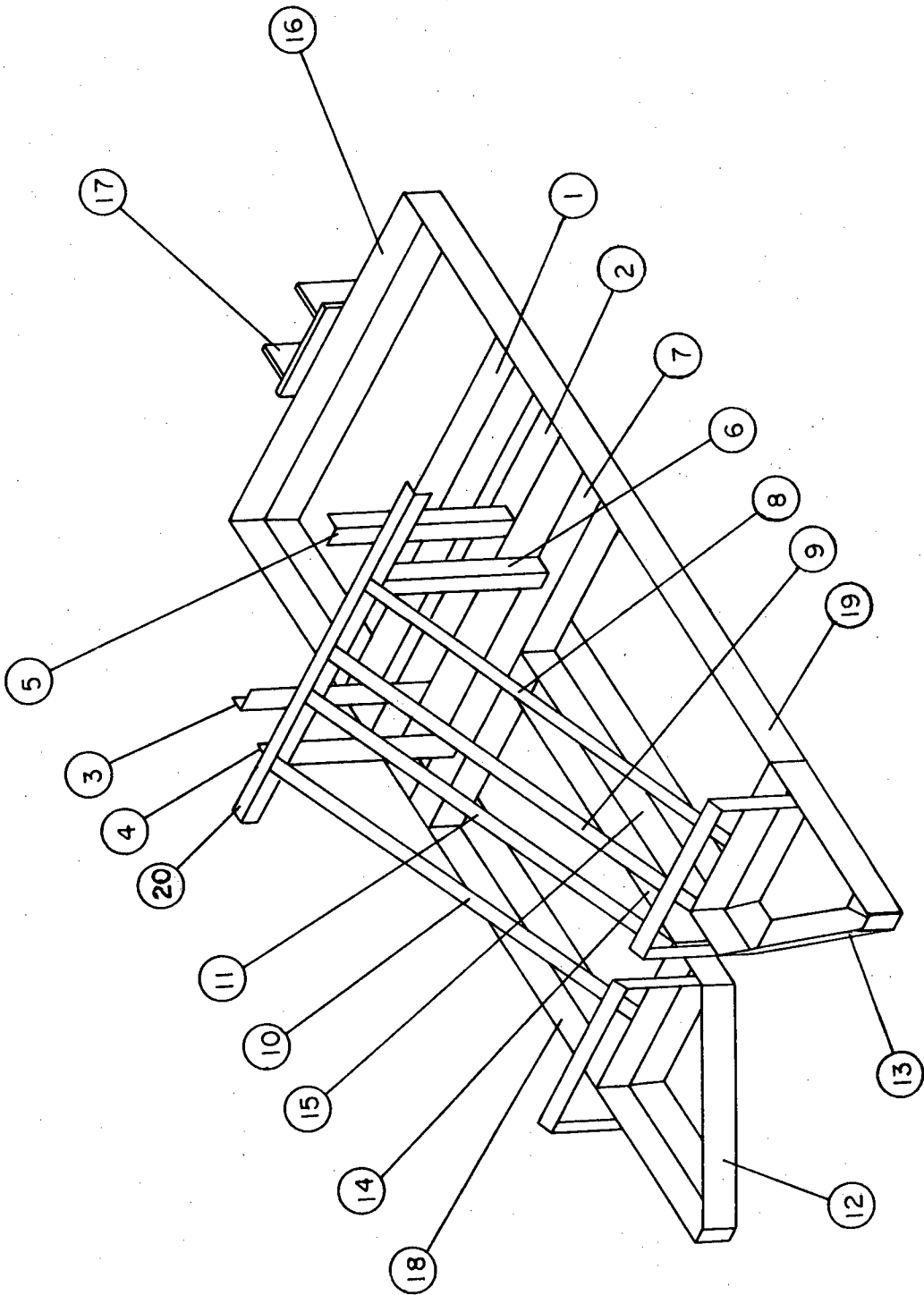


Fig. 5.2 - Vista em perspectiva da estrutura geral de apoio.

O apoio e fixação do dispositivo de transporte, serão feitos pelos perfis 8 a 11, que estão inclinados de 30° com a horizontal.

Os perfis 12 e 13 tem a função de guiar as plantas para o corte, que será efetuado quando a planta estiver entrando no espaço formado pelos perfis 14 e 15.

A estrutura será ligada ao trator através do dispositivo 17, soldado no perfil 16, e apoiada no solo por intermédio de duas rodas livres, aparafusadas uma no perfil 18 e outra no perfil 19.

Na parte inferior da estrutura será soldada uma chapa de aço, visando a proteção dos componentes mecânicos internos.

b) Carcaça do dispositivo de picotamento. A idéia básica consta da construção de duas carcaças separadas com formato semi-circular, feitas de chapas soldadas. As duas metades são unidas por parafusos formando o conjunto da Fig. 5.3.

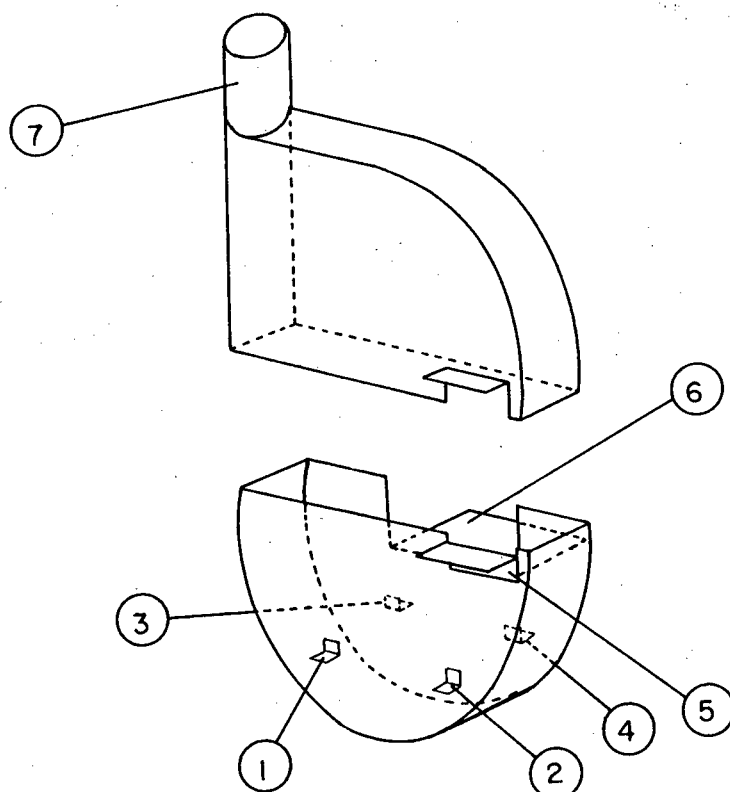


Fig. 5.3- Carcaça do dispositivo de picotamento.

A parte inferior é provida das abas: 1 a 4 para a fixação, por parafusos na estrutura geral de apoio; 5 para a fixação da contra face e 6 para apolar uma caixa de transmissão a 90°, que faz o acionamento do volante rotativo que irá girar no interior da carcaça.

A parte superior possui a bica 7, que tem a função de conduzir o material picotado, quando este é descarregado para fora do dispositivo.

c) Guias do rolo superior. São em número de duas, fixadas nos perfis 4 e 6. Constituem-se de uma haste cilíndrica e de um anel deslizante (Fig. 5.4) que é soldado à uma placa na qual é montado um rolamento, que servirá de apoio para o eixo do rolo superior.

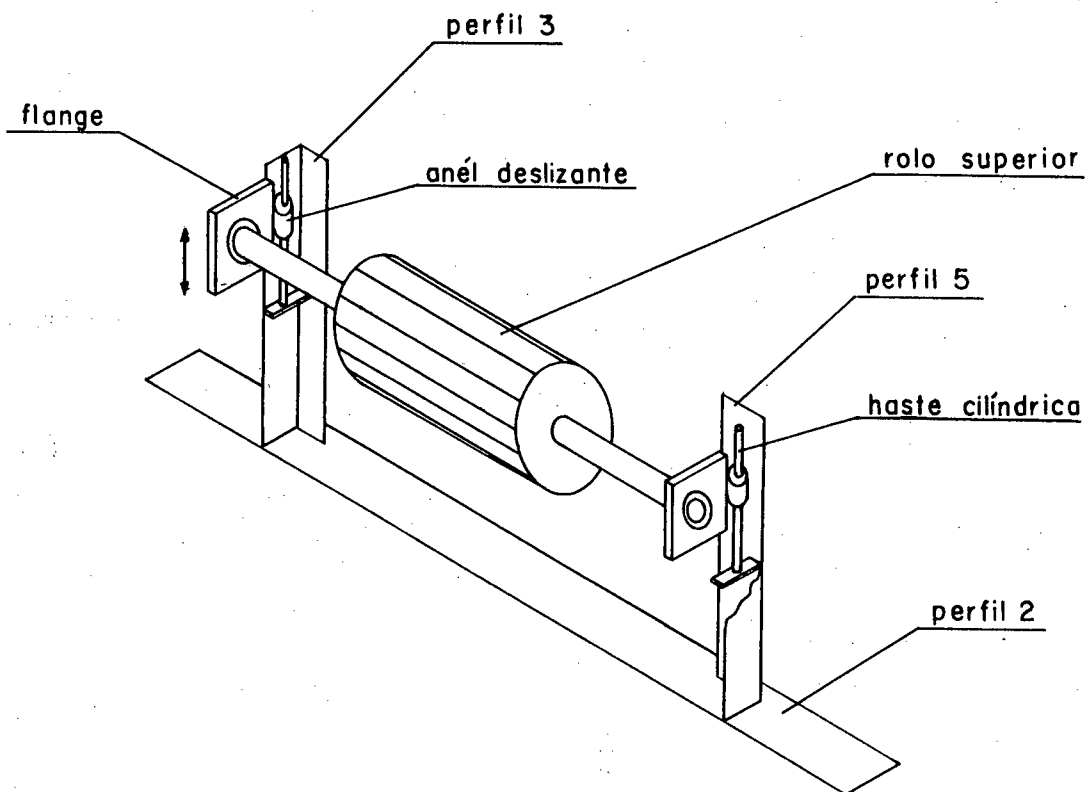


Fig. 5.4- Guias do rolo superior.

d) Proteção dos rolos alimentadores. Estes componentes são feitos de chapa de aço fina, de forma a envolver os rolos alimentadores

(ver Fig. 5.5), e servem para impedir o contato, de restos de plantas e outras impurezas que passam por estes rolos, com os componentes do sistema de transmissão e o interior da máquina.

A proteção do rolo superior é soldada numa barra aparafusada nas placas onde seu eixo é apoiado. A proteção do rolo inferior é aparafusada na calha de transporte (Fig. 5.6).

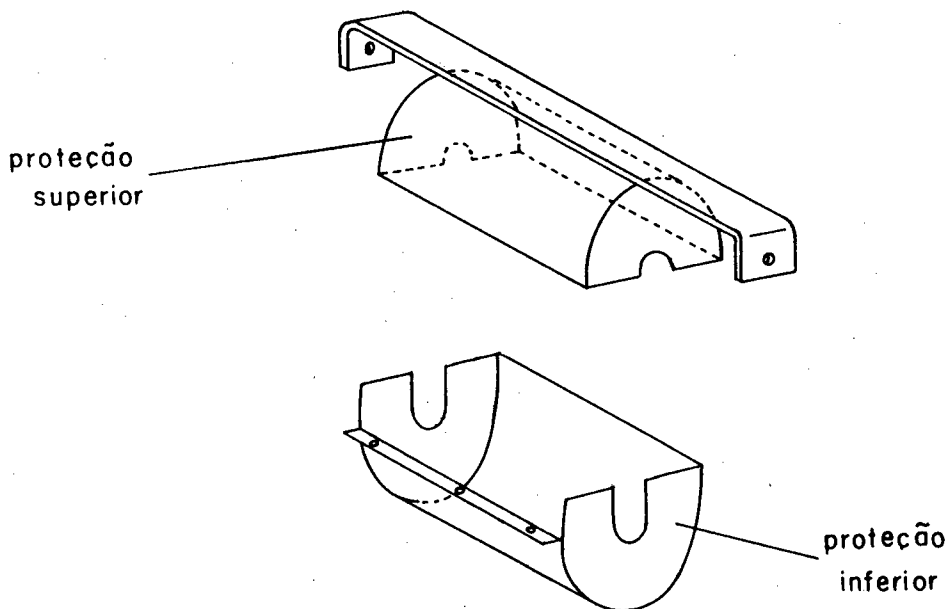


Fig. 5.5- Proteção dos rolos alimentadores.

e) Calha auxiliar de transporte. Consiste em duas peças feitas de chapa dobrada unidas entre si por parafusos, onde uma delas é aparafusada nos perfis 9 e 11 da estrutura geral de apoio (ver Fig. 5.2) e a outra é aparafusada na proteção do rolo inferior (Fig. 5.6).

Esta calha tem a função de auxiliar o transporte das plantas cortadas, servindo de apoio para a base da planta que está sendo transportada pelas correias planas, e, também, impedir a entrada de restos de plantas e sujeira, proveniente da operação de corte, na parte interna da máquina.

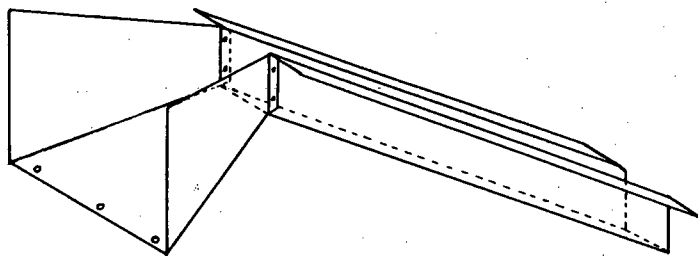


Fig. 5.6- Calha auxiliar do transporte.

f) Chapas de isolamento. São as chapas A, B, C, D e E montadas nos perfis 8 e 9, 10 e 11 e 18, conforme mostrado na Fig. 5.7. O

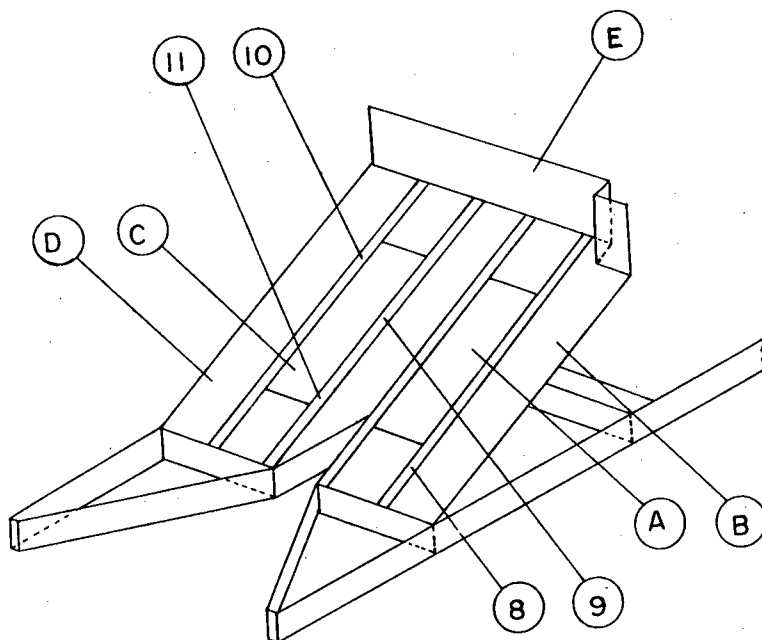


Fig. 5.7- Chapas de isolamento.

objetivo principal destas chapas é isolar o ambiente do dispositivo de transporte da parte interna da máquina onde esta alojado parte do sistema de transmissão.

g) Carroceria. Todos os componentes até agora descritos são envolvidos por uma cobertura de chapa de aço dobrada, formando a carcaça mostrada na Fig. 5.8, cuja principal finalidade é a proteção dos dispositivos operacionais e do sistema de

transmissão.

O conjunto é formado por seis partes, que são fixadas, na estrutura geral de apoio, por parafusos. Esta divisão visa garantir o acesso fácil aos componentes internos, evitando a desmontagem de toda carcaça, em casos de necessidade.

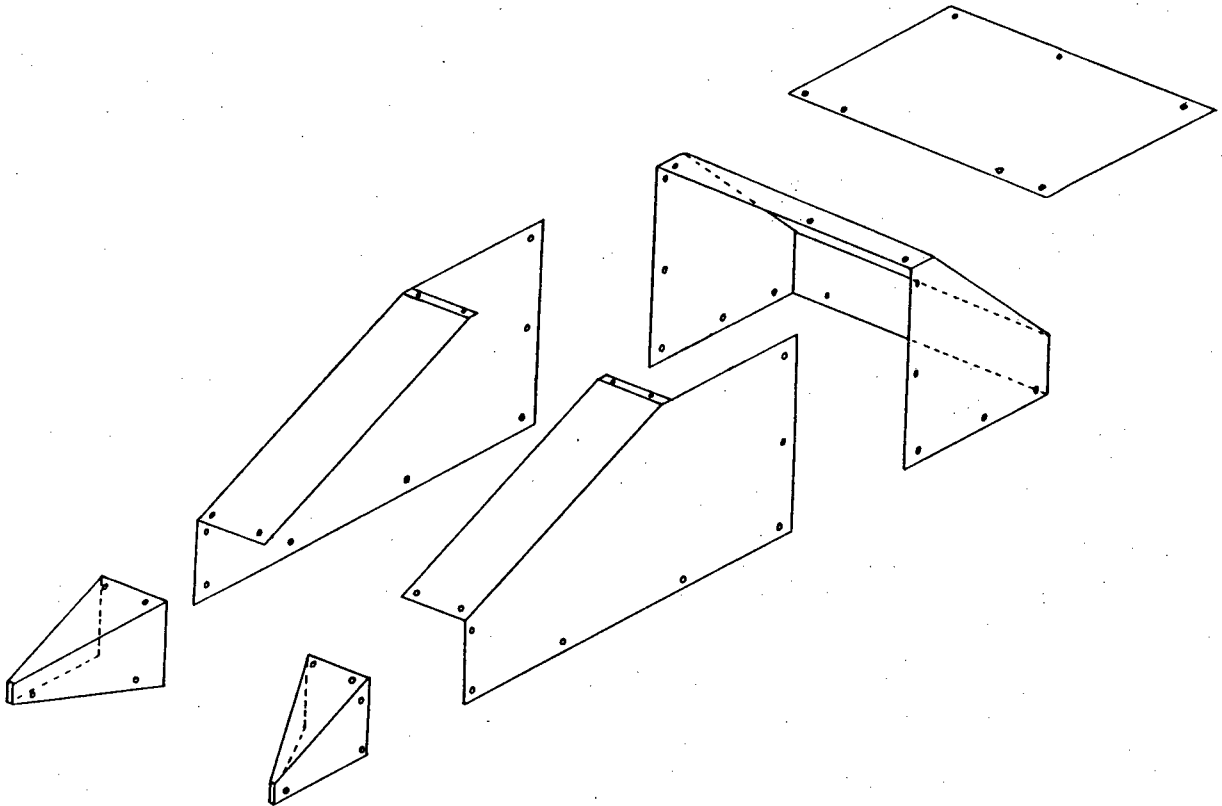


Fig. 5.8- Carroceria.

h) Rodas de apoio. A máquina estará apoiada sobre duas rodas montadas numa estrutura, que será aparafusada nos perfis 18 e 19 da estrutura geral de apoio.

Esta estrutura permitirá o giro livre das rodas em torno do eixo A, e a regulagem discreta da altura da máquina em relação ao solo, através dos furos da chapa B. O conjunto está mostrado na Fig. 5.9.



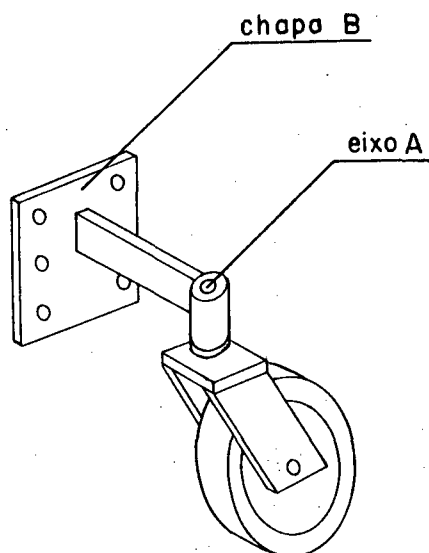


Fig. 5.9- Rodas de apoio.

1) Engate. Além de estar apoiada nas rodas de apoio, a máquina é ligada ao trator através de um engate rígido. Este é constituído de duas partes A e B em forma de "U", unidas por um pino passante C, e feitas de pedaços soldados de chapa de aço (ver Fig. 5.10).

A parte A é soldada no perfil 16 da estrutura geral de apoio, e a parte B é aparafusada no chassi do trator.

Esta configuração de engate, que faz com que o trator e a máquina formem um veículo só, apoiado sobre quatro rodas, traz a necessidade de adoção de um novo engate entre o trator e a carreta, pois o original só permite o movimento no plano horizontal, dificultando o desempenho do conjunto formado pela máquina-trator-carreta em terrenos irregulares. Ou seja, este engate tem a função de propiciar um grau de liberdade a mais na ligação entre o trator e a carreta. A adaptação é mostrada na Fig. 5.11.

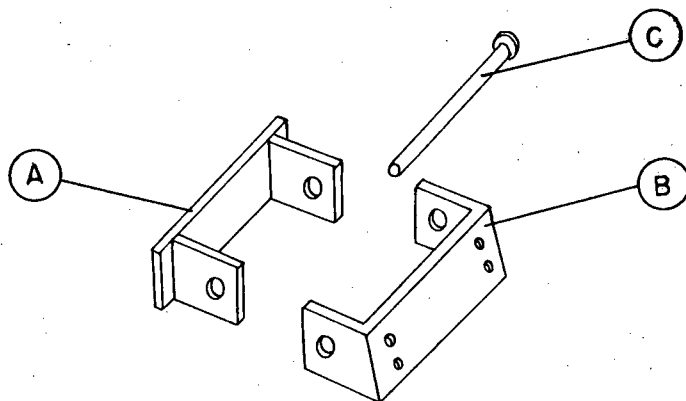


Fig. 5.10- Engate entre o trator e a máquina.

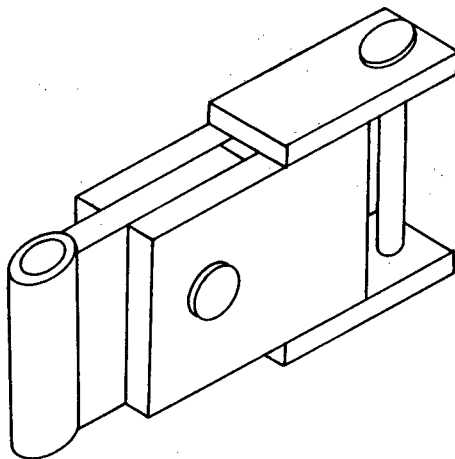


Fig. 5.11- Adaptação no engate entre trator e carreta.

A configuração final do protótipo pode ser observada através da figura 5.12, onde se tem:

- 1 - guias;
- 2 - dispositivo de corte;
- 3 - contra-faca;
- 4 - correias planas;
- 5 - rolo de alimentação superior;
- 6 - rolo de alimentação inferior;

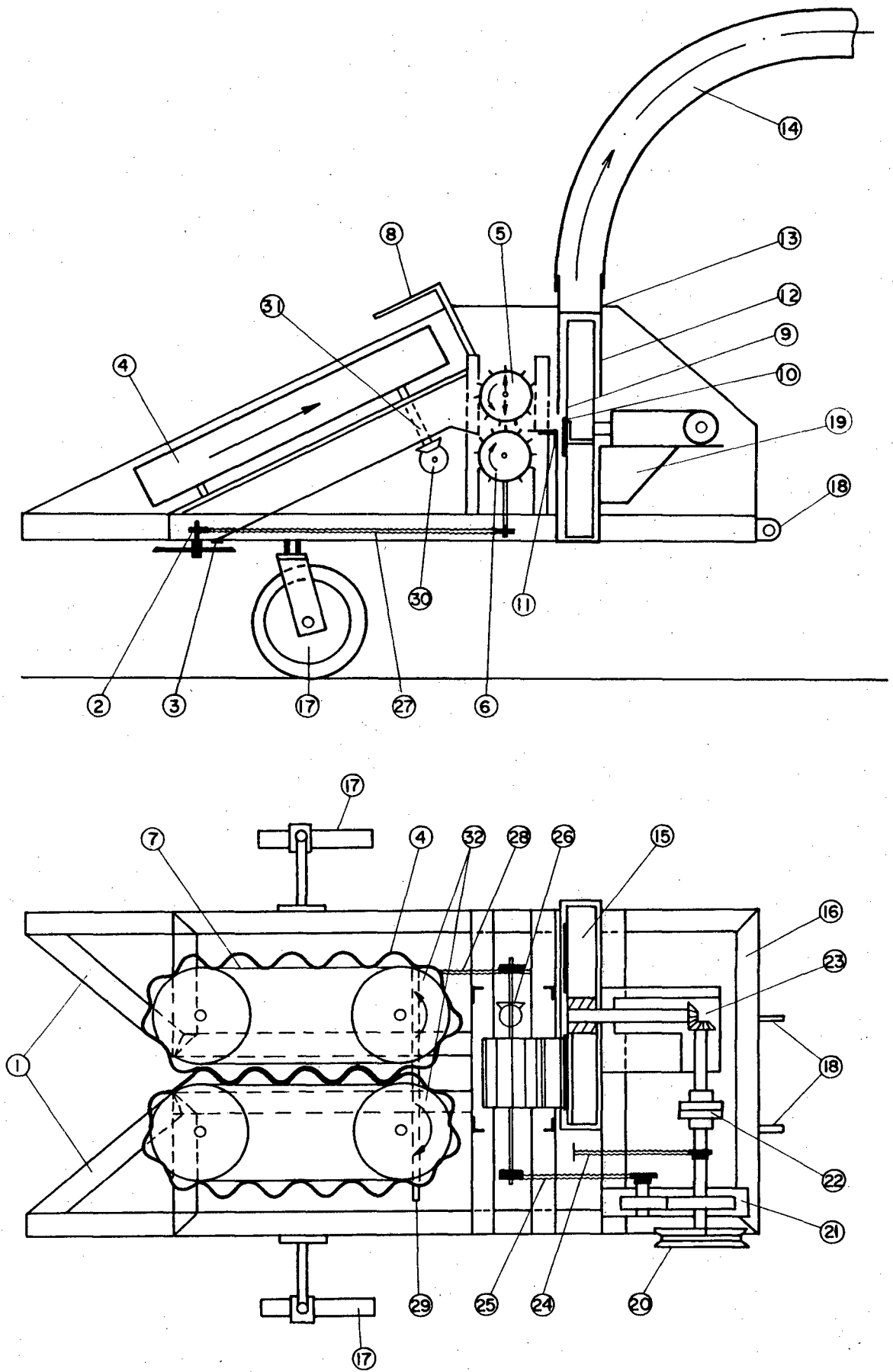


Fig. 5.12 - Configuração final do protótipo.

- 7 - corrente de rolos;
- 8 - guias;
- 9 - volante rotativo;
- 10 - lâminas de corte;
- 11 - contra-faca;
- 12 - carcaça;
- 13 - boca de saída;
- 14 - duto flexível;
- 15 - pás do volante;
- 16 - estrutura geral de apoio;
- 17 - rodas de apoio;
- 18 - engate;
- 19 - aba de apoio da caixa de transmissão;
- 20 - polia;
- 21 - redutor;
- 22 - acoplamento;
- 23 - caixa de transmissão;
- 24 - corrente de acionamento do rolo superior;
- 25 - corrente de acionamento do rolo inferior;
- 26 - engrenagens cônicas;
- 27 - corrente de acionamento do dispositivo de corte;
- 28 - corrente de acionamento do dispositivo de transporte;
- 29 - eixo;
- 30 - engrenagens cônicas;
- 31 - eixo;
- 32 - roda dentada.

## CAPÍTULO VI

## PROJETO DETALHADO DO PROTÓTIPO

## 6.1- Introdução

A concepção descrita no projeto preliminar será agora, alvo de um detalhamento mais profundo no que se refere à especificação dos componentes. Os materiais são selecionados, os processos de fabricação determinados e as dimensões dos elementos estipuladas.

A diretriz tomada para a escolha da matéria prima está baseada na economia de material e simplicidade de fabricação, objetivando a redução de custos. Procurou-se ao máximo, utilizar materiais e componentes normalizados e de fácil aquisição, com o propósito de minimizar os trabalhos de usinagem, corte, dobramento e conformação.

Todas as atividades desenvolvidas no capítulo anterior estão em concordância com esta linha de atuação, de modo que a escolha dos processos de fabricação dos componentes recaiu sobre aqueles mais simples, evitando assim a utilização de processos caros que necessitam de mão-de-obra especializada, tais como usinagens e soldagens especiais.

O acompanhamento para a especificação dos elementos que compõem a máquina realizar-se-á de acordo com a sequência de desenhos que compõem o anexo 1, e o detalhamento será efetuado da seguinte forma:

Desenho N<sup>o</sup> 1 - Estrutura geral de apoio. O material utilizado na confecção da estrutura é constituído de perfis de

formato "L" de aço ABNT 1020 soldados, onde os perfis 1 a 10 medem 50 x 50 mm com 5 mm de espessura, 11 a 14 medem 40 x 40 mm com 4 mm de espessura, e 15 a 19 medindo 20 x 20 mm com 3 mm de espessura. Os perfis 20 e 21 são de ferro chato medindo 25 x 3 mm.

Desenho N° 2 - Carcaça do ventilador. É constituída da parte inferior A e da parte superior D, ambas de formato semi-circular, com diâmetro interno e largura interna de 410 mm e 60 mm, respectivamente. A parte A é confeccionada de chapa de aço ABNT 1020 com 6,35 mm de espessura e provida de seis abas, nela soldadas. As quatro abas inferiores são feitas de perfil tipo "L" medindo 40 x 40 mm com 4 mm de espessura, e servem para o apoio e fixação, por parafusos, da parte A nos perfis 4 e 5 da estrutura geral de apoio (ver desenho n° 1). A aba C é feita de perfil tipo "L" medindo 50 x 50 mm com 5 mm de espessura, servindo para o apoio e fixação da contra-faca. A aba D é feita de chapa de 6,35 mm de espessura, servindo para o apoio e fixação, por parafusos, da caixa de transmissão a 90 (ver desenho n° 4).

A parte D é feita de chapa de aço ABNT 1020 com 3 mm de espessura, e é provida da bica de saída E, onde se encaixa o duto flexível de 75 mm de diâmetro, que conduzirá o material picotado até a carreta.

Desenho N° 3 - Volante rotativo. É constituído pelo cubo 1, pelos perfis de formato "L" 2, e pelas lâminas de corte 3, possuindo 400 mm de diâmetro e 55 mm de largura.

O cubo é feito de aço ABNT 1020, com 84 mm de diâmetro externo, 28 mm de diâmetro interno e 50 mm de comprimento. Possui, ainda, um rasgo de chaveta com largura de 10 mm e 7 mm de altura. Este cubo será montado no eixo B da caixa de transmissão a

90 (ver desenho nº 4).

Soldados neste cubo estão quatro perfis "L" medindo 50 x 50 mm com 5 mm de espessura e 180 mm de comprimento. Estes perfis tem dupla finalidade, além de servirem como estrutura de apoio para a fixação, por parafuso, das lâminas de corte 3, são responsáveis, também pela descarga do material picotado por arremesso e ação pneumática.

As lâminas são feitas de aço ABNT 1060 temperado, possuindo 130 mm de comprimento, 5 mm de espessura, e o gume de corte apresenta um ângulo de cunha de  $30^\circ$ . Cada lâmina é fixada num dos perfis L, por intermédio de três parafusos de cabeça cônica M8 x 20 mm, providos de contra-porca para evitar o afrouxamento.

Desenho Nº 4 - Caixa de transmissão a  $90^\circ$ . Tem a função de acionar o volante rotativo, através do movimento fornecido pelo acoplamento de flanges ligado ao eixo 4 do redutor (ver desenho nº5).

É constituída pelos eixos A e B, onde estão montados duas engrenagens cônicas de módulo 3,5 mm e 15 dentes, feitas de aço ABNT 8620 e cementadas. O eixo A, mostrado no desenho nº 13, possui 171 mm de comprimento e 30 mm de diâmetro. Possui, também, um rasgo para chaveta que será usada para transmitir o torque fornecido pelo acoplamento. O eixo B mostrado no desenho nº 14, medindo 162 mm de comprimento, é escalonado, sendo uma parte com diâmetro de 30 mm, onde serão montados os rolamentos, e outra parte com diâmetro de 28, mm com um rasgo para chaveta e outro para anel elástico, onde será fixado o cubo do volante rotativo.

Os dois eixos serão apoiados em rolamentos rígidos de uma carreira de esferas nº 6206 da marca SKF, e entre eles está

posicionado um anel espaçador com 30 mm de diâmetro interno, 36 mm de diâmetro externo e 30 mm de comprimento, feito de aço ABNT 1020.

O conjunto formado pelos eixos, rolamentos e anéis espaçadores é montado numa carcaça feita de dois tubos de aço ABNT 1020 soldados a 90°, como mostra o desenho. O diâmetro externo é de 82 mm e o diâmetro interno, obtido por usinagem, é de 62 mm. No final de cada tubo, existe um rasgo na parte interna que serve para alojar um anel elástico para furo, marca SEEGER tipo 502062, cuja finalidade é impedir o movimento axial dos eixos e rolamento, o que causaria o desengrenamento.

Soldada na carcaça, está uma chapa de aço ABNT 1020, medindo 180 x 180 mm com 3 mm de espessura e provida de quatro furos, que servirá para apoio e fixação por parafusos, da caixa de transmissão na aba D da carcaça do ventilador, ver desenho n° 2.

As engrenagens e os rolamentos estarão operando em banho de óleo Merona 150 Texaco, especial para caixas de transmissão com engrenagens. Este óleo é retido no interior da carcaça por dois retentores de borracha/metal com 10 mm de largura, 30 mm de diâmetro interno e 62 mm de diâmetro externo.

Desenho N° 5 - Redutor. É o dispositivo que recebe o movimento fornecido pelo trator e o distribui adequadamente para os dispositivos de alimentação e picotamento.

O eixo 4 mostrado no desenho n° 15, é feito de aço ABNT 1045 e escalonado, possuindo uma parte central com 32 mm de diâmetro e as extremidades com 30 mm de diâmetro. Apresenta também, quatro rasgos para chaveta e seu comprimento é de 254 mm.

Sobre o rasgo A é fixada uma polia de alumínio com 150



mm de diâmetro, provida de duas canaletas para correias trapezoidais tipo B-48, que fazem a transmissão do movimento da polia montada no volante do trator, para esta polia, com relação de transmissão 1.

Sobre o rasgo B é montada uma engrenagem cilíndrica de dentes retos, com módulo 3 mm, 20 dentes e 20 mm de largura (ver desenho n° 16). Esta engrenagem juntamente com outra é responsável pelo acionamento do eixo 2.

No rasgo C, é montada uma roda dentada feita de aço ABNT 1045 com 13 dentes, que por intermédio de uma corrente de rolos e outra roda dentada, é responsável pelo acionamento do rolo de alimentação superior, com uma relação de transmissão 3.

Sobre o rasgo D, é montado um dos flanges do acoplamento, que faz a transmissão do movimento para o eixo A da caixa de transmissão a 90°, acionando assim o dispositivo de picotamento.

Nas partes do eixo onde o diâmetro é de 30 mm, adjacentes à parte com 32 mm de diâmetro, onde é montada a engrenagem, são montados dois rolamentos rígidos de uma carreira de esferas, tipo SKF 6006. Estes por sua vez são apoiados nos flanges de suporte 6, mostrados no desenho n° 20, que além dos rolamentos, alojam os retentores 7. Estes flanges são feitos de ferro fundido e são fixados na carcaça 11 por parafusos.

O eixo 2 mostrado no desenho n° 18, é feito de aço ABNT 1045 e escalonado. Possui dois rasgos para chaveta e seu comprimento é de 96 mm.

Sobre o rasgo C é montada a engrenagem cilíndrica de dentes retos 9, com módulo 3 mm, 60 dentes e 20 mm de largura (ver desenho n° 19), formando com a engrenagem 10, um par de engrenagens com relação de transmissão 3.

Sobre o rasgo D é montado uma roda dentada feita de aço ABNT 1045 com 13 dentes, que, por intermédio de uma corrente de rolos e outra roda dentada, é responsável pelo acionamento do rolo de alimentação inferior, com uma relação de transmissão 1.

Este eixo é apoiado em dois rolamentos tipo SKF 6006, onde um é fixado no flange B e outro no flange B, mostrados no desenho n° 17, que são fixados na carcaça por parafusos.

A carcaça 11 mostrada no desenho n° 21, é feita de chapa de aço ABNT 1020 com 6,35 mm de espessura. Possui na parte inferior abas para aparafusamento desta na estrutura geral de apoio.

O redutor é provido de óleo Merona 150 Texaco, em quantidade adequada para lubrificação das engrenagens e dos rolamentos.

Desenho N° 6 - Dispositivo de alimentação. É constituído de dois eixos com rolos, que são fixados nos perfis 11 a 14 da estrutura geral de apoio, ver desenho n° 1.

O eixo inferior 1, mostrado no desenho n° 22, é feito de aço ABNT 1020, escalonado, com 394 mm de comprimento. O rolo é feito de tubo de aço ABNT 1020 de 90 mm de diâmetro externo, espessura de 5 mm e 130 mm de comprimento. Sobre este são soldadas, paralelamente ao eixo, 12 aletas feitas de aço ABNT 1020, apresentando 5 mm de altura e 5 mm de espessura.

A união do tubo com o eixo é feita por meio de duas placas circulares de aço ABNT 1020, com 100 mm de diâmetro e 8 mm de espessura, soldadas nas extremidades do tubo visando selar todo interior deste evitando, assim, o acúmulo de impurezas.

Este eixo é provido ainda de duas rodas dentadas 3 e 4, fixadas no eixo com chaveta e parafuso de ponta atuante, e da

engrenagem cônica 5 soldada neste eixo. A roda 3 é feita de aço ABNT 1045 com 13 dentes, recebe o movimento fornecido pelo eixo 2 do redutor (ver desenho nº 5) através de uma corrente de rolos e da roda dentada posicionada sobre o rasgo deste eixo, com relação de transmissão 1. A roda 4 idêntica à roda 3 e transmite o movimento para o eixo 2 do dispositivo de transporte (ver desenho nº 8), através de uma roda dentada e de uma corrente de rolos. A engrenagem 5, juntamente com a 6, obtidas do conjunto planetária-satélite do diferencial do automóvel Galaxie, e fazem o acionamento do eixo 7, que pela roda 8, faz o acionamento do dispositivo de corte. A relação de transmissão entre o eixo 1 e o eixo 7 é de 0,66, e a relação de transmissão entre o eixo 7 e o eixo do dispositivo de corte é de 1.

O eixo 1 é apoiado em dois rolamentos rígidos de uma carreira de esferas Romax tipo AS-204-20, que estão presos nos flanges 9, e estes fixados por parafusos na estrutura geral de apoio.

O eixo superior 2, mostrado no desenho nº 22 é feito de aço ABNT 1020 e escalonado, com 351 mm de comprimento. O rolo e sua fixação no eixo são idênticos ao anterior.

Este eixo é provido da roda dentada 10, feita de aço ABNT 1020 com 39 dentes que é fixada no eixo com chaveta e parafuso de ponta atuante. Esta roda recebe o movimento do eixo 4 do redutor (ver desenho nº 5), através da roda dentada montada sobre o rasgo C deste eixo e de uma corrente de rolos.

Este eixo também é apoiado em dois rolamentos Romax tipo AS-204-20 que são presos nos flanges 9, que por sua vez são, aparafusados nas chapas 11. Nestas chapas, estão soldados os anéis 12, que podem deslizar nas hastes 13. Com isto, consegue-se um movimento relativo entre os rolos superior e inferior. Quando

movimento relativo entre os rolos superior e inferior. Quando a máquina estiver funcionando em vazio os rolos estarão em contato e rolando, já que eles possuem sentido de rotação invertido. As molas 14 tem a função de manter o rolo superior pressionado contra o rolo inferior, objetivando um adensamento do material que passa por estes rolos.

Os rolos estão envoltos por proteções feitas de chapa de aço ABNT 1020 com 1,2 mm de espessura. A proteção 15 é soldada na barra 16 e a proteção 17 é aparafusada na calha auxiliar de transporte.

Desenho N<sup>o</sup> 7 - Dispositivo de corte. É constituído por um disco rotativo com três lâminas, um eixo escalonado, dois rolamentos, e uma roda dentada e uma carcaça.

O disco rotativo é composto das lâminas 1 feitas de aço ABNT 1060 temperado medindo 100 mm de comprimento, 5 mm de espessura e gume com 30° de ângulo de cunha. Estas lâminas são fixadas no suporte 2 através de parafusos de cabeça cônica.

O eixo 3 mostrado no desenho n<sup>o</sup> 23, feito de aço ABNT 1020 e escalonado, com 116 mm de comprimento. Possui uma parte com seção transversal quadrada (corte A-B) na qual é montado o suporte 2, fixado axialmente no eixo através da porca tipo castelo 4. A roda dentada 5 feita de aço ABNT 1045 com 13 dentes é fixada no eixo com uma chaveta e recebe o movimento fornecido pelo eixo 7 do dispositivo de alimentação, ver desenho n<sup>o</sup> 6.

O eixo é apoiado em dois rolamentos rígidos de uma carreira de esferas SKF tipo 6006-2Z, e o conjunto formado pelo eixo e rolamentos é montado na carcaça 6, feita de aço ABNT 1020 (ver desenho n<sup>o</sup> 24) que é aparafusada nos perfis 8 e 10 da estrutura geral de apoio.

Desenho N° 8 - Dispositivo de transporte. A roda dentada 1 feita de aço ABNT 1020, com 39 dentes, que recebe o movimento do eixo 1 do dispositivo de alimentação (ver desenho n° 6), é fixada no eixo 2 por intermédio de uma chaveta e um parafuso de ponta atuante.

As engrenagens cônicas 3 e 5, soldadas no eixo 2, e as engrenagens 4 e 6 soldadas nos eixos 7 e 8, respectivamente, são as mesmas que formam o conjunto de planetária e satélite do diferencial do Volkswagen.

O eixo 2 é feito de aço ABNT 1020 com 20 mm de diâmetro e 246 mm de comprimento. É apoiado nos mancais de escorregamento 9 e 10 feitos de nylon, cujas carcaças são aparafusadas nos perfis 15 e 18 da estrutura geral de apoio, ver desenho n° 1.

Estes mancais medem 35 mm de comprimento, 20 mm de diâmetro interno e 25 mm de diâmetro externo.

Os eixos 7 e 8 mostrados no desenho n° 25, são apoiados em mancais de rolamento de uma carreira de esferas SKF tipo 6006-2Z montados em carcaças cilíndricas soldadas nas chapas 11. Estas são feitas de aço ABNT 1020 medindo 100 x 100 mm com 6,35 mm de espessura, e são aparafusadas nos perfis 15, 16 e 17, 18 da estrutura geral de apoio, ver desenho n° 1.

Os eixos 12 e 13 mostrados no desenho n° 26 são soldados nas chapas 14. Estas são fixadas nos perfis 15, 16 e 17, 18 possuindo, ainda, o parafuso 22 que funciona como esticador das correntes e correias planas.

As rodas dentadas 15 e 16, feitas de ferro fundido com 140 mm de diâmetro e 9 dentes, são fixadas nos eixo 7 e 8 por chaveta e anel elástico tipo 501.030 da SEEGER.

As rodas dentadas 17 e 18, de mesmo material e medidas externas que as rodas 15 e 16, possuem buchas internas feitas de

nylon. Estas rodas, fixadas axialmente nos eixos 12 e 13 com anéis elásticos tipo 501.020 da SEEGER, giram livremente nestes eixos.

As correntes de rolos 19 e 20 são da série ANCO tipo K-1 S45 da Rexnord, e as correias planas 21 possuem 3 lonas e 80 mm de largur.

Desenho N° 10 - Rodas de apoio. São constituídas da roda 1, com 200 mm de diâmetro e 40 mm de largura da Novex, do eixo 2, feito de aço ABNT 1020 com 20 mm de diâmetro e 105 mm de comprimento, do garfo 3 feito de aço ABNT 1020, da bucha de naylon 4, e do braço 5 feito de aço ABNT 1020, no qual é soldada a chapa 6 provida de furos para os parafusos que fixarão o conjunto na estrutura geral de apoio. Estes furos estão distanciados de 100 mm, permitindo, assim, uma regulagem discreta da altura da máquina de 200 mm até 100 mm em relação ao solo.

Os desenhos n 11 e 12 mostram respectivamente, o garfo e o braço em detalhe.

## CAPÍTULO VII

## CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

## 7.1 - Introdução

Concluída a fase de projeto detalhado e realizados os desenhos de fabricação, foram iniciados os trabalhos de construção e montagem do protótipo.

Estas atividades foram realizadas nas instalações do Laboratório de Projeto, vinculado ao Departamento de Engenharia Mecânica, e contou com o auxílio dos Laboratórios de Máquinas Operatrizes, Soldagem e Conformação Mecânica.

A seguir, é mostrada uma série de ilustrações sobre o trabalho, com o objetivo de melhor visualizar a sequência em que foram construídos os componentes e suas montagens.

A figura 7.1a mostra a estrutura geral de apoio, que é constituída basicamente de perfis L soldados. A figura 7.1b apresenta a estrutura anterior com as rodas de apoio montadas.

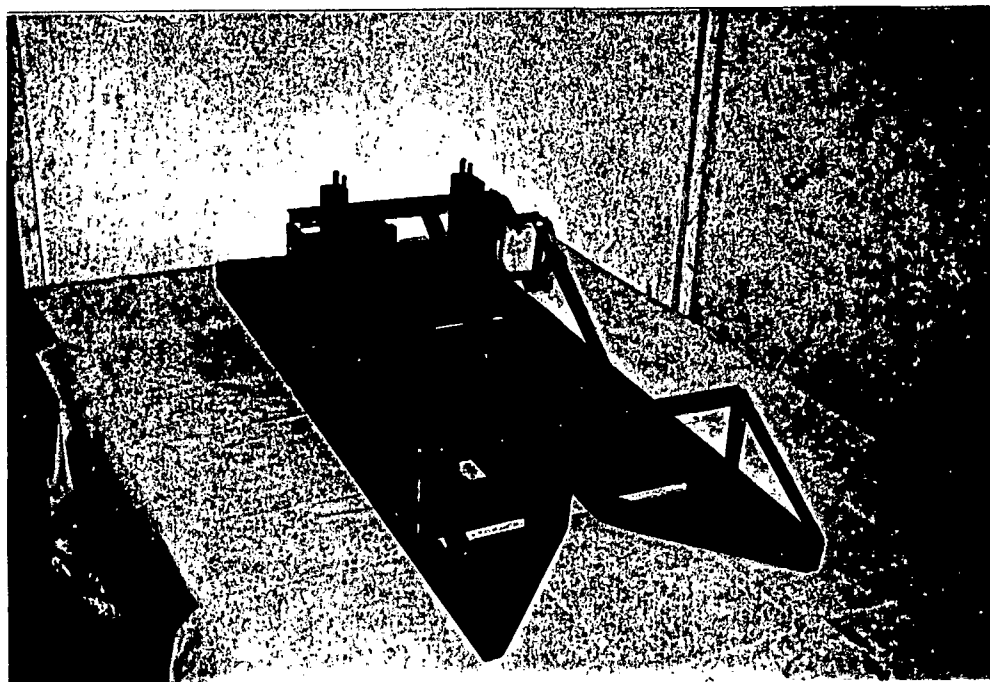


Fig. 7.1a - Estrutura geral de apoio.

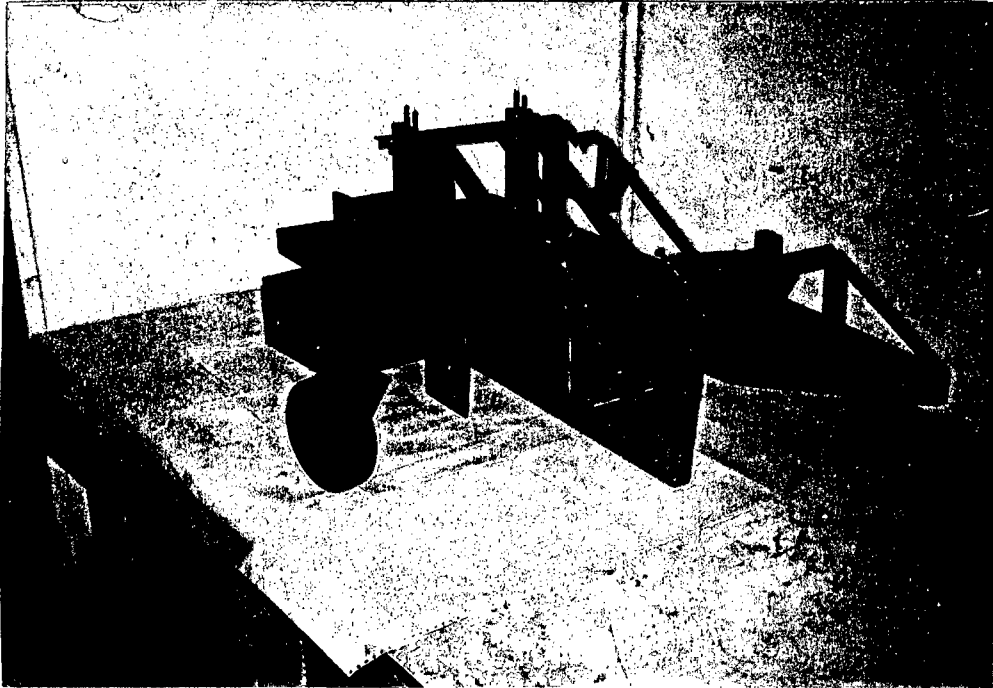


Fig. 7.1b - Detalhe mostrando a estrutura geral de apoio com as rodas de apoio.

O dispositivo de corte é mostrado na figura 7.2a, onde aparecem o disco rotativo com três lâminas e a carcaça contendo o eixo escalonado, dois rolamentos e uma roda dentada. A montagem deste dispositivo na estrutura geral de apoio, juntamente com o seu sistema de transmissão, é mostrada na figura 7.2b.

A figura 7.3a apresenta o rolo de alimentação superior provido de seus rolamentos e da roda dentada de 39 dentes, e o rolo inferior com seus rolamentos, suas rodas dentadas de 13 dentes e a engrenagem cônica, que juntamente com seu par tornam possível o acionamento do dispositivo de corte. A figura 7.3b mostra os rolos de alimentação montados na estrutura geral de apoio.



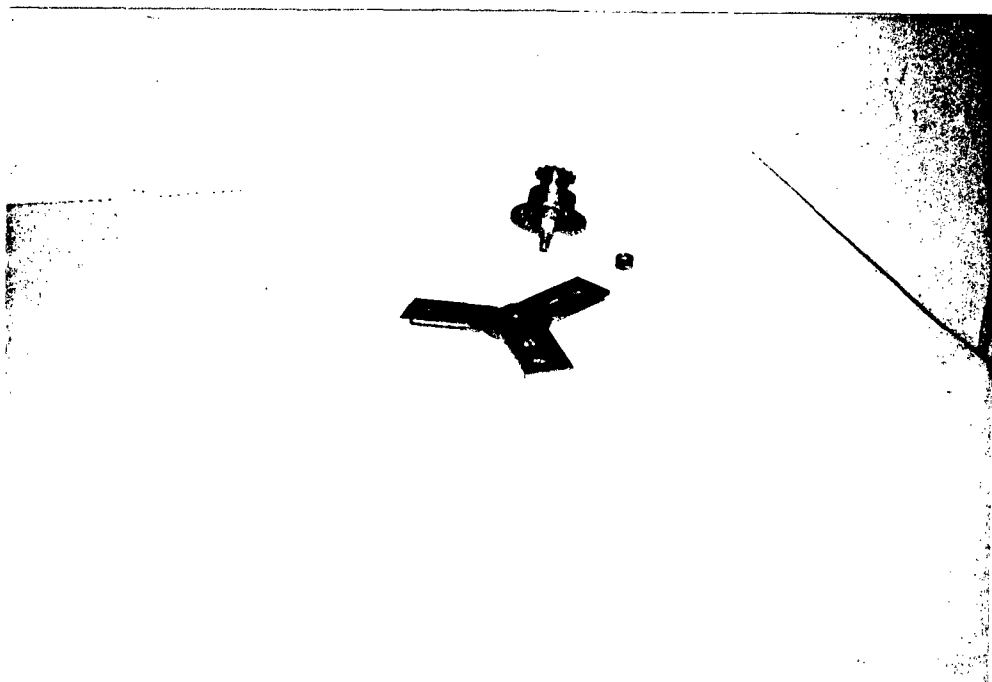


Fig. 7.2a - Dispositivo de corte.

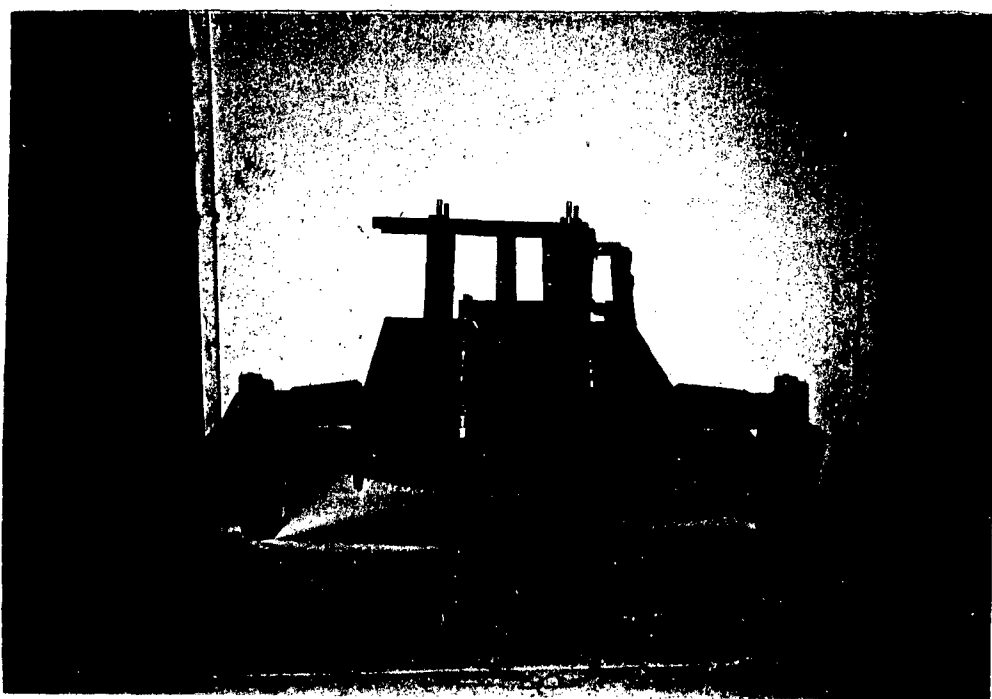


Fig. 7.2b - Montagem do dispositivo de corte na estrutura geral de apoio.

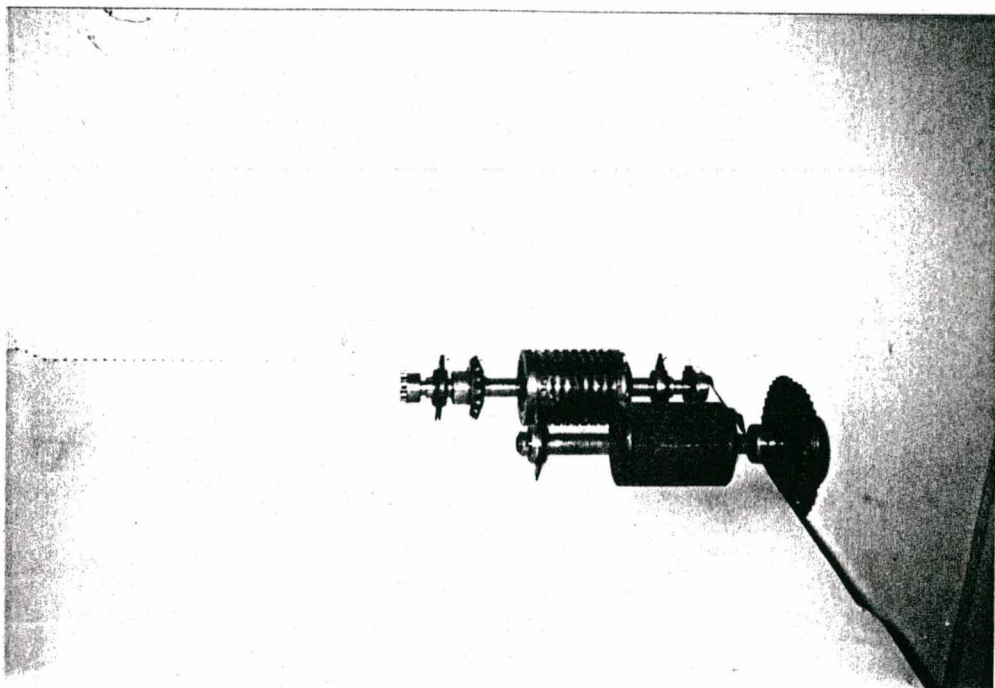


Fig. 7.3a - Rolos de alimentação superior (abaixo) e inferior (acima).

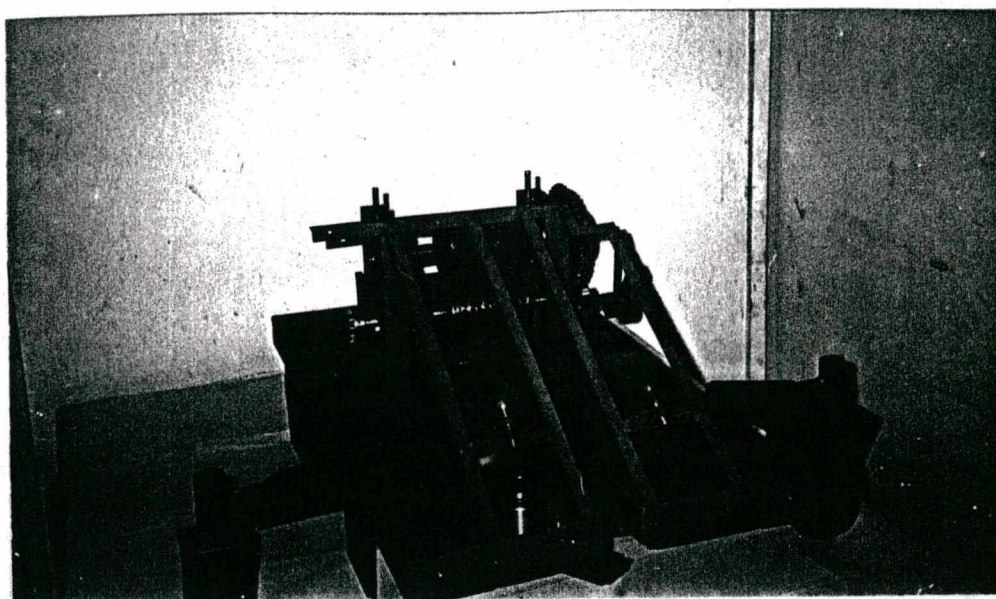


Fig. 7.3b - Detalhe mostrando os rolos de alimentação montados na estrutura geral de apoio.

A calha auxiliar do transporte é mostrada na figura 7.4a, e sua montagem na estrutura geral de apoio é apresentada na figura 7.4b.

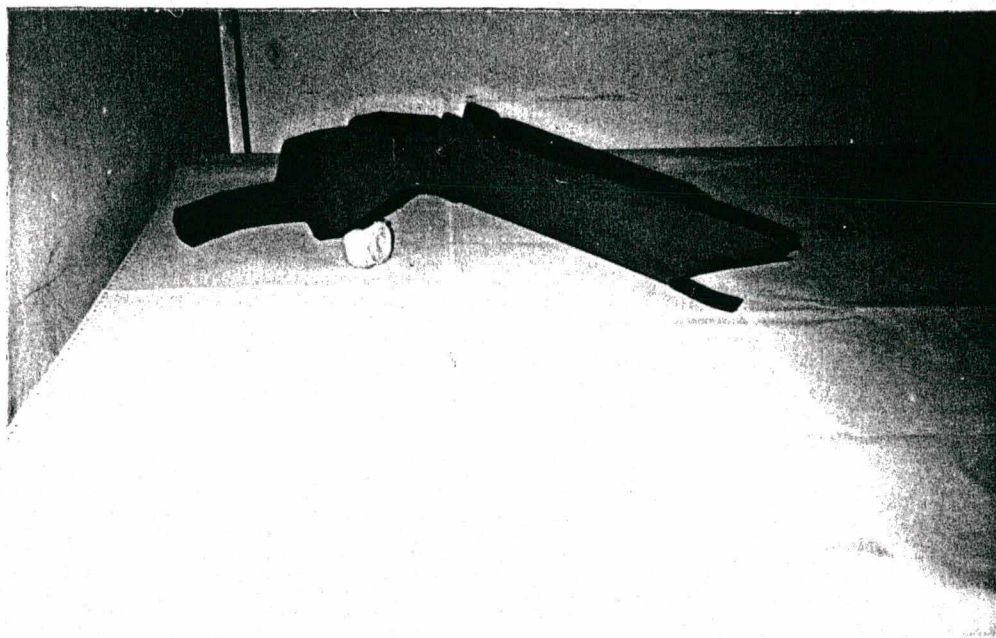


Fig. 7.4a - Calha auxiliar do transporte.

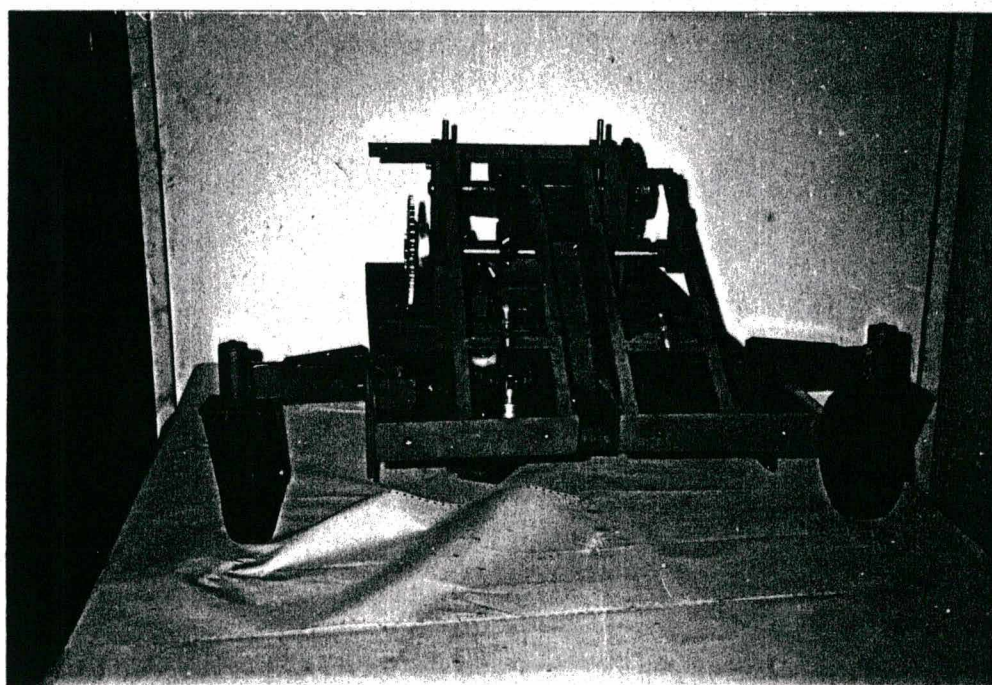


Fig. 7.4b - Montagem da calha auxiliar do transporte na máquina.

As proteções dos rolos de alimentação são mostradas na figura 7.5a; a figura 7.5b apresenta a montagem das proteções na máquina.

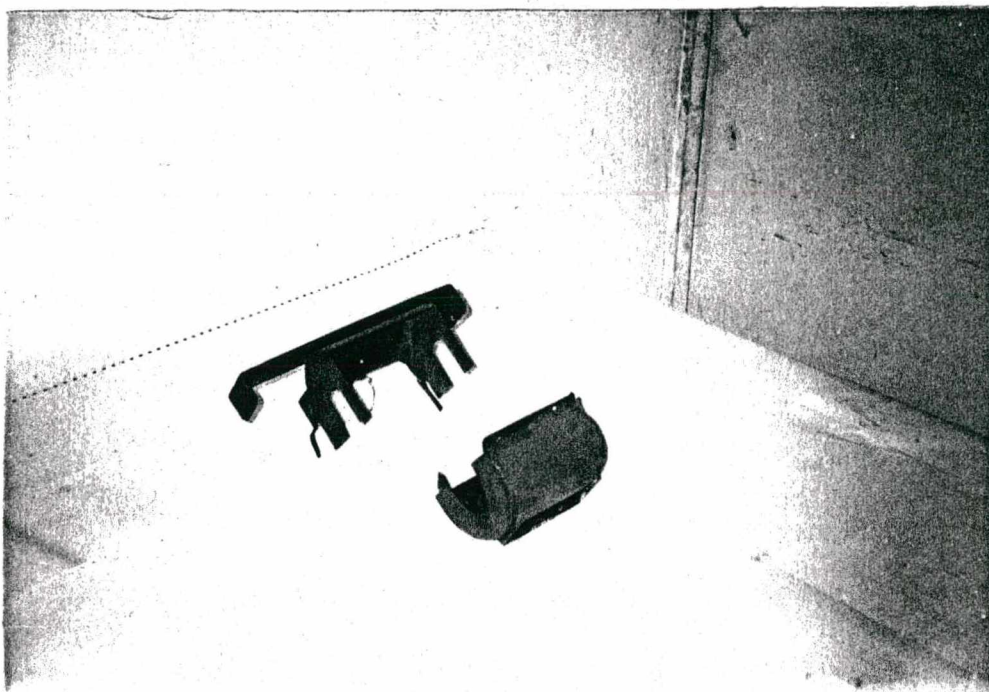


Fig. 7.5a - Proteções dos rolos de alimentação.

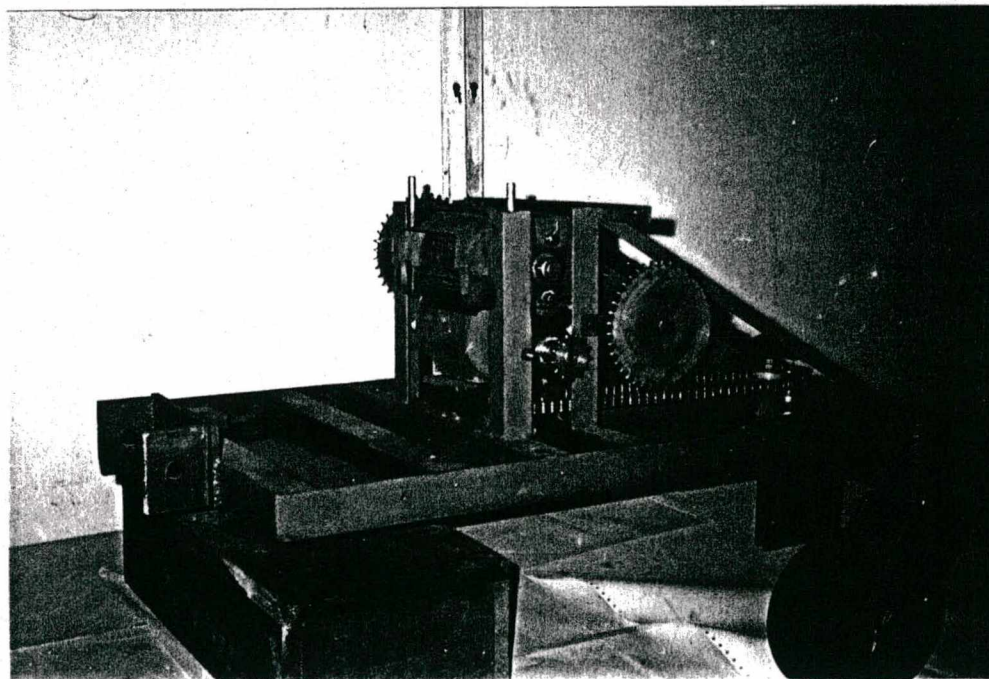


Fig. 7.5b - Montagem das proteções na máquina.

A montagem das chapas de isolamento, fixadas na estrutura geral de apoio através de rebites e parafusos é mostrada na figura 7.6.

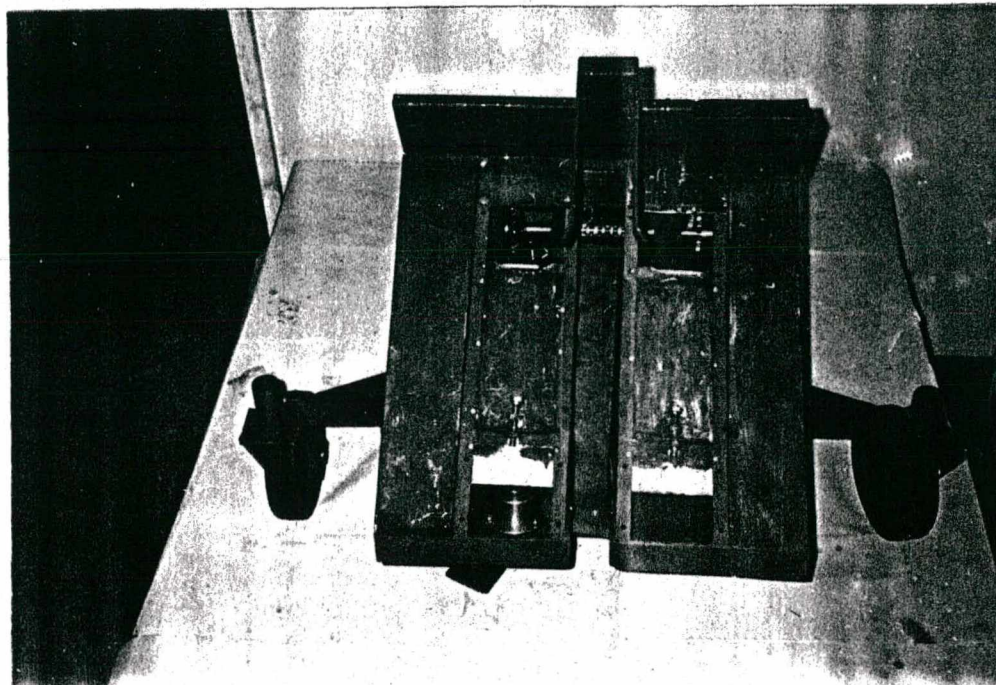


Fig. 7.6 - Detalhe das chapas de isolamento.

Os componentes que formam o dispositivo de transporte são apresentados na figura 7.7a, e sua montagem parcial pode ser vista na figura 7.7b.

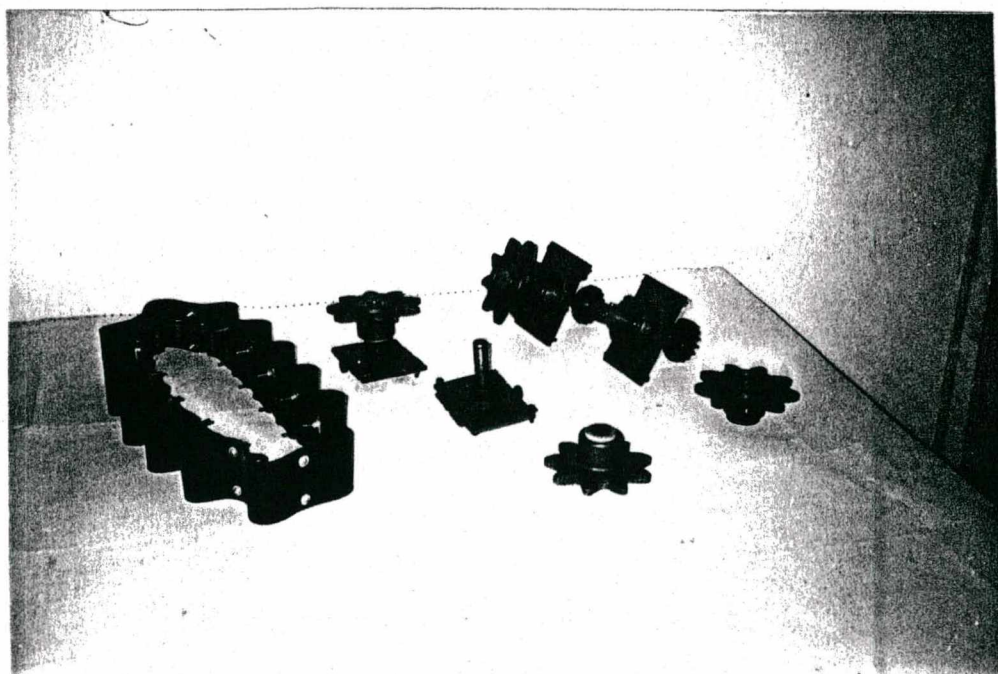


Fig. 7.7a - Componentes do dispositivo de transporte .

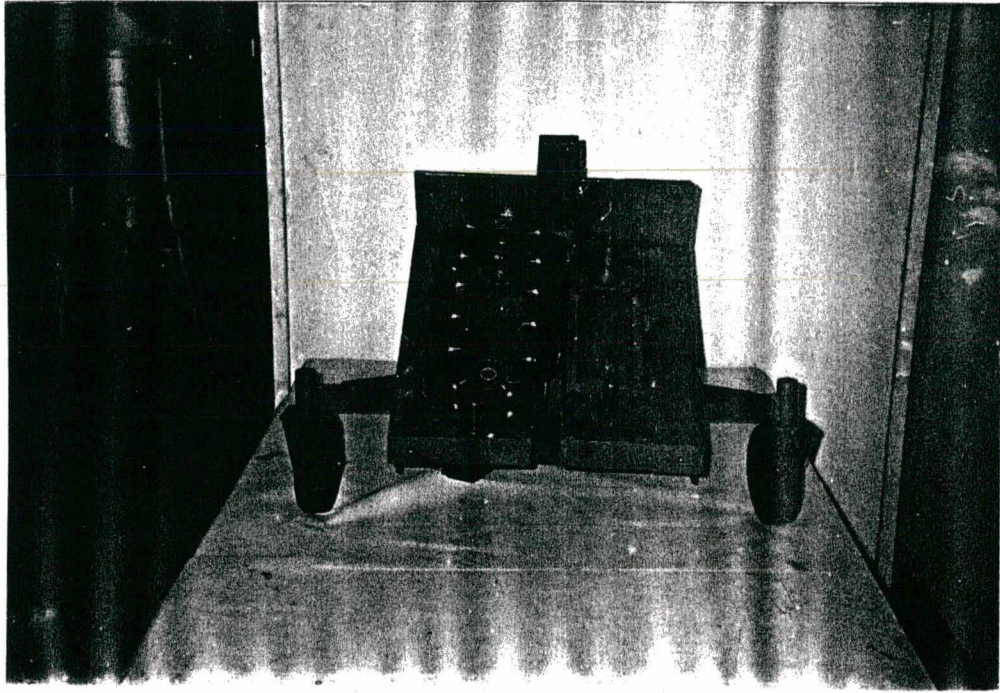


Fig. 7.7b - Detalhe da montagem parcial do dispositivo de alimentação.

O dispositivo de picotamento formado pelo volante rotativo e carcaça é mostrado na figura 7.8a, onde o volante e um dos flanges do acoplamento já estão montados na caixa de transmissão a 90°, que por sua vez está fixada na parte inferior da carcaça. A figura 7.8b apresenta a montagem da parte inferior da carcaça, mostrada na figura anterior, na máquina.

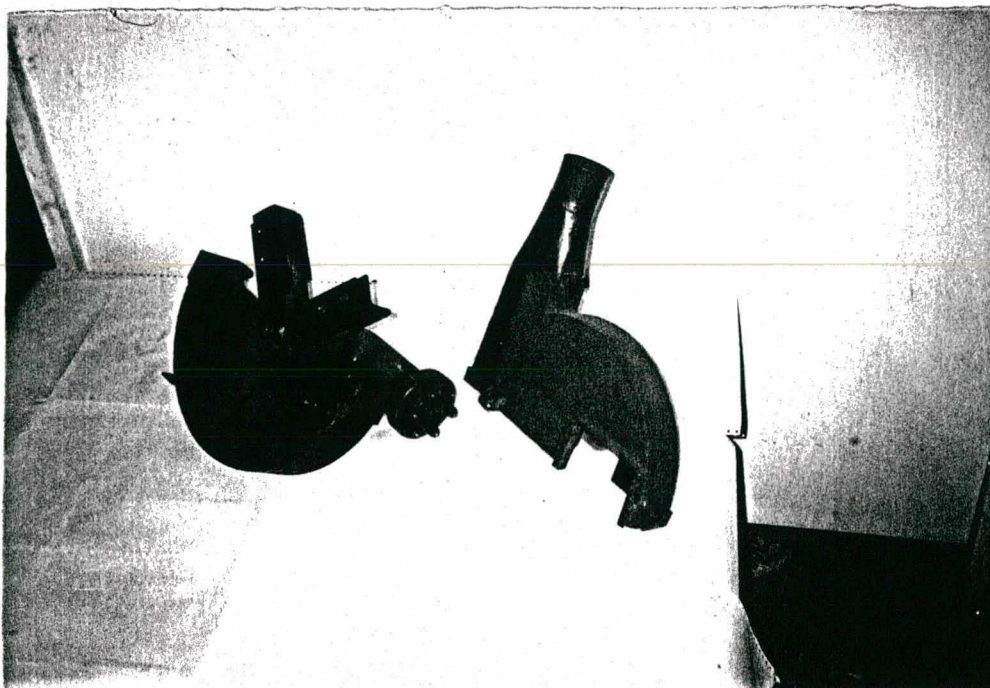


Fig. 7.8a - Dispositivo de picotamento.

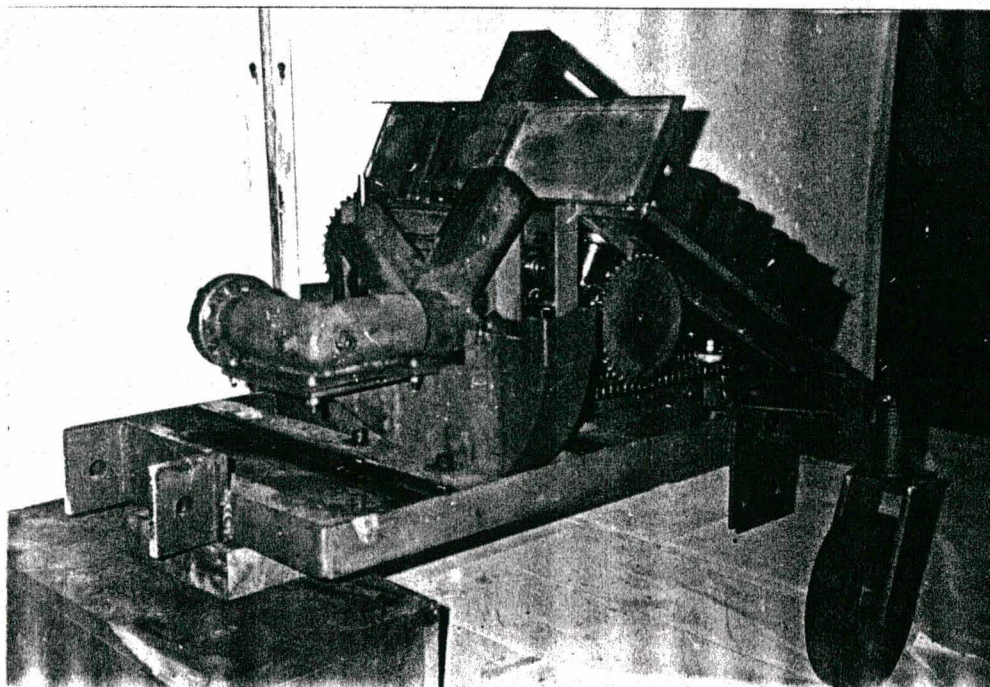


Fig. 7.8b - Montagem do dispositivo de picotamento na máquina sem a parte superior da carcaça.

O redutor juntamente com uma flange do acoplamento, uma polia e as rodas dentadas pode ser observado na figura 7.9a, e sua montagem na máquina mostrada nas figuras 7.9b e 7.9c.

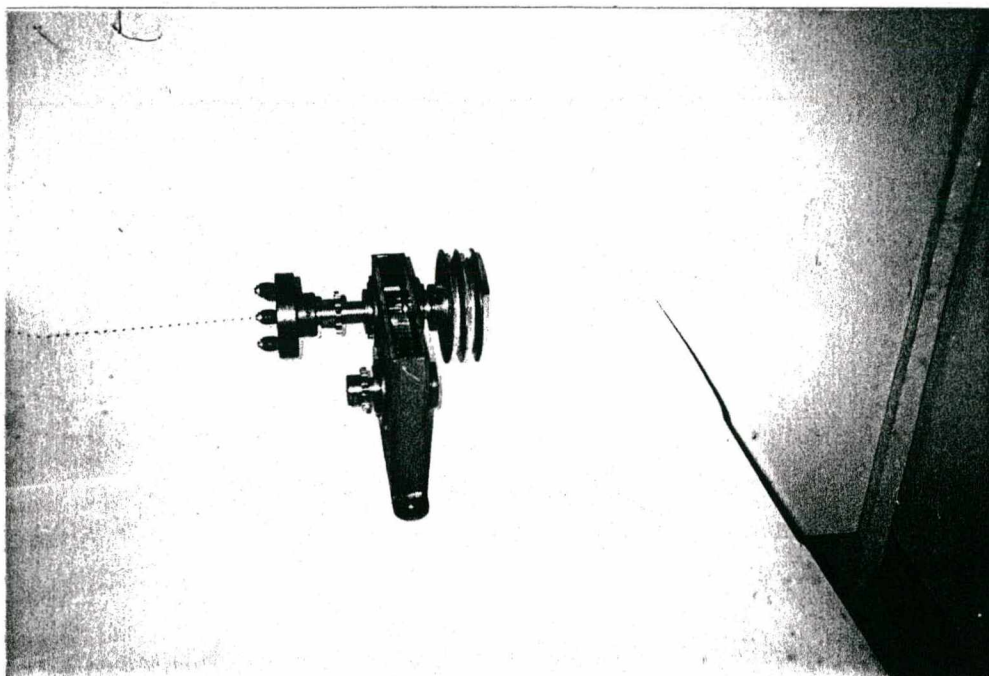


Fig. 7.9a - Redutor.

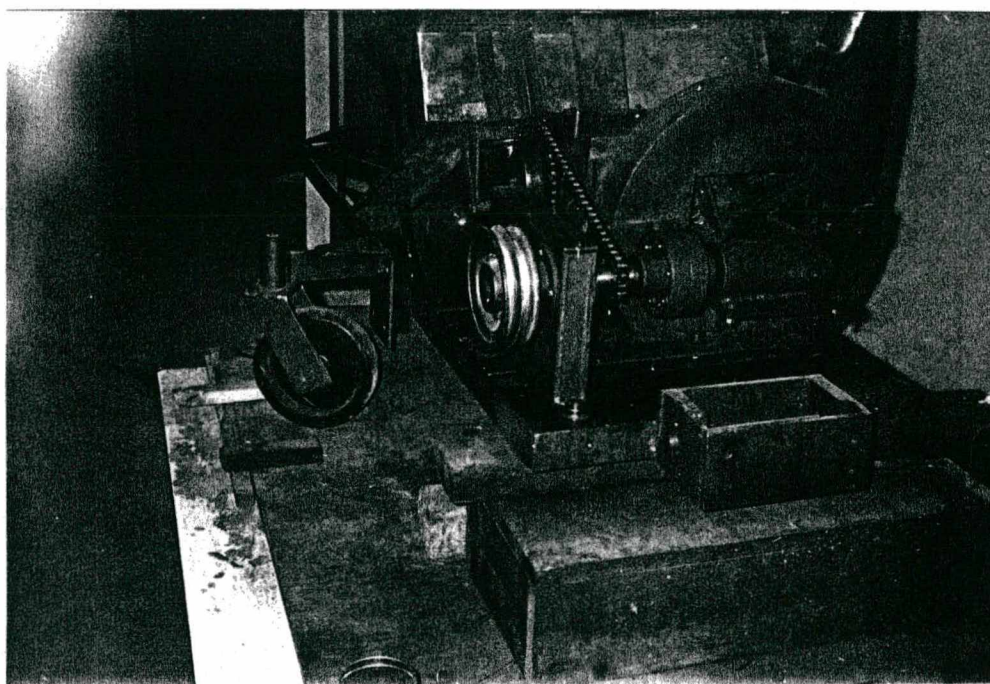


Fig. 7.9b - Vista posterior da máquina mostrando o redutor e o dispositivo de picotamento.



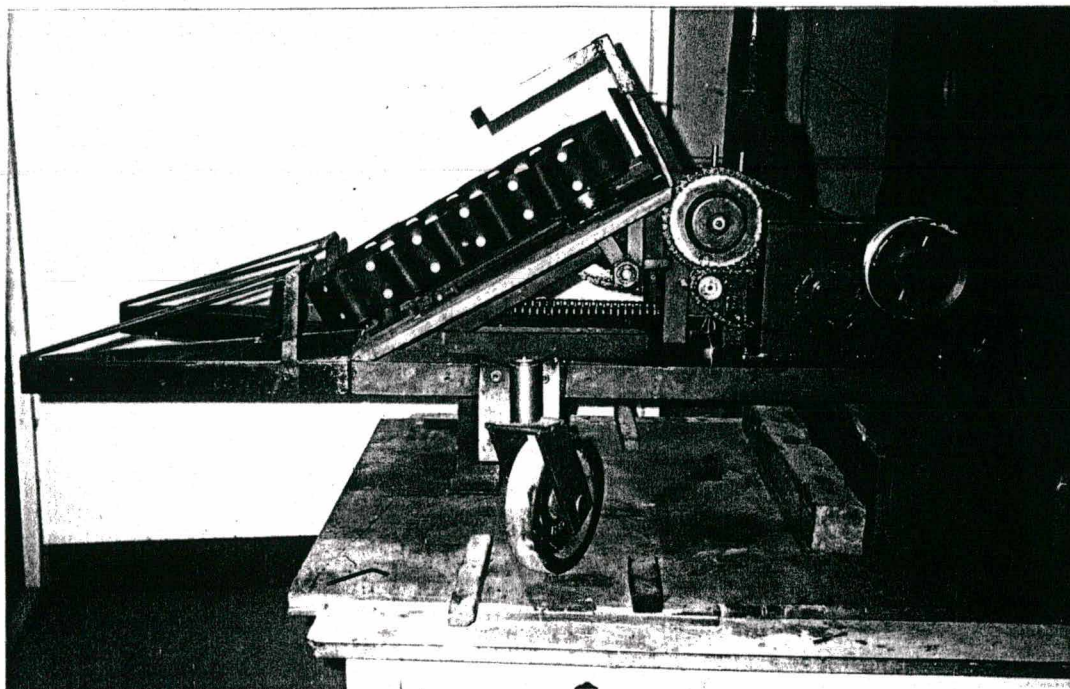


Fig. 7.9c - Vista lateral da máquina.

Na figura 7.10 pode ser observado a configuração final da roda de apoio e os aspectos de cada componente.

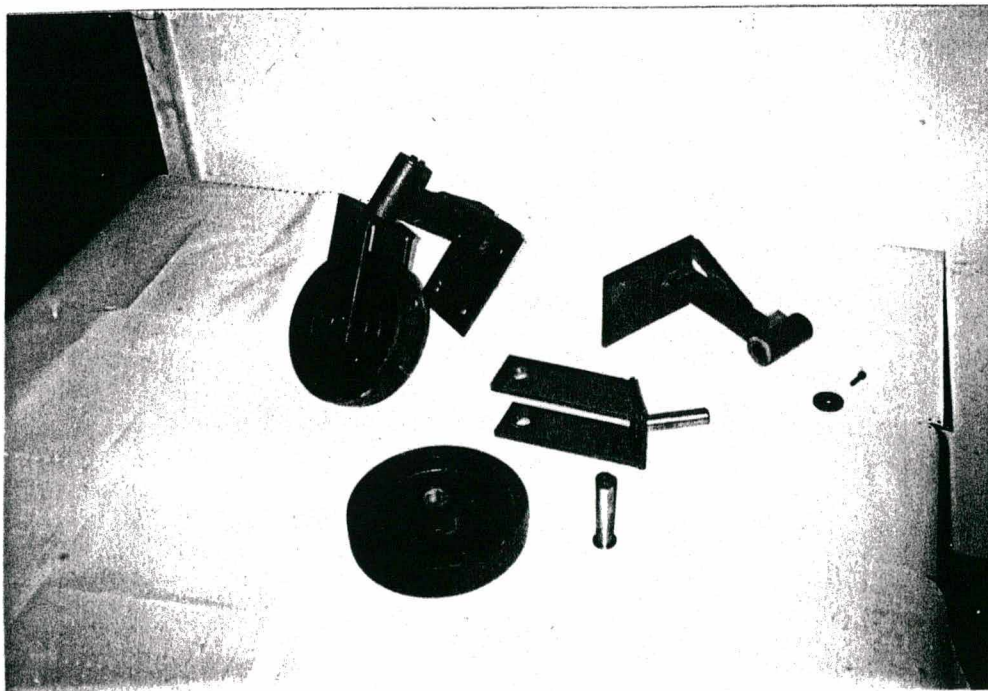


Fig. 7.10 - Rodas de apoio.

A carroceria é mostrada na figura 7.11 e o aspecto final da máquina pode ser visto nas figuras 7.12a e 7.12b.

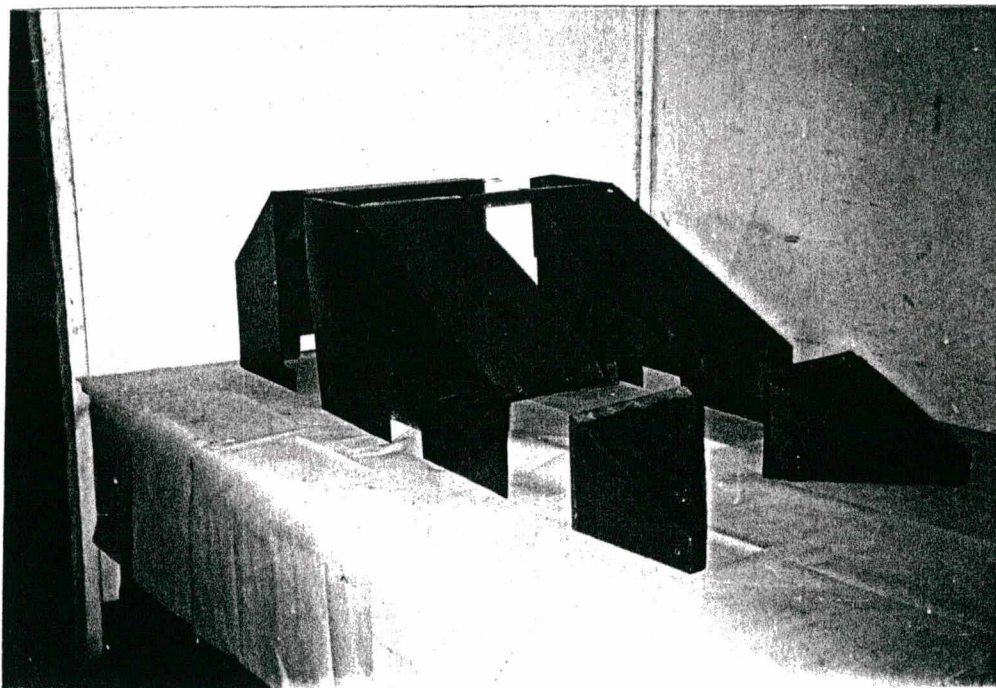


Fig. 7.11 - Detalhe da carroceria.

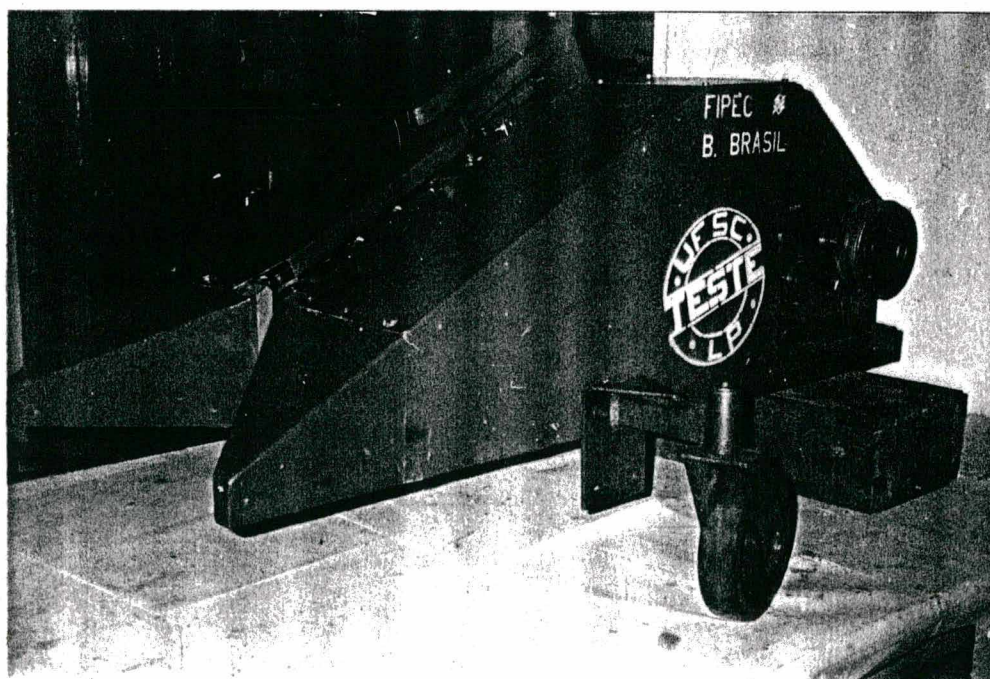


Fig. 7.12a - Vista da máquina na sua forma final.

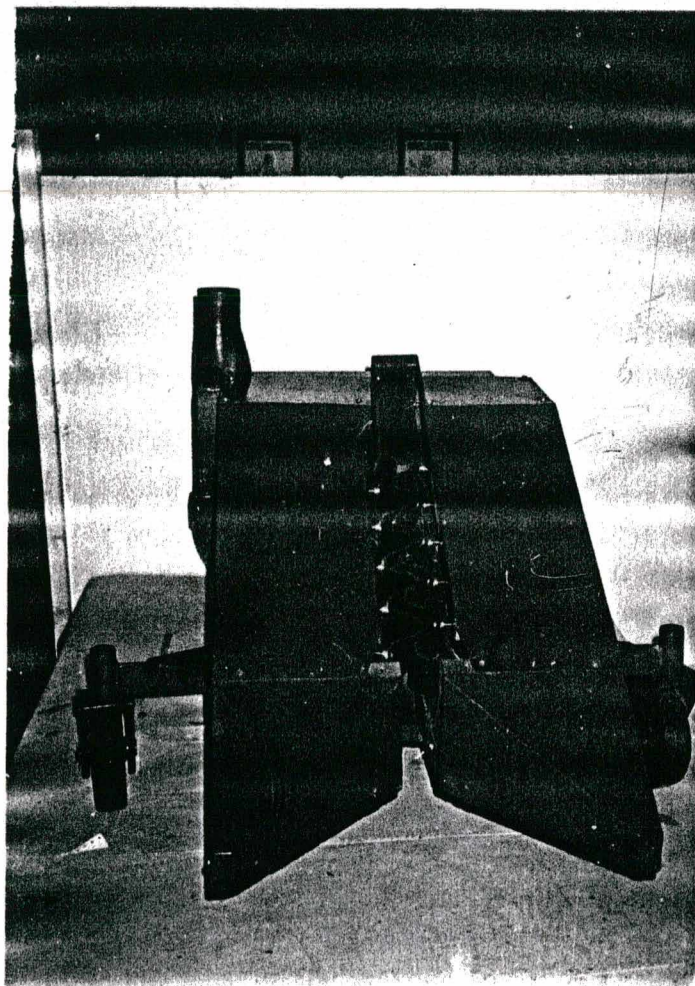


Fig. 7.12b - Vista frontal da máquina na sua forma final.

## CAPÍTULO VIII

## TESTES E REPROJETO

## 8.1 - Primeira Fase de Testes

O teste inicial da máquina foi realizado no Centro de Treinamento da Associação de Crédito e Assistência Rural de Santa Catarina na cidade de Florianópolis, e o material utilizado foi o capim elefante.

Neste teste, não foi possível obter qualquer dado a respeito da capacidade de produção e desempenho global da máquina, devido à ocorrência de embuchamento no início da operação de colheita.

Este embuchamento ocorreu porque algumas plantas, ao invés de irem diretamente dos rolos de alimentação para o dispositivo de picotamento, ficaram presas entre o rolo de alimentação inferior e o raspador (contra-faca), acumulando material em cima da contra-faca, conforme mostrado na figura 8.1, impedindo, assim, o fluxo de material entre os dispositivos de alimentação e picotamento.

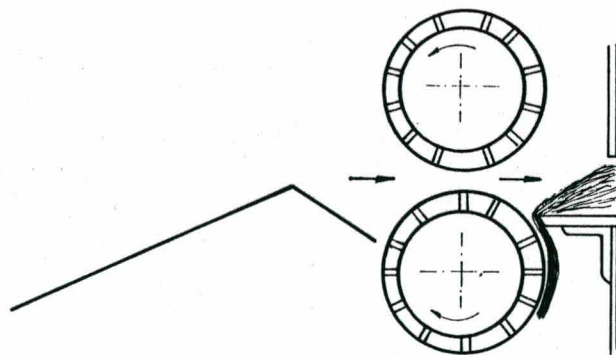


Fig. 8.1 - Forma de embuchamento ocorrida na primeiro teste.

Os outros problemas verificados foram de manobrabilidade e mau desempenho das guias que conduzem as plantas até o dispositivo de corte.

O problema de manobrabilidade foi devido ao engate entre o trator e a carreta fornecer um eixo de giro adicional, dificultando a manobra do conjunto colhedora-trator-carreta, principalmente em curvas.

O mau funcionamento das guias ocorreu apenas com plantas pequenas (aproximadamente 1 metro de altura) que, ao serem conduzidas para o dispositivo de corte, eram derrubadas pelas guias. Com isto, observou-se que o valor utilizado para o ângulo de abertura formado pelas guias, conforme mostrado na figura 8.2, era maior do que o recomendável.

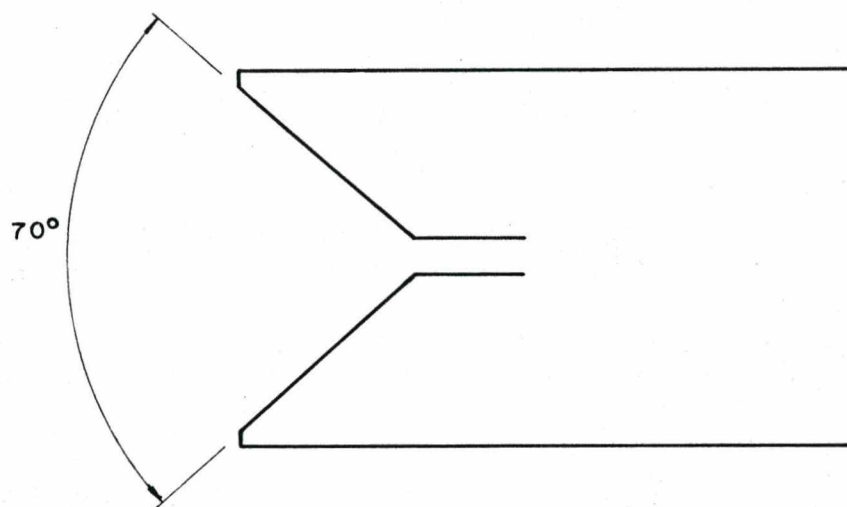


Fig. 8.2 - Detalhe mostrando o ângulo de abertura entre as guias.

## 8.2 - Fase de Reprojeto Inicial e Testes de Laboratório

As soluções escolhidas para os problemas de manobrabilidade e derrubada das plantas foram, respectivamente:

soldagem de duas barras de aço nas laterais do engate, ver figura 8.3, restringindo, assim, um dos eixos de giro; aumento do comprimento das guias, ver figura 8.4, diminuindo o ângulo de abertura de  $70^\circ$  para  $50^\circ$ .

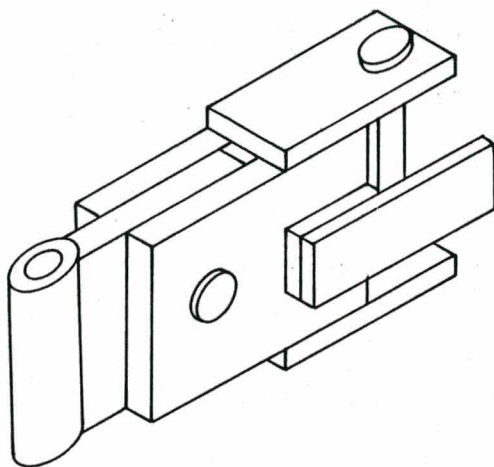


Fig. 8.3 - Engate com as barras laterais soldadas.

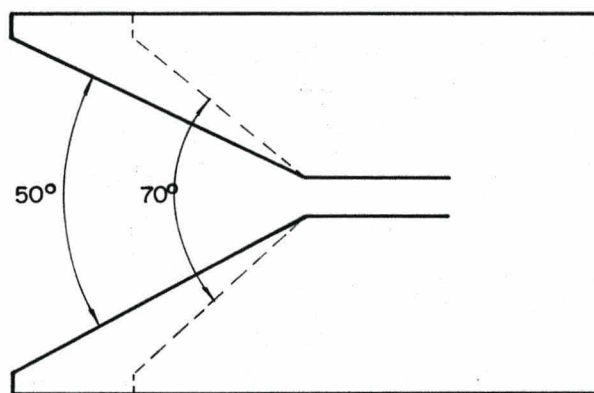


Fig. 8.4 - Detalhe mostrando a modificação feita nas guias.

Para o problema de embuchamento, primeiramente foram feitas as seguintes modificações:

a) aumento do número de aletas, de 12 para 24, uniformemente espaçados em ambos os rolos de alimentação, e montagem desses

rolos de maneira que os topos das aletas ficassem coincidentes no seu ponto de contato, conforme mostrado na figura 8.5;

b) aumento da área da boca de entrada de material no dispositivo de picotamento.

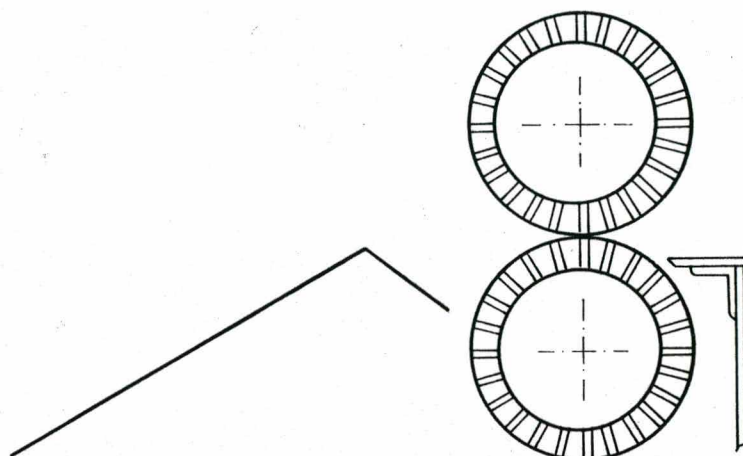


Fig. 8.5 - Detalhe mostrando a modificação feita nos rolos de alimentação.

Concluídas estas modificações, foram feitos testes nas dependências do laboratório de projeto, onde se procurou verificar o comportamento da máquina para duas diferentes velocidades de funcionamento. Isto foi conseguido pelo uso de dois motores elétricos e um acionamento por correia, que permitiram obter, no eixo da polia 3, figura 5.1, 1222 rpm e 1029 rpm.

A máquina foi alimentada manualmente, colocando-se capim elefante diretamente no dispositivo de transporte.

Os resultados mostraram que o problema de embuchamento, mesmo com diferentes velocidades e com as modificações descritas anteriormente, continuou a ocorrer de forma idêntica à relatada no ítem 8.1.

Partiu-se então, para reprojeto do rolo de alimentação inferior e da contra-faca do dispositivo de picotamento.

Adotou-se uma contra-faca onde a extremidade adjacente ao rolo inferior tem forma de um pente com 9 raspadores, ver figura 8.6, e um rolo inferior provido de 9 ranhuras circunferenciais e 24 fileiras de dentes, ver figura 8.7. Isto permite que os raspadores se encaixem nas ranhuras de forma que suas pontas fiquem em contato com o fundo, conforme mostra a figura 8.7.b.

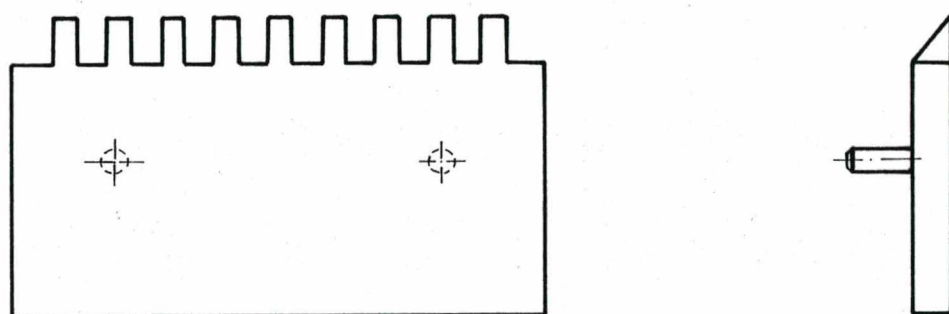


Fig. 8.6 - Contra-faca provida de pente raspador.

Testou-se novamente a máquina, com as novas modificações, e constatou-se que o problema de embuchamento não ocorreu em nenhuma das velocidades de funcionamento. Entretanto, verificou-se que a captação das plantas vindas do dispositivo de transporte, pelo rolo inferior, não funcionou adequadamente. Aproximadamente 90% das plantas colocadas na máquina não foram captadas porque, após liberadas pelas correias planas do dispositivo de transporte, ficavam com a parte inferior dos caules escorregando sobre o rolo. Isto se deveu ao pequeno



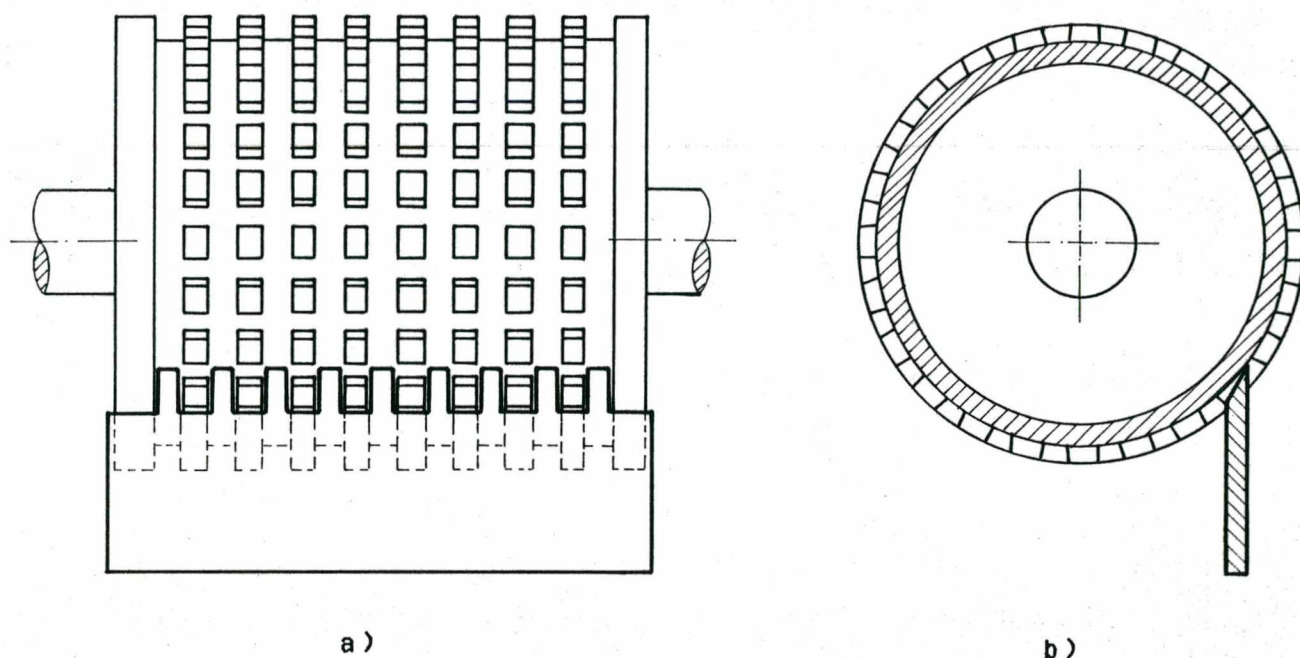


Fig. 8.7 - a) Montagem do rolo inferior e contra-faca.  
 b) Detalhe em corte do conjunto mostrado em a).

espaçamento entre as fileiras de dentes, que dificultou a condução das plantas para o picotamento.

Esta falha na captação provocou um acúmulo de plantas entre os dispositivos de transporte e alimentação gerando, assim, um embuchamento, conforme mostrado na figura 8.8.

Visando solucionar este problema, modificou-se a forma dos dentes do rolo inferior, aumentando a distância entre as fileiras de dentes, ver figura 8.9, favorecendo a captação.

O teste da máquina com esta última modificação mostrou que a falha na captação não foi eliminada, mas diminuiu para aproximadamente 50% das plantas colocadas na máquina.

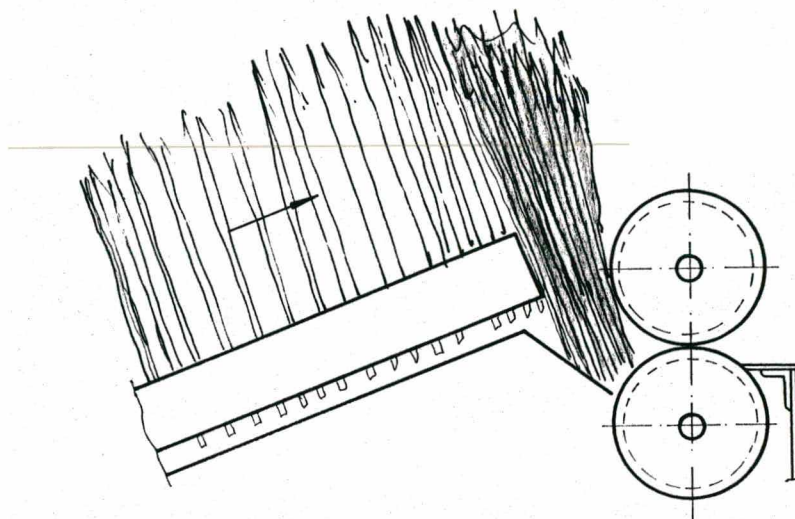


Fig. 8.8 - Detalhe mostrando o acúmulo de plantas entre os dispositivos de transporte e alimentação.

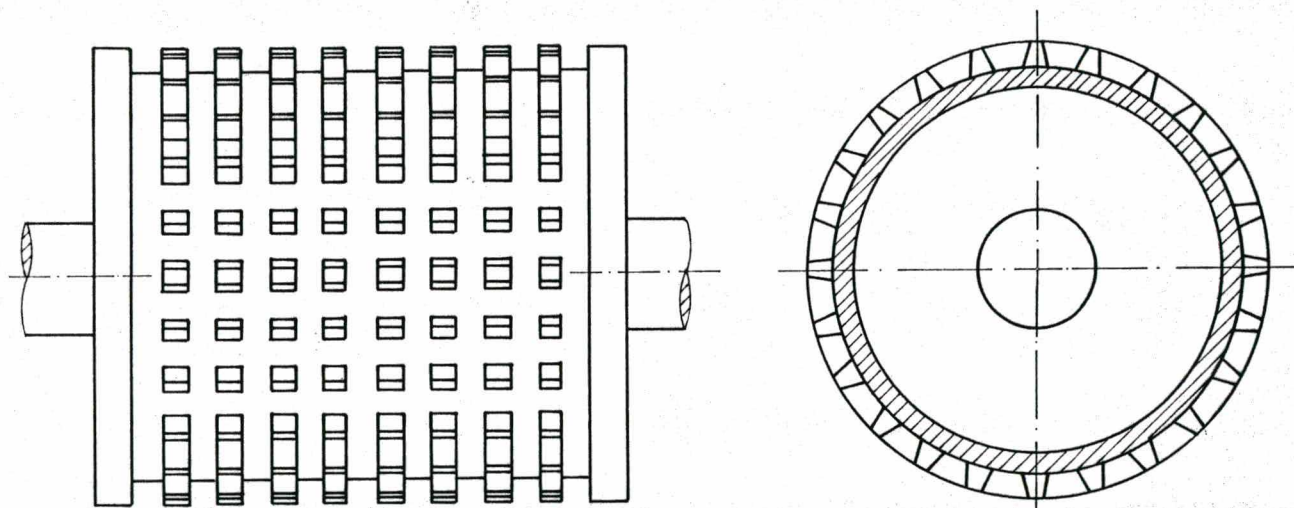


Fig. 8.9 - Rolo inferior com o espaçamento entre as fileiras de dentes aumentado.

### 8.3 - Fase Final de Teste

Após os testes no laboratório, partiu-se para a última fase de testes de campo, que foram feitos no Centro de

Treinamento da Acaresc. Estes mostraram que o corte das plantas foi feito na altura adequada, entretanto, observou-se que a resteva ficou um pouco danificada, ver figura 8.10, devido à base do dispositivo de corte, quando do movimento de giro, bater na ponta dos caules cortados.



Fig. 8.10 - Resteva danificada pelo dispositivo de corte.

As novas guias utilizadas apresentaram boa performance, conduzindo as plantas para o corte sem tombá-las.

Quanto à manobrabilidade e dirigibilidade, a máquina

comportou-se satisfatoriamente, tanto para manobras nos finais de linha quanto para o tráfego em terrenos acidentados e planos.



Fig. 8.11 - Conjunto máquina-trator-carreta em manobra.

Verificou-se, também, que o problema de acúmulo de plantas entre o dispositivo de transporte e alimentação ocorreu em todas as tentativas feitas para se medir o desempenho global da máquina.

Conforme já comentado, o dispositivo de alimentação não funcionou adequadamente, devido à falha na captação das plantas vindas do dispositivo de transporte.

Para observar o funcionamento dos dispositivos de picotamento e descarga, as plantas foram introduzidas manualmente nos rolos de alimentação. O desempenho, destes dispositivos mostrou-se satisfatório, produzindo material picotado de comprimento uniforme e igual a 25 mm.

Sugestões para estes e outros problemas surgidos durante o teste encontram-se no capítulo IX.



Fig. 8.12 - Detalhe mostrando o acúmulo de plantas entre o dispositivo de transporte e o de alimentação.

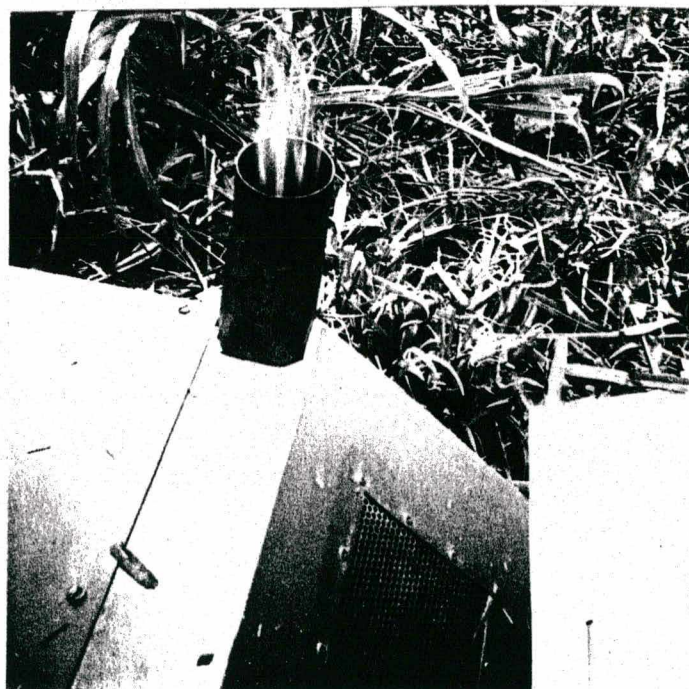


Fig. 8.13 - Saída (descarga) da forragem picotada do dispositivo de picotamento.

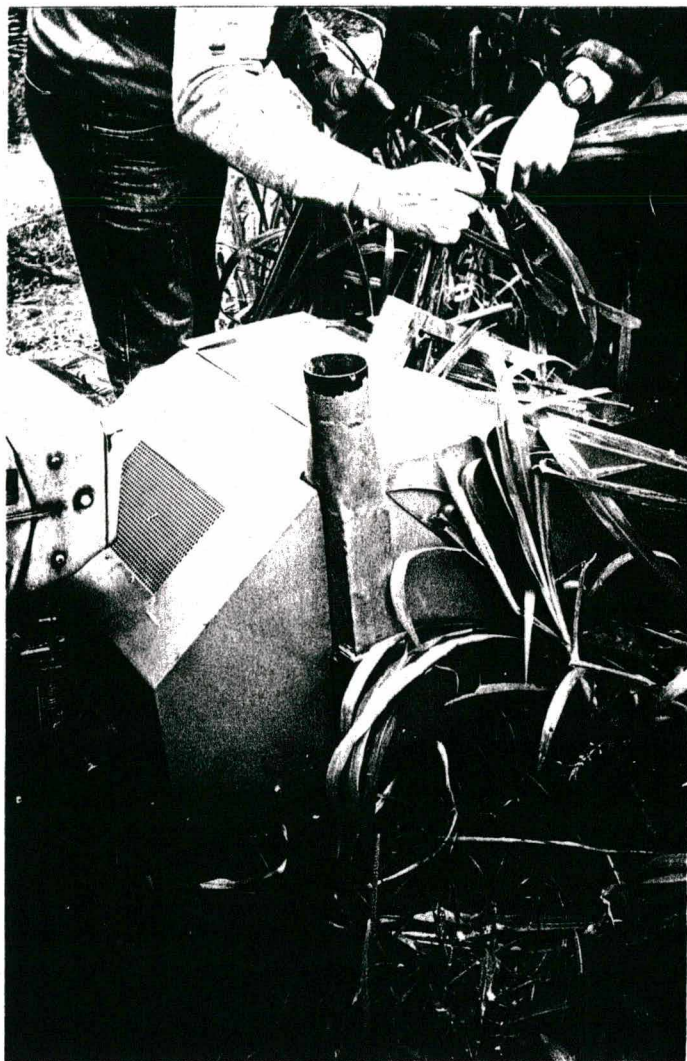


Fig. 8.14 - Colocação manual das plantas cortadas nos rolos de alimentação.

## CAPÍTULO IX

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

## 9.1 - Introdução

Encerrada a etapa de testes e reprojatos da máquina, pode-se efetuar uma análise do atendimento, por parte do protótipo, dos requisitos de projeto inicialmente propostos e verificar se este cumpre com os objetivos para o qual foi construído. Os requisitos de projeto que ainda não foram totalmente atendidos determinarão futuras alterações no protótipo com vistas a melhorá-los.

## 9.2 - Comparação dos Requisitos de Projeto com os Resultados Obtidos

A verificação do atendimento dos requisitos de projeto abrange os seguintes parâmetros:

a) Peso do protótipo. O requisito inicial foi o de obter uma máquina com o menor peso possível. Pesando-se o protótipo obteve-se um peso de 1300 N, considerado satisfatório, visto que as máquinas disponíveis no mercado pesam em média 5000 N.

b) Dimensões do protótipo. As dimensões finais encontradas, 610 mm de altura, 550 mm de largura e 1550 mm de comprimento, caracterizam a máquina como de pequeno porte.

c) Robustez. A estrutura geral de apoio, a carroceria, assim como, os sistemas de transmissão, corte e picotamento, resultaram

com rigidez suficiente, o que ficou demonstrado nas várias condições em que a máquina foi testada. Entretanto, observou-se que as estruturas das rodas de apoio, apresentaram problemas de rigidez na sua fixação com a estrutura geral de apoio.

d) Acionamento da máquina. O posicionamento da máquina na frente do trator tornou simples o seu acionamento. Este é feito apenas por duas correias trapezoidais, que transmitem o movimento da polia localizada no volante do trator para a polia da máquina.

e) Corte. Para se obter um corte adequado, visando um bom rebrote, é necessário que este seja feito numa altura adequada e de maneira uniforme, evitando danos nos caules da resteva.

Observando-se os caules após o corte, constatou-se uma altura média de 20 cm e que as extremidades dos caules estavam danificadas pelas porcas dos parafusos que fazem a fixação das lâminas de corte no suporte.

f) Manutenção do protótipo. De uma maneira geral, esta tarefa ficou dificultada, principalmente devido à configuração da carroceria, que não possui nenhuma abertura que permita um acesso fácil aos componentes internos da máquina, e, também, devido a estes componentes estarem dispostos num espaço reduzido, ocasionando superposição de alguns deles.

g) Colheita e Picotamento. A máquina foi testada apenas com um tipo de forrageira, o capim elefante, tendo em vista que esta planta é a mais utilizada nas pequenas propriedades e sua morfologia é semelhante a de outras forrageiras, como capim napier, milho e sorgo. Os testes que foram feitos com forragem plantada em linha, mostraram que a máquina executa adequadamente e sem qualquer perda o corte e o picotamento.



### 9.3 - Sugestões para Melhoramentos no Protótipo

Como conseguiu-se um protótipo onde, com exceção do dispositivo de alimentação, todos os outros apresentaram funcionamento satisfatório, então serão feitas sugestões para o melhoramento do protótipo já construído, bem como para o caso de um novo protótipo.

Para melhorar o desempenho do protótipo sugere-se o reprojeto do dispositivo de alimentação. Este pode ser feito pela adoção de uma nova configuração deste dispositivo, formada por um conjunto de 3 rolos conforme mostrado na figura 9.1.

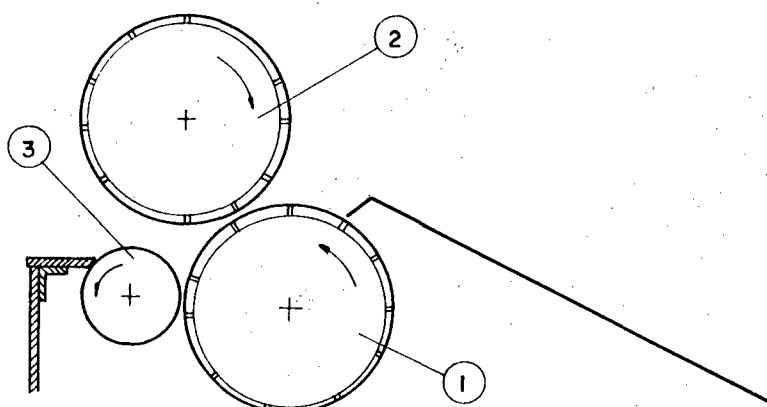


Fig. 9.1 - Nova configuração do dispositivo de alimentação

Os rolos 1 e 2 possuem diâmetro de 100 mm, largura de 150 mm, cada um com 12 aletas de 6 mm de altura. O rolo 3 é liso com 50 mm de diâmetro. Esta configuração permite que seja usada a mesma estrutura geral de apoio, onde o rolo inferior é deslocado de 50 mm para a dianteira da máquina, de modo que a área que entra em contato com as plantas vindas do dispositivo de transporte, fique maior e mais perpendicular a estas, facilitando assim a captação.

O rolo 3 fica em contato com a contra faca, que é lisa, impedindo que as plantas acumulem-se entre os dois dispositivos provocando embuchamento. Ou seja, procura-se com esta solução eliminar os problemas de captação e embuchamento, devido ao acúmulo de plantas entre o rolo e a contra faca com o mínimo de alterações possíveis na estrutura geral de apoio e no sistema de transmissão. Com isto, ter-se-á condições de implementação desta sugestão em um curto período de tempo com o mínimo de dispêndio.

Para um novo protótipo, sugere-se a realização dos seguintes trabalhos:

a) redimensionamento da estrutura geral de apoio e do sistema de transmissão, com o objetivo de facilitar a construção, montagem, manutenção e diminuir peso;

b) adoção de rodas de apoio com diâmetro e largura maiores, providas de uma estrutura mais rígida, de modo a facilitar a ultrapassagem de obstáculos decorrentes das condições do terreno;

c) reprojeto da carroceria simplificando a montagem, facilitando a manutenção, pela criação de aberturas para o acesso ao interior da máquina, e, também, melhorando a cobertura do dispositivo de transporte, evitando, assim, que folhas se prendam nas rodas dentadas e correntes do dispositivo.

d) reprojeto do engate entre o trator e a máquina, de modo a tornar essa operação mais fácil, rápida e precisa, mantendo-se a sua principal característica que é a elevada rigidez.

e) reprojeto do dispositivo de corte eliminando as porcas situadas na parte inferior do suporte, ou, então, adoção de uma proteção, na forma de calota, para evitar danos nos caules da

resteva, causados pelas porcas:

f) reavaliação de todos os elementos de união da máquina, buscando uma padronização e redução do número de ferramentas envolvidas nas operações de montagem e desmontagem;

g) reprojeto do dispositivo de alimentação, visando eliminar os problemas de embuchamento decorrentes da falha na captação e do acúmulo de material entre o raspador e o rolo inferior. Para este caso, sugere-se a adoção de um conjunto formado por três rolos, conforme mostrado na figura 9.1.

#### 9.4- Conclusões

Os resultados deste trabalho, o projeto e a construção de um protótipo, mostram uma máquina que mesmo não estando em forma final, atingiu um grau de desenvolvimento bastante satisfatório. Apenas o dispositivo de alimentação necessita ser reprojetoado para melhorar seu desempenho. Sendo os conhecimentos obtidos a partir deste protótipo, de grande importância para o desenvolvimento de colhedoras de pequeno porte.

Constatou-se também, durante o decorrer do trabalho, enorme interesse de agricultores e de indústrias ligadas a área, pela máquina e suas características confirmando assim a grande necessidade do equipamento para este segmento da agricultura.

Então, para um primeiro protótipo, obteve-se uma máquina aproximando-se do ponto ideal de funcionamento, apresentando boas perspectivas relativas a obtenção de uma versão final da máquina, que possa vir a ser utilizada como um cabeça de série, para a produção comercial de outras máquinas.

Com este quadro, recomenda-se que o trabalho no referido protótipo tenha continuidade, tanto com as alterações sugeridas aqui.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [ 1 ] - PATENTE: (11) 2412250; (21) 7837134; (22) 22/12/78; (51) A01D 54/22, 45/02, 49/00, 55/00; (54) Hacheuse - récolteuse, ou machine similaire; (71) Karl Mengele & Sohne Maschinenfabrik und Eisenglesserei G.M.B.H & CO., Republique Federale D'Allemagne.
- [ 2 ] - PATENTE: (11) 2350781; (21) 7711636; (22) 07/04/77; (51) A01D 43/08, 45/02, 49/00; (54) Hacheuse-récolteuse avec dispositif de fauchage; (71) Karl Mengele & Sohne Maschinenfabrik und Eisenglesserei, République Fédérale d'Allemagne.
- [ 3 ] - PATENTE: (11) 1203375; (21) 49535/68; (22) 18/10/68; (51) A01D 43/08; (54) Forage Harvester with variably inclined conveyor; (71) International Harvester Company, USA.
- [ 4 ] - PATENTE: (11) 1282073; (21) 211500/71; (22) 19/04/71; (51) A01D 43/08 63/02 45/02; (54) A Harvester for Harvesting Crops Planted in Rows; (71) Maschinenfabrik Fahr A.G., Germany.
- [ 5 ] - PATENTE: (11) 2414291; (21) 7900715; (22) 12/01/79, (54) Dispositif de réception, de coupe et de transfert à un poete ultérieur de plantes à tige disposées en rangées, en particulier de maïs (51) A01D 55/22, 45/02; (71) Alois Pottinger OHG, Autriche.
- [ 6 ] - PATENTE: (11) 629936; (21) 6010/78; (22) 01/06/78; (51) A01D 43/08; (54) Reihenmahwerk an einer landwirtschaftlichen Erntemaschine, mit einer

Hackselvorrichtung, für mehrere Pflanzenreihen; (73)  
Klockner - Humboldt - Deutz Ag, Zurich.

[ 7 ] - PATENTE: (11) 2003964; (21) 2003.964.9; (22) 29/01/70;  
(61) 1657329; (54) Maschine zum Ernten von Mais od.dgl.  
stengelartigem Erntegut; (71) Wilhelm Kemper KG;  
Landmaschinenfabrik, 4424 Stadtlohn.

[ 8 ] - PATENTE: (11) 6.070/73; (21) 6.070/73; (22) 09/08/73; (51)  
A01D 43/08; (54) Colhedora e picadora de milho, sorgos  
verdes ou similares; (71) Justino de Moraes, Irmãos S/A  
Indústria, Comércio e Importação.

[ 9 ] - PATENTE: (11) (21) PI 760258; (22) 03/05/76; (54) A01D  
41/04; (54) Máquina colhedeira de forragens; (71)  
Companhia Penha de Máquinas Agrícolas - Copemag (BR/SP).

[10] - PATENTE: (11) (22) PI 7903025; (22) 16/05/79; (51) A01D  
43/08; (54) Máquina Colhedora e Picadora de Plantas  
Forrageiras; (71) Irmãos Nogueira S/A Máquinas Agrícolas  
e Motores.

[11] - IGE, M.T. and M.F. Finner, "Optimization of the  
Performance of the Cylinder Type Forage Harvester  
Cutterhead", Transaction of the ASAE, v. 19, 1976, p.  
455 - 460.

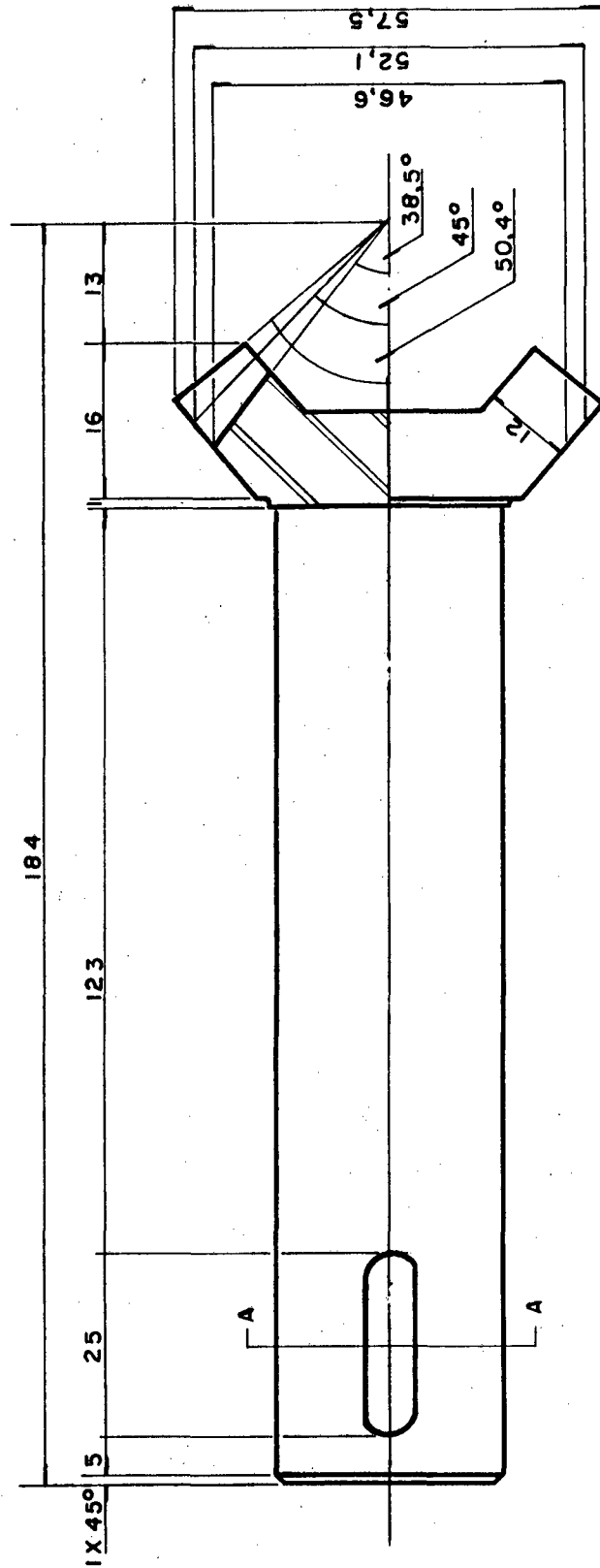
[12] - CEPA/SC, "Pastagens Cultivadas", publicação interna, Dez.  
1981.

[13] - IGE, M.T. and M.F. Finner, "Effects and Interactions  
between Factors Affecting the Shearing Characteristics  
of Forage Harvesters", Transactions of ASAE, v. 18,

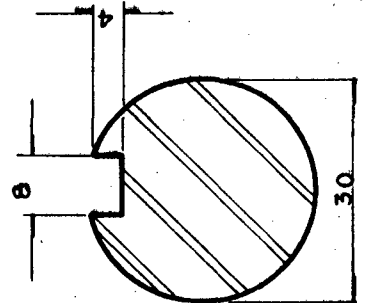
1975, p. 1011-1016.

- [14] - BLEVINS, F.Z. and H.J. Hansen, "Analysis of Forage Harvester Design", Agricultural Engineering, v. 37, 1956, p. 26-29.
- [15] - KEPNER, R.A.; R. BAINER, E.L. BARGER, "Principles of Farm Machinery", The Avi Publishing Company, 1972.
- [16] - TOTTEN, D.S. and WILLIAN, F.M., "Energy and Particle Path Analysis: Forage Blower and Vertical Pipe", Transaction of ASAE, 1966, p. 629-636.
- [17] - BACK, Nelson, "Metodologia de Projeto de Produtos Industriais", Editora Guanabara Dois, 1983.

**ANEXO I**



SEÇÃO A-A



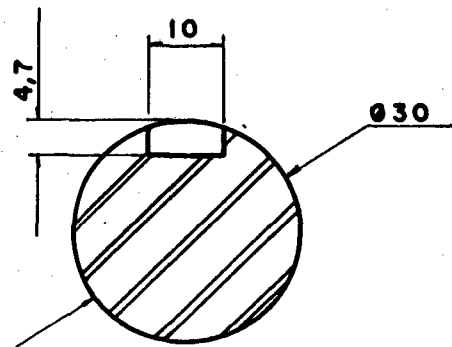
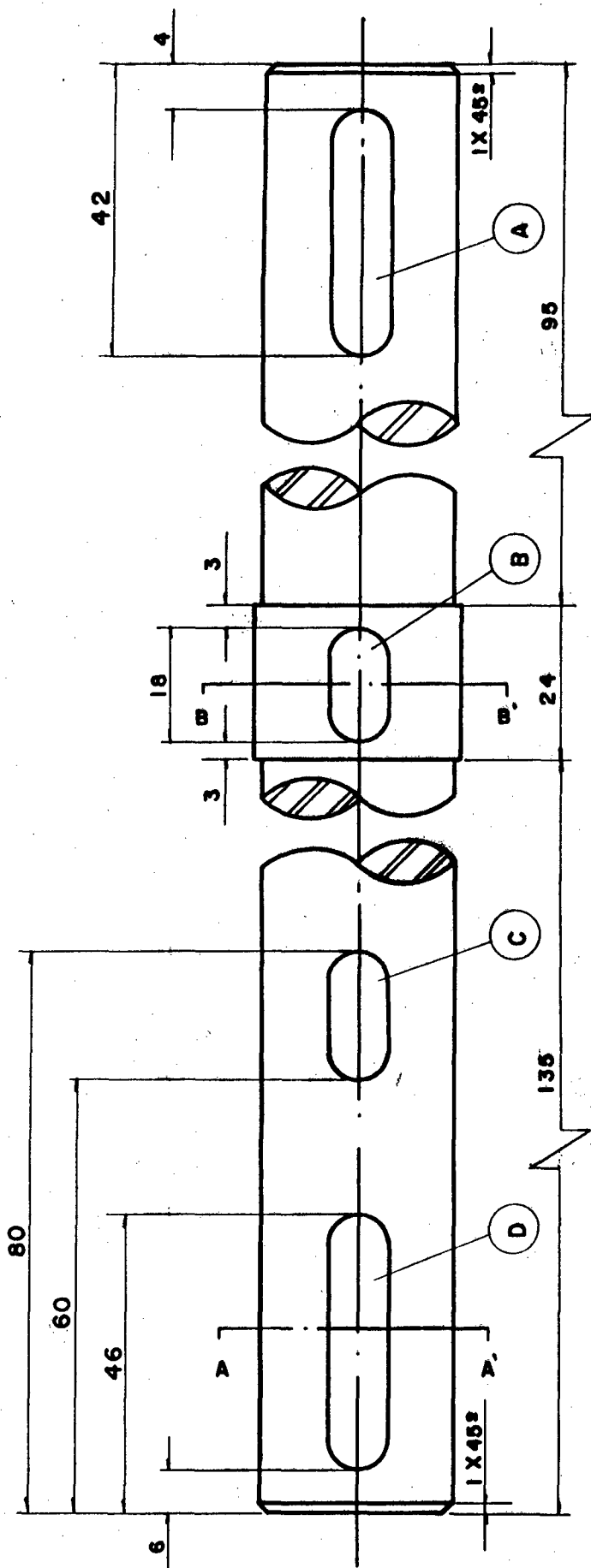
modulo = 3,5 mm

numero de dentes = 15

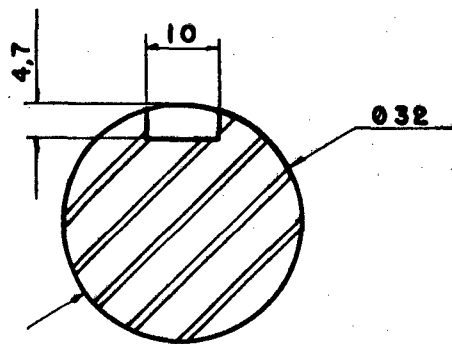
01	Eixo c/ Engr. Cônica	01	Aço ABNT 8620 / Cementado
QUANT.	DENOMINAÇÃO	PEÇA	ESPECIFICAÇÕES
Desenho: Aparecido		Data: 12/86	
Responsável: Fernando		Data: 12/86	
ESCALA	PROJETO	LABORATÓRIO DE PROJETO	
1:1	COLHEDORA DE FORRAGENS	DESENHO Nº 13	





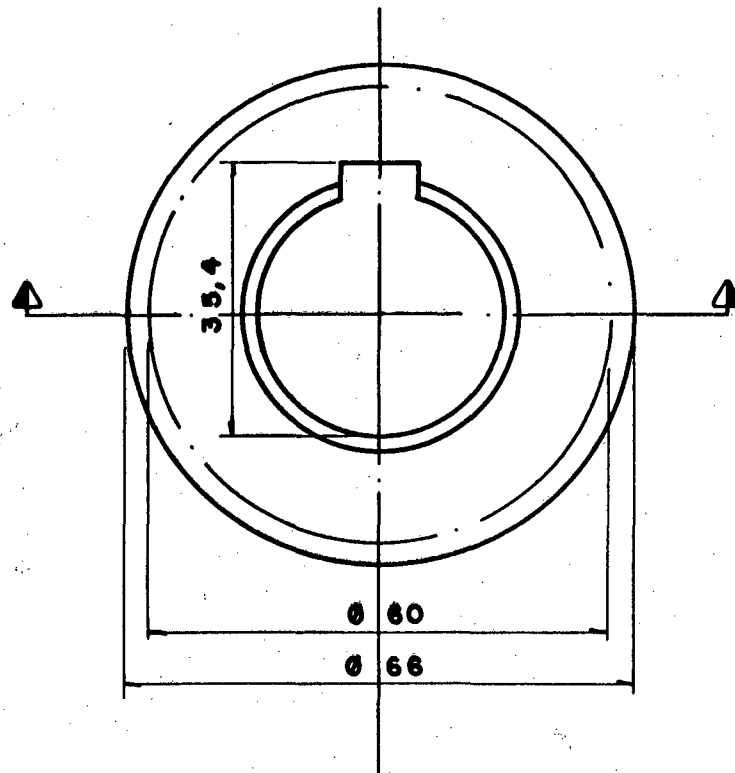
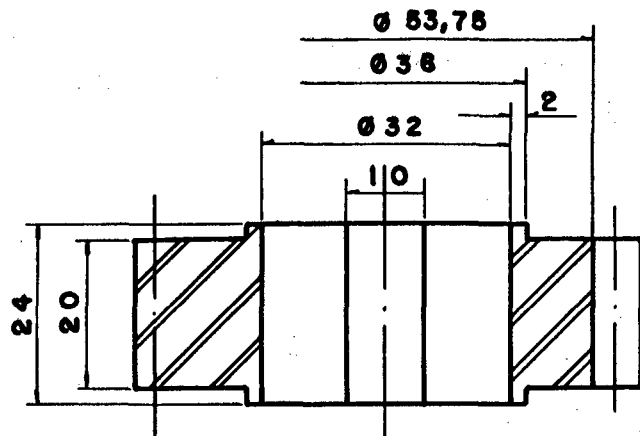


A - A'

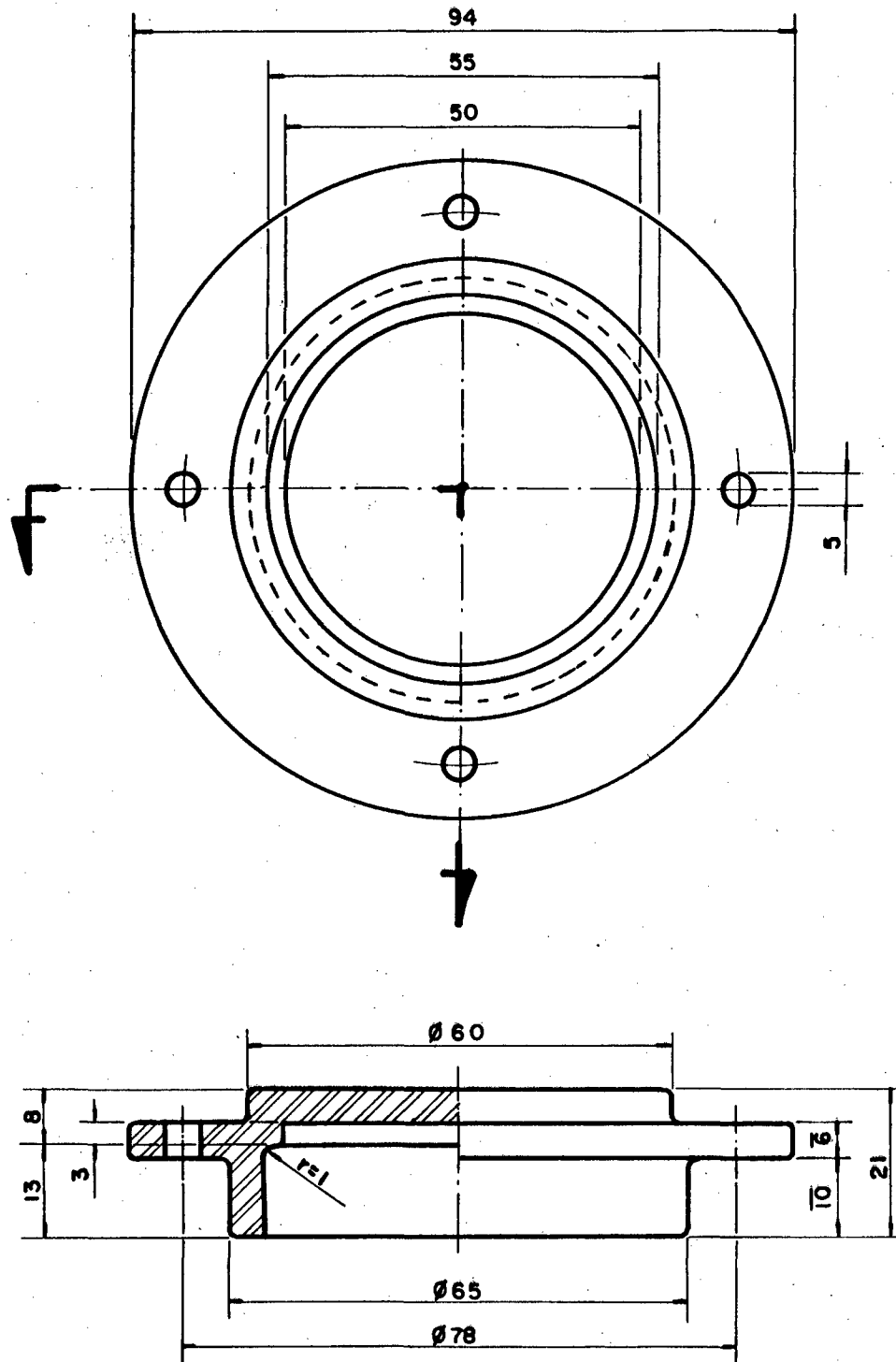


B - B'

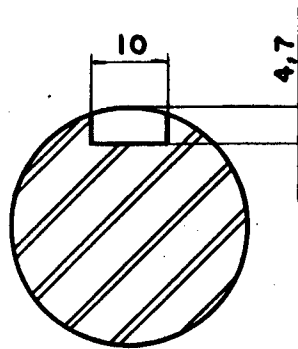
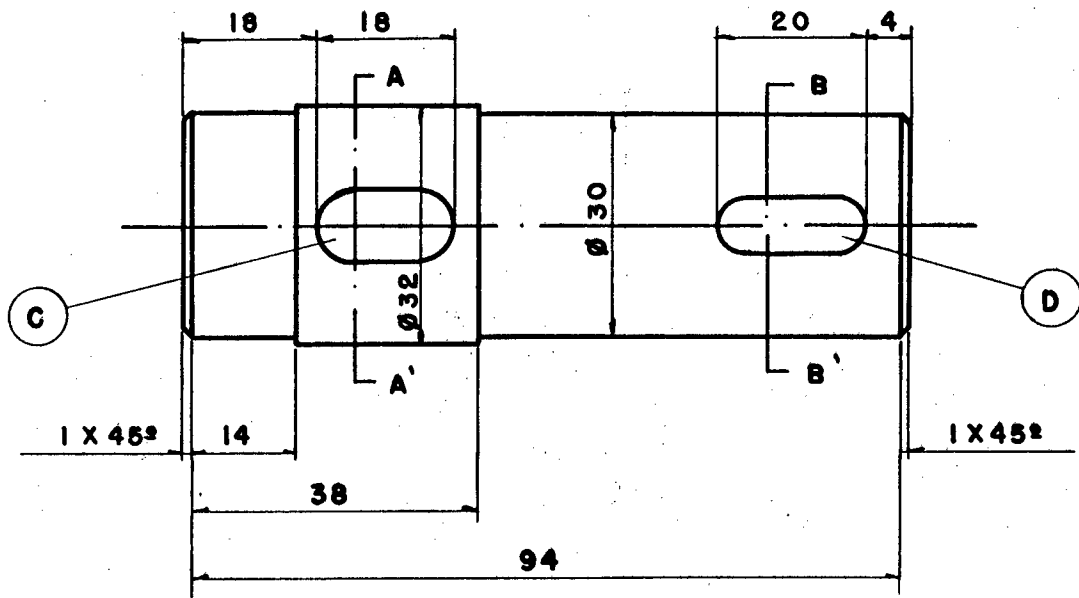
01	Elxo		Aço ABNT 1045
Quant.	Denominação	Peça	Especificações
Desenho: Joaquim		Data: 12/86	Escala: 1 : 1
Responsável: Fernando		Data: 12/86	
Projeto:	COLHEDORA DE FORRAGENS		Desenho: 15



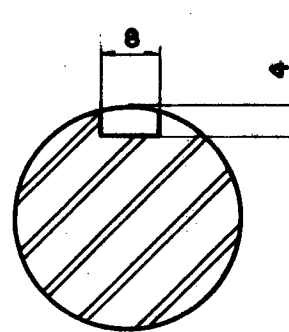
O1	Engrenagem		Aço ABNT 1045 / m = 3 / z = 20
Quant.	Denominação	Peça	Especificações
Desenho: Marivaldo		Data: 01/87	Escala: 1:1
Responsável: Fernando		Data: 01/87	
Projeto: COLHEDORA DE FORRAGENS			Desenho: 16



01	Suporte de Rolamento		Aço ABNT 1020
Quant	Denominação	Peca	Especificações
Desenho:	Aparecido	Data:	12/86
Responsável:	Fernando	Data:	12/86
Projeto:	COLHEDORA DE FORRAGENS		Desenho: 17

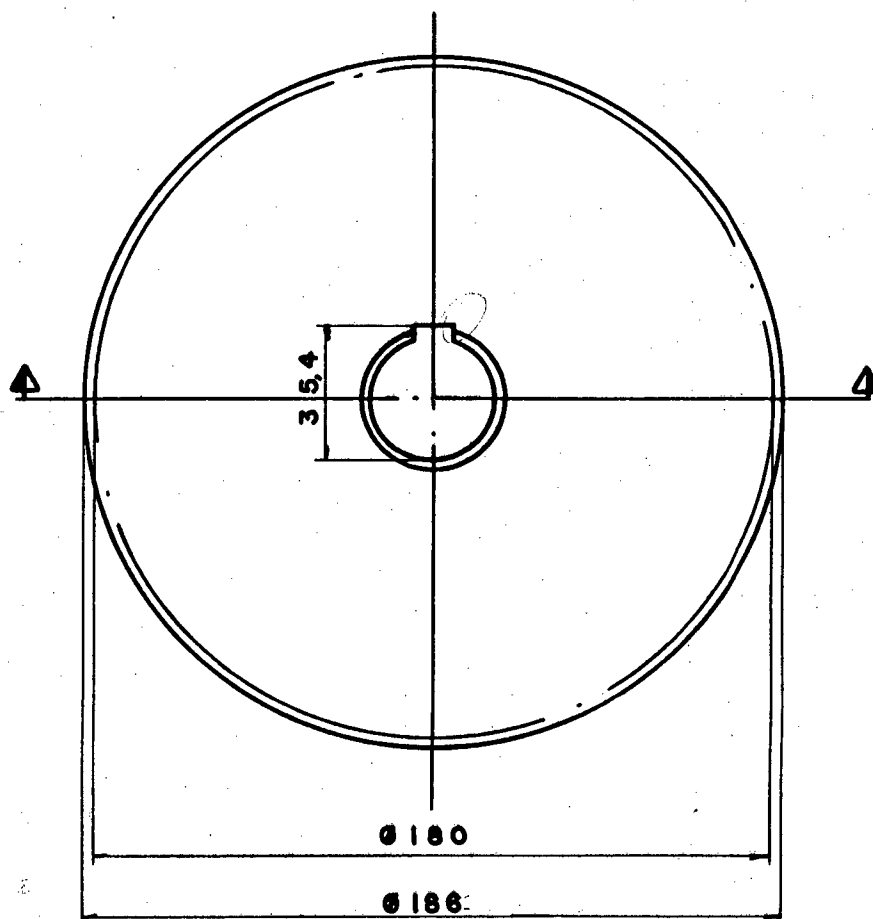
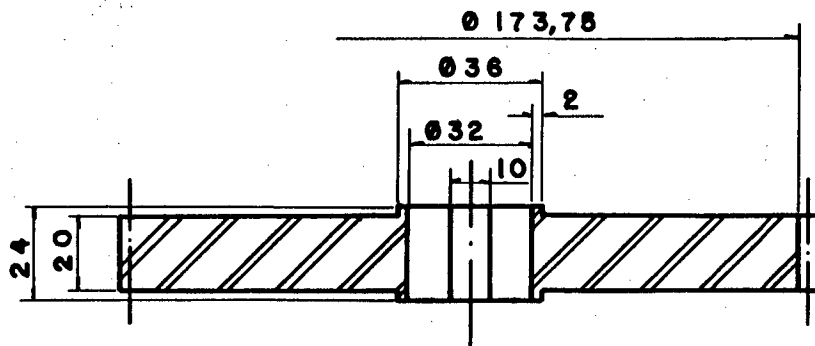


A-A'

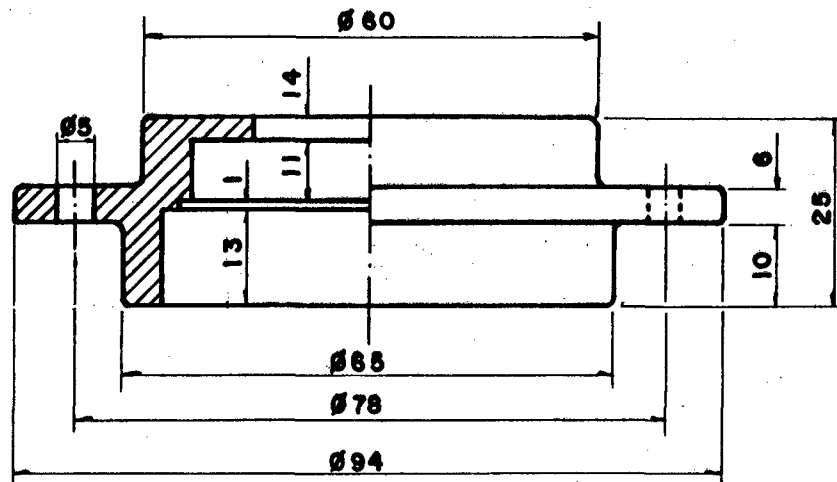
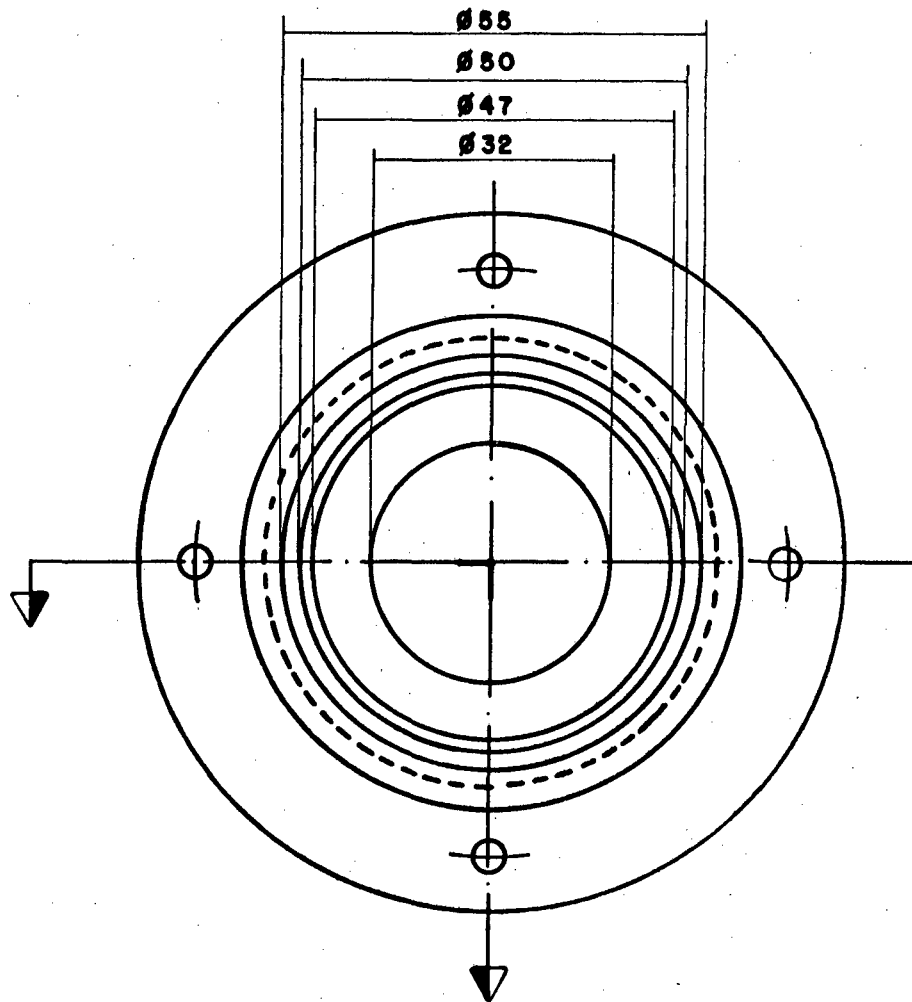


B-B'

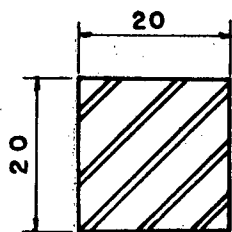
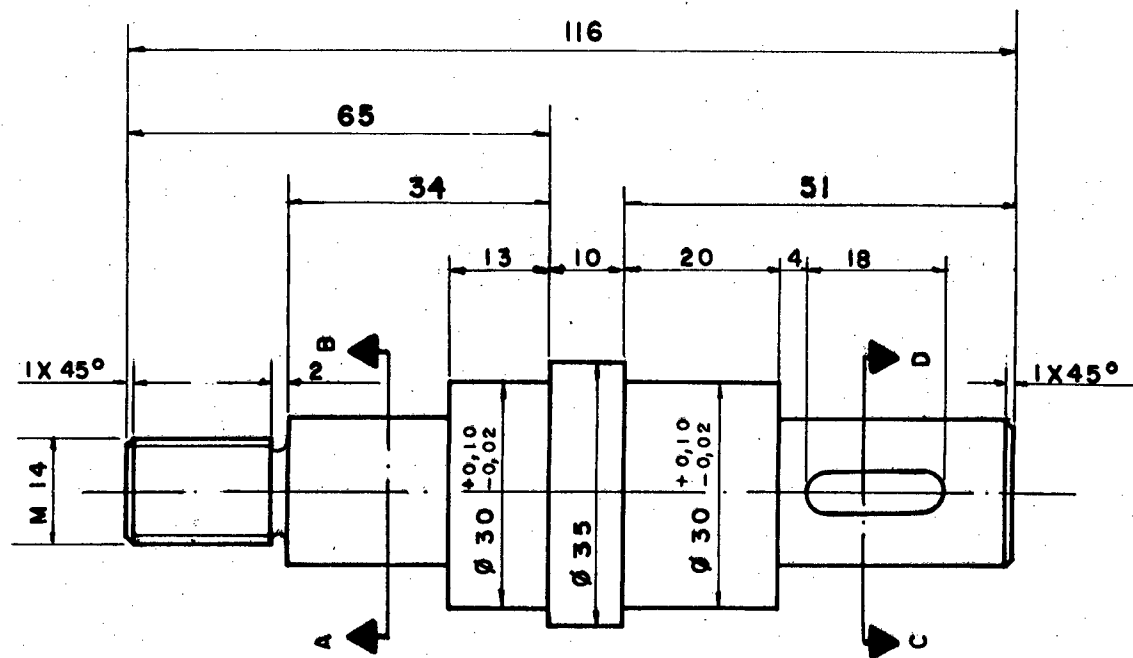
01	Elxo		Aço ABNT 1045
Quant.	Denominação	Peça	Especificações
Desenho: Joaquim		Data: 12/86	LABORATÓRIO
Responsável: Fernando		Data: 12/86	DE PROJETO
ESCALA:	PROJETO:	DESENHO Nº:	
1:1	COLHEDORA DE FORRAGENS	18	



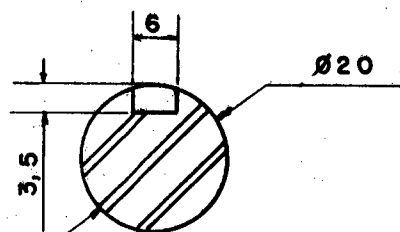
O1	Engrenagem		Aço ABNT 1046 / m=3 / z=60
Quant.	Denominação	Peça	Especificações
Desenho: Marivaldo		Data: 01/87	Escala: 1:2
Responsável: Fernando		Data: 01/87	
Projeto: COLHEDORA DE FORRAGENS			Desenho: 19



03	Supporte de Rolamento		Aço ABNT 1020
Quant.	Denominação	Peca	Especificações
Desenho: Aparecido		Data: 12/86	Escala:
Responsável: Fernando		Data: 12/86	1 : 1
Projeto:			Desenho:
COLHEDORA DE FORRÁGENS			20



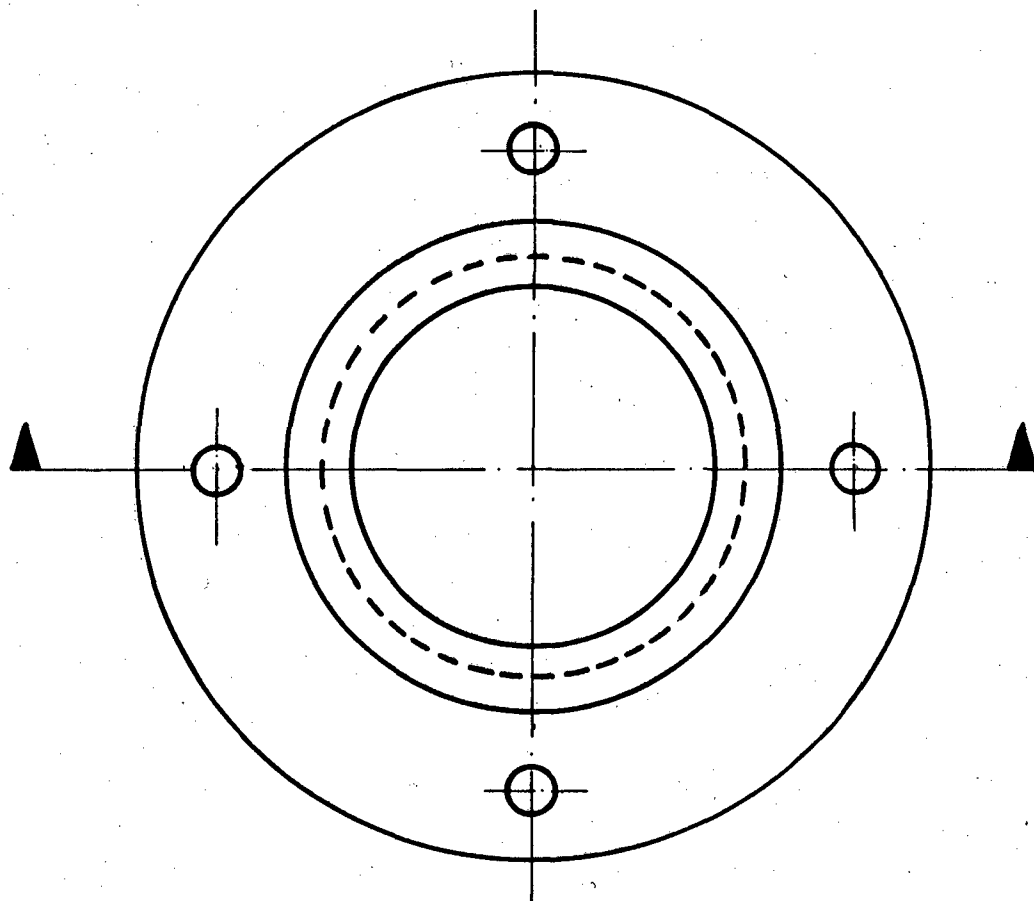
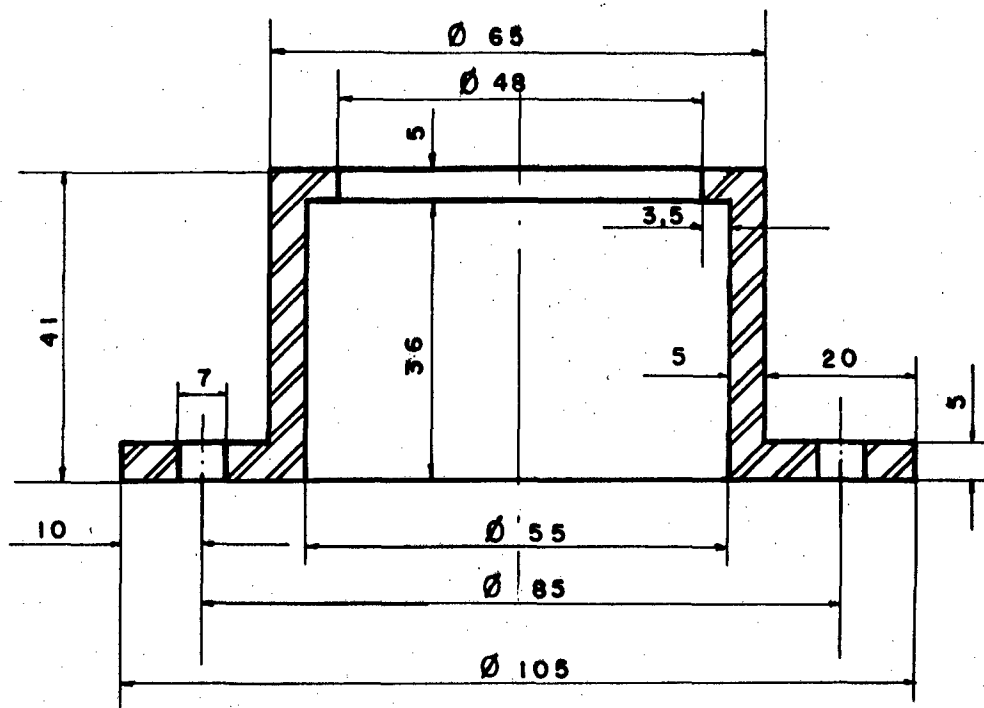
CORTE A-B



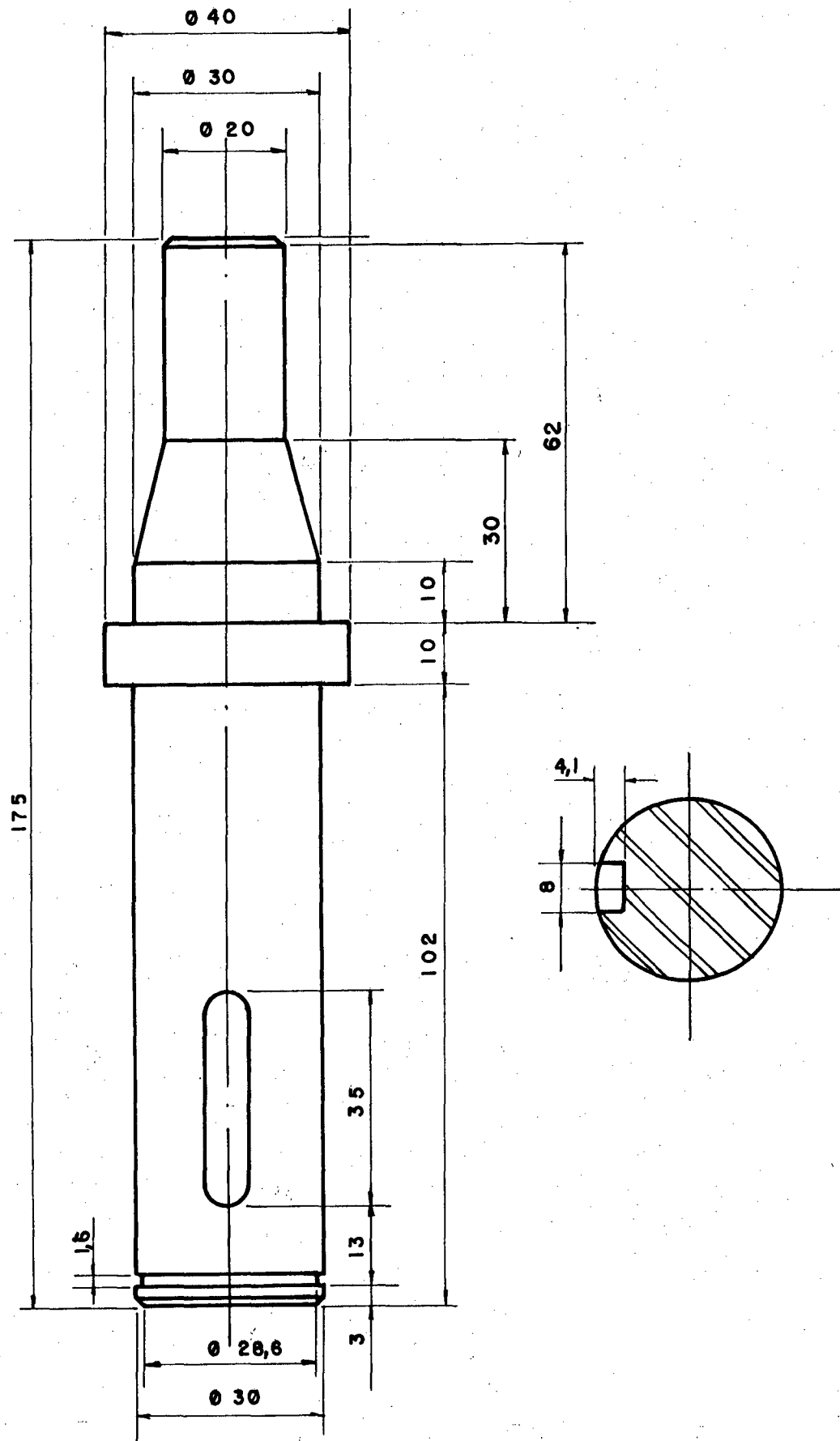
CORTE C-D

09	01	Eixo	ABNT 1020	
PEÇA	QUANT	DENOMINAÇÃO	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
		NOME DA PEÇA		DATA 20/01/87
				DESENHO 23
ESCALA 1:1		PROJETO COLHEDORA DE FORRAGENS		

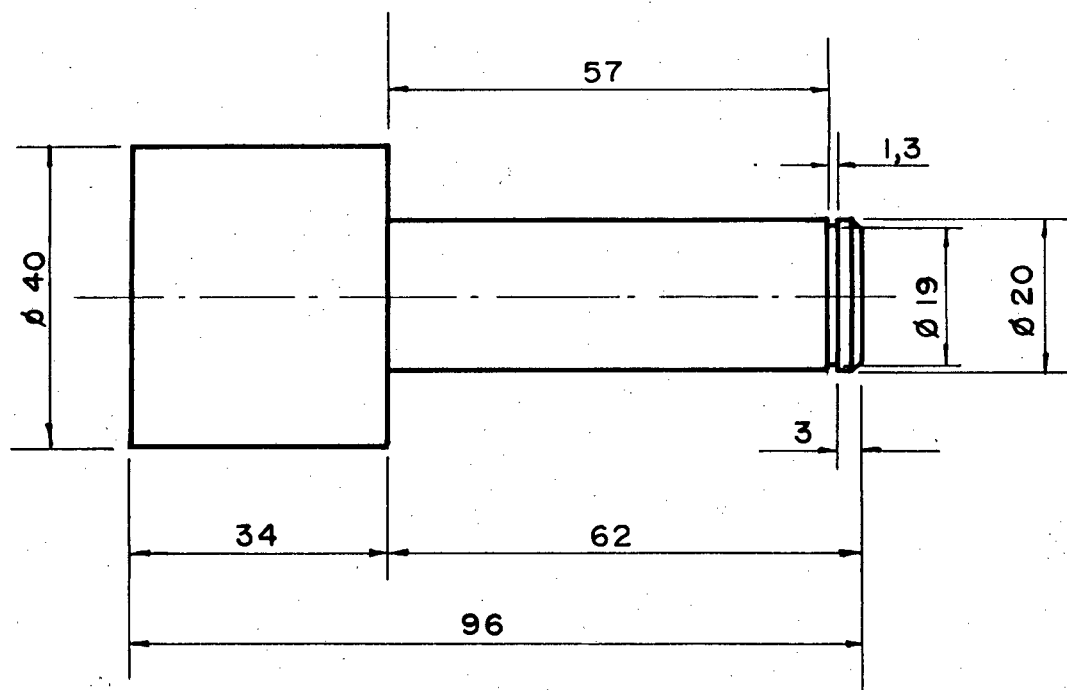




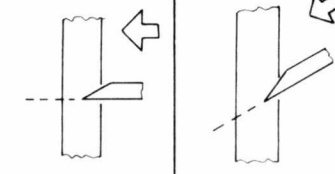
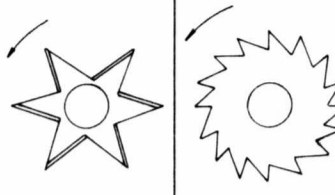
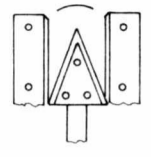
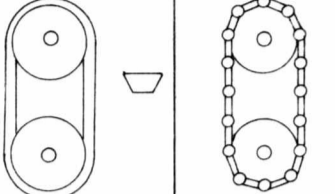
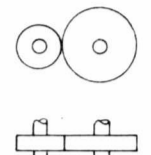
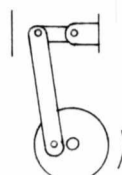
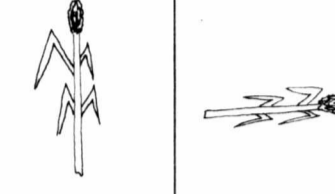
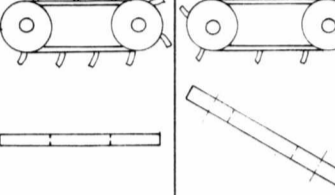
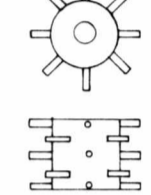
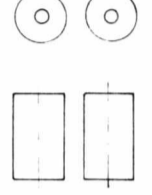
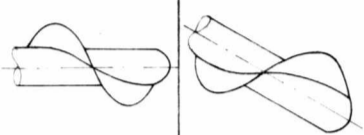
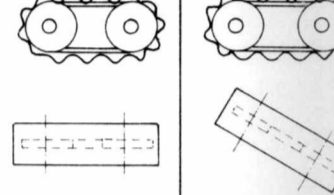
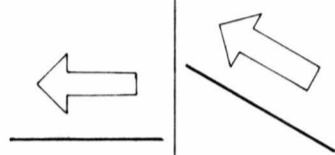
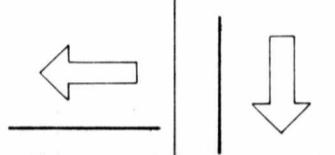
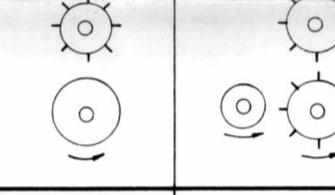
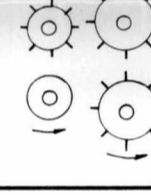
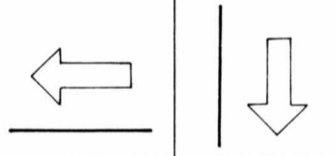
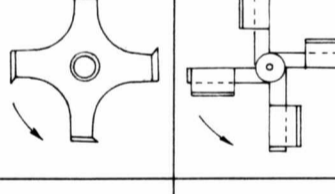

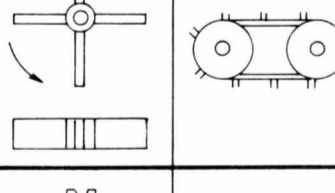
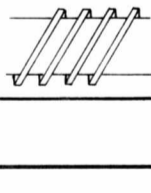
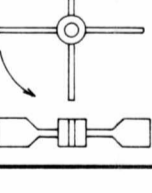
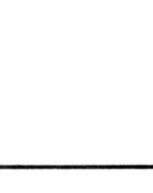
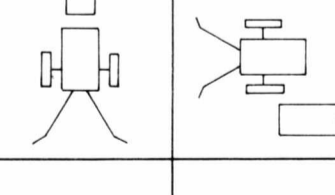
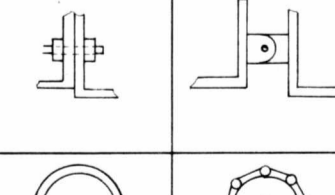
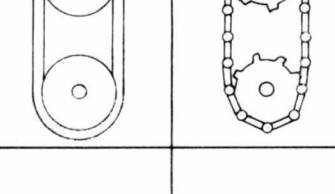
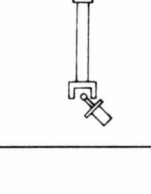
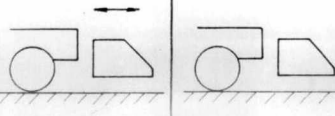
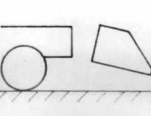
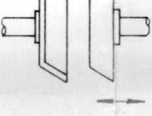
01	Cuba para Rolamentos	11	Aço ABNT 1020
QUANT.	DENOMINAÇÃO	PEÇA	ESPECIFICAÇÃO
Desenho: Marivaldo		Data: 01/87	LABORATÓRIO DE PROJETO
Responsável: Fernando		Data: 01/87	
ESCALA:	PROJETO:	DESENHO Nº:	
1:1	COLHEDORA DE FORRAGENS	24	



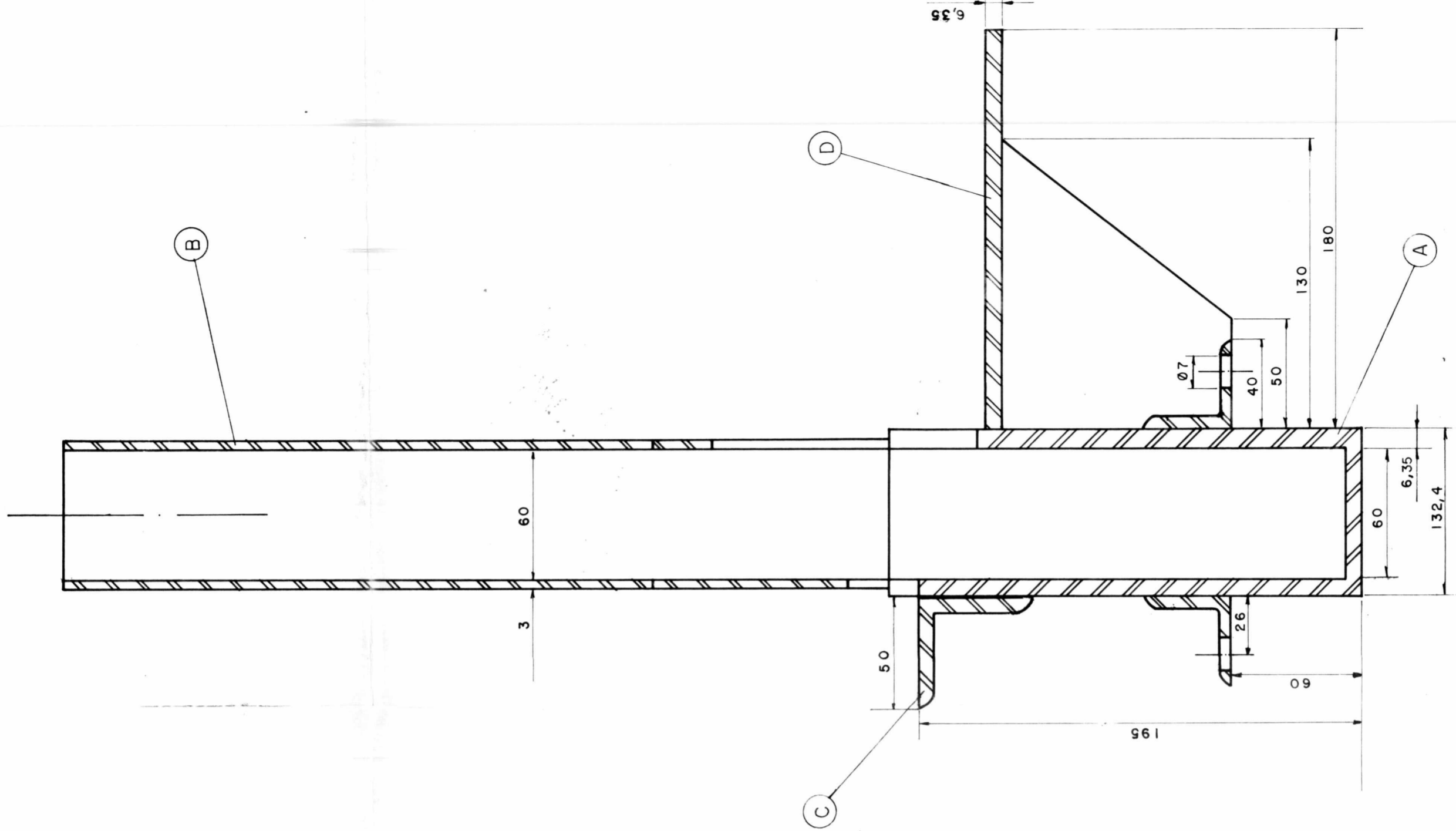
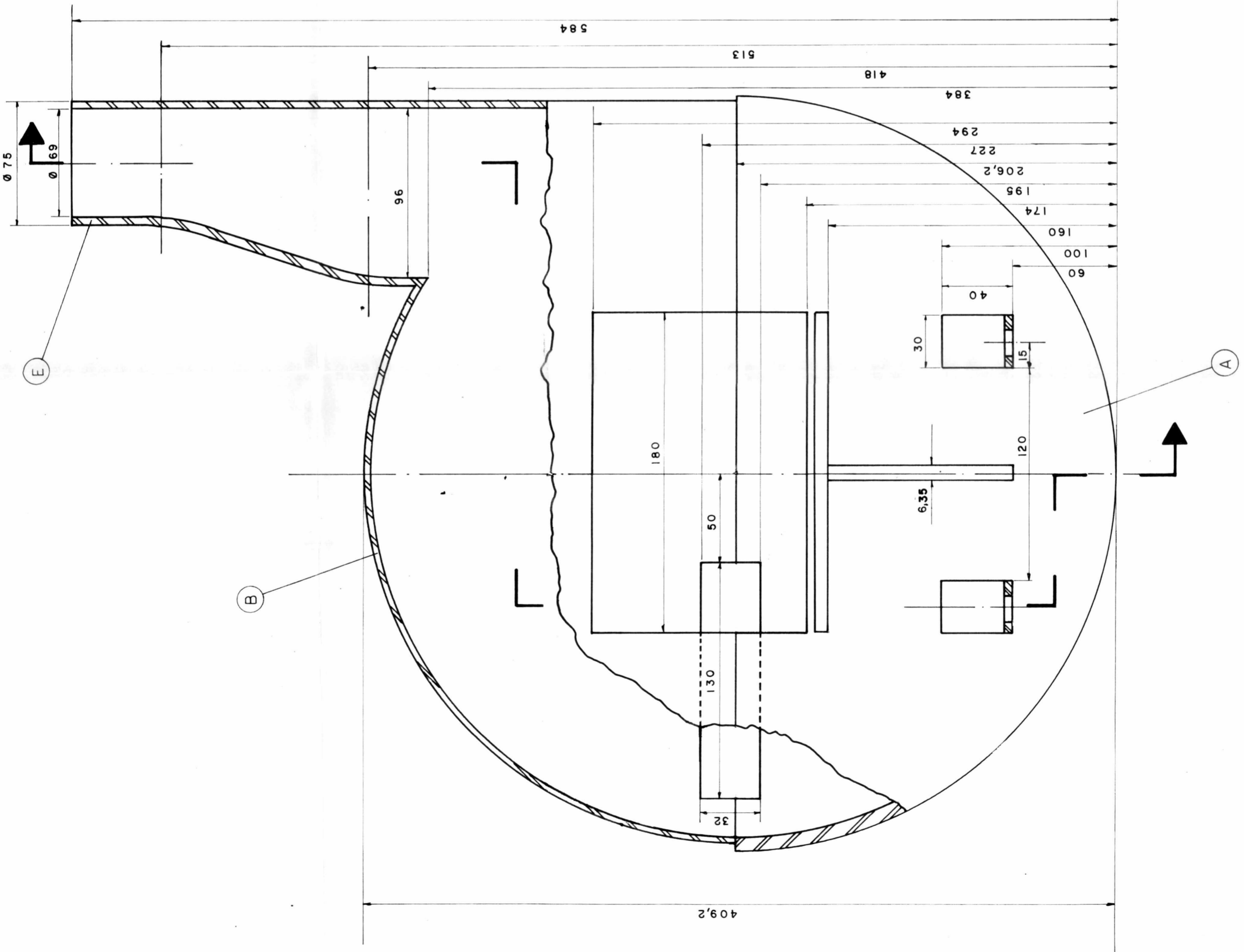
02	Eixo		Aço ABNT 1020
QUANT.	DENOMINAÇÃO	PEÇA	ESPECIFICAÇÕES
Desenho: Marivaldo		Data: 01/87	LABORATÓRIO DE PROJETO
Responsável: Fernando		Data: 01/87	
ESCALA:	PROJETO	DESENHO Nº:	
1:1	COLHEDORA DE FORRAGENS		25



02	Eixo		Aço ABNT 1020
QUANT.	DENOMINAÇÃO	PEÇA	ESPECIFICAÇÕES
Desenho: Marivaldo		Data: 02/87	LABORATÓRIO
Responsável: Fernando		Data: 02/87	DE PROJETO
ESCALA: 1:1	PROJETO: COLHEDORA DE FORRAGENS		DESENHO Nº: 26

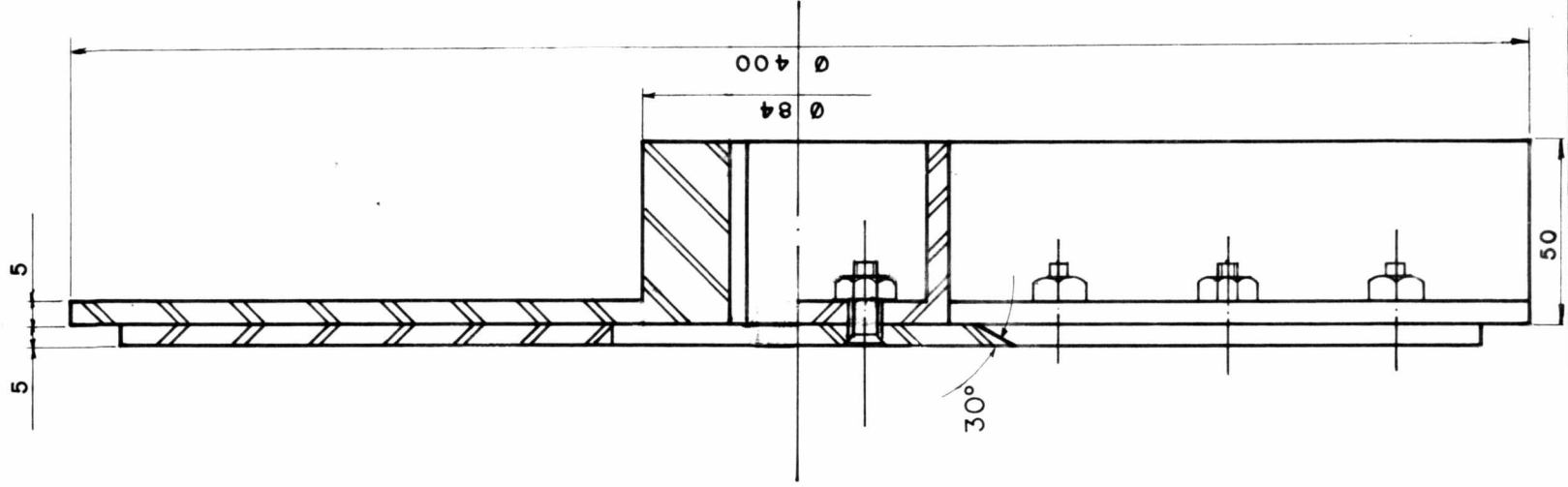
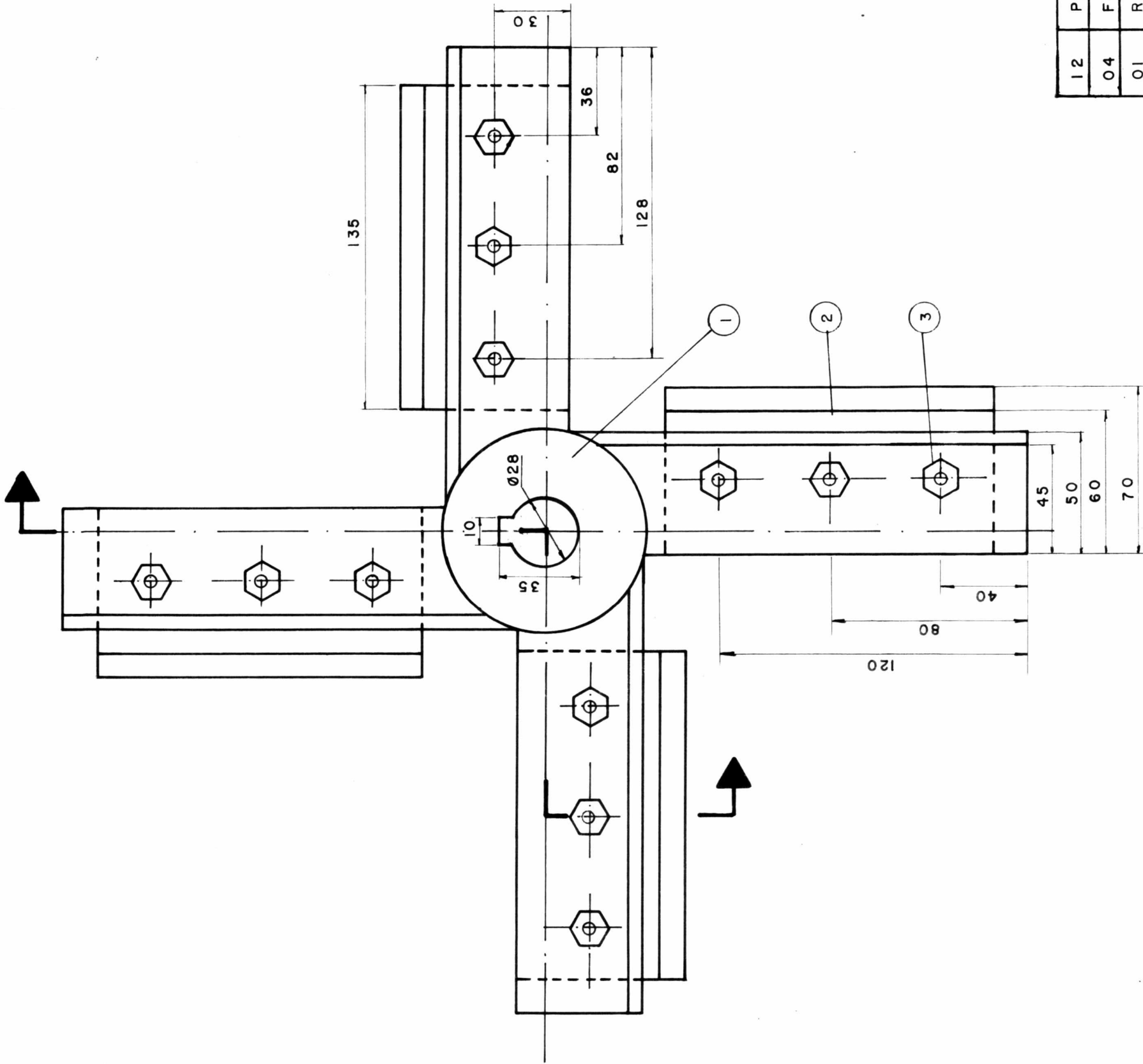
a. CORTE	a.1 DIREÇÃO DO CORTE					
	a.2 DISPOSITIVOS					
	a.3 ACIONAMENTOS					
b. TRANSPORTE	b.1 POSIÇÃO DO MATERIAL					
	b.2 DISPOSITIVOS					
	b.3 SENTIDO DO TRANSPORTE					
c. ALIMENTAÇÃO	c.1 SENTIDO DA ALIMENTAÇÃO					
	c.2 DISPOSITIVOS					
d. PICOTAMENTO	d.1 SENTIDO DA ENTRADA DO MATERIAL					
	d.2 DISPOSITIVOS					
	d.3 REGULAGENS					
e. DESCARGA	e.1 FORMAS DE OPERAÇÃO	MECÂNICA	PNEUMÁTICA	MECÂNICA PNEUMÁTICA		
	e.2 DISPOSITIVOS					
f. POSICIONAMENTO ENGATE	f.1 POSIÇÃO DA MÁQUINA					
	f.2 ACOPLAMENTO DA MÁQUINA					
	f.3 ACIONAMENTO DA MÁQUINA					
	f.4 REGULAGENS					





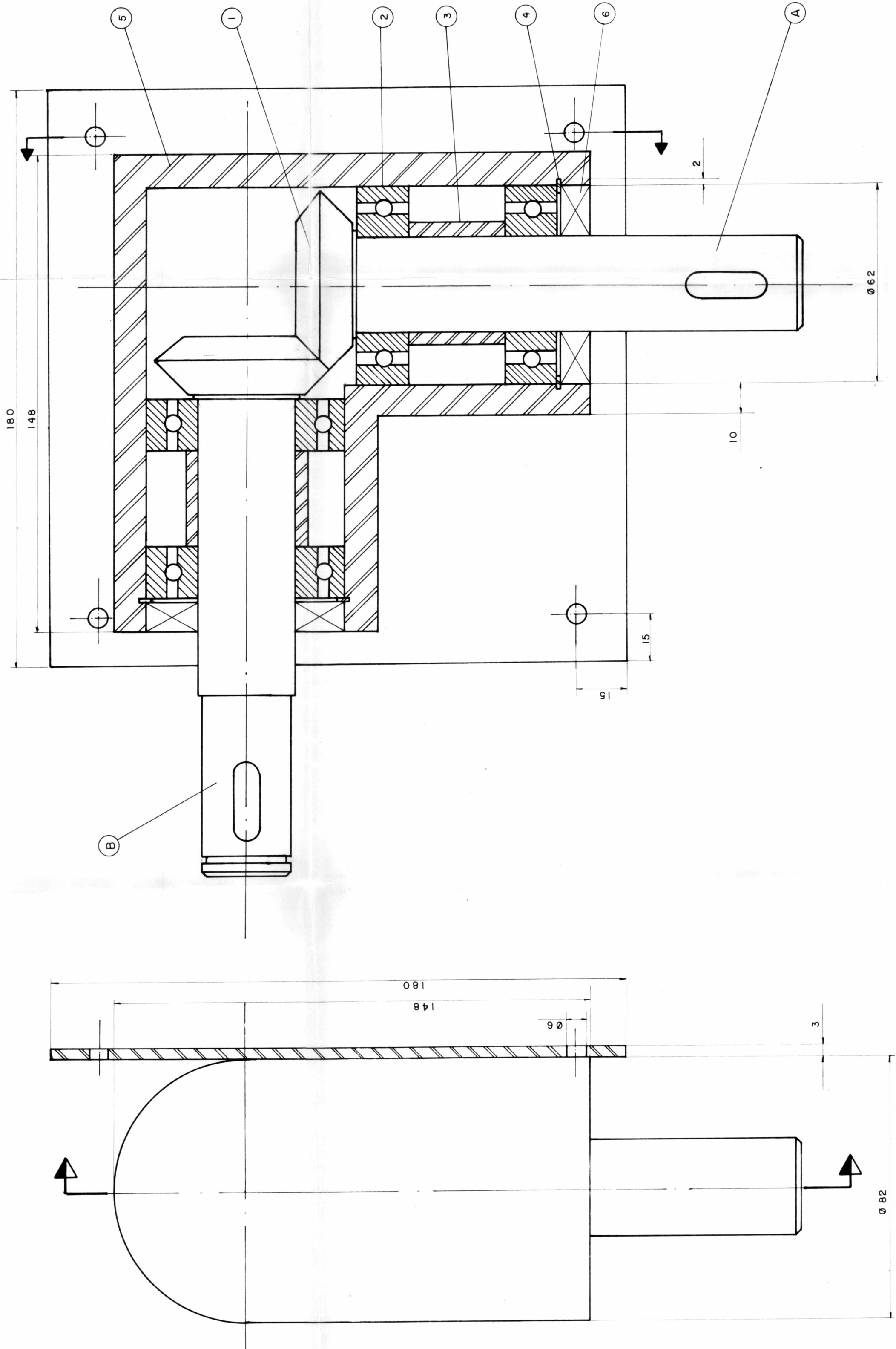
01	Carcaca do Ventilador	01	Aço ABNT 1020
QUANT.	DENOMINAÇÃO	PEÇA	ESPECIFICAÇÕES
Desenho: Marivaldo			LABORATÓRIO
Responsável: Fernando			DE PROJETO
ESCALA: 1:2	PROJETO		DESENHO Nº: 2

COLHEDORA DE FORRAGENS



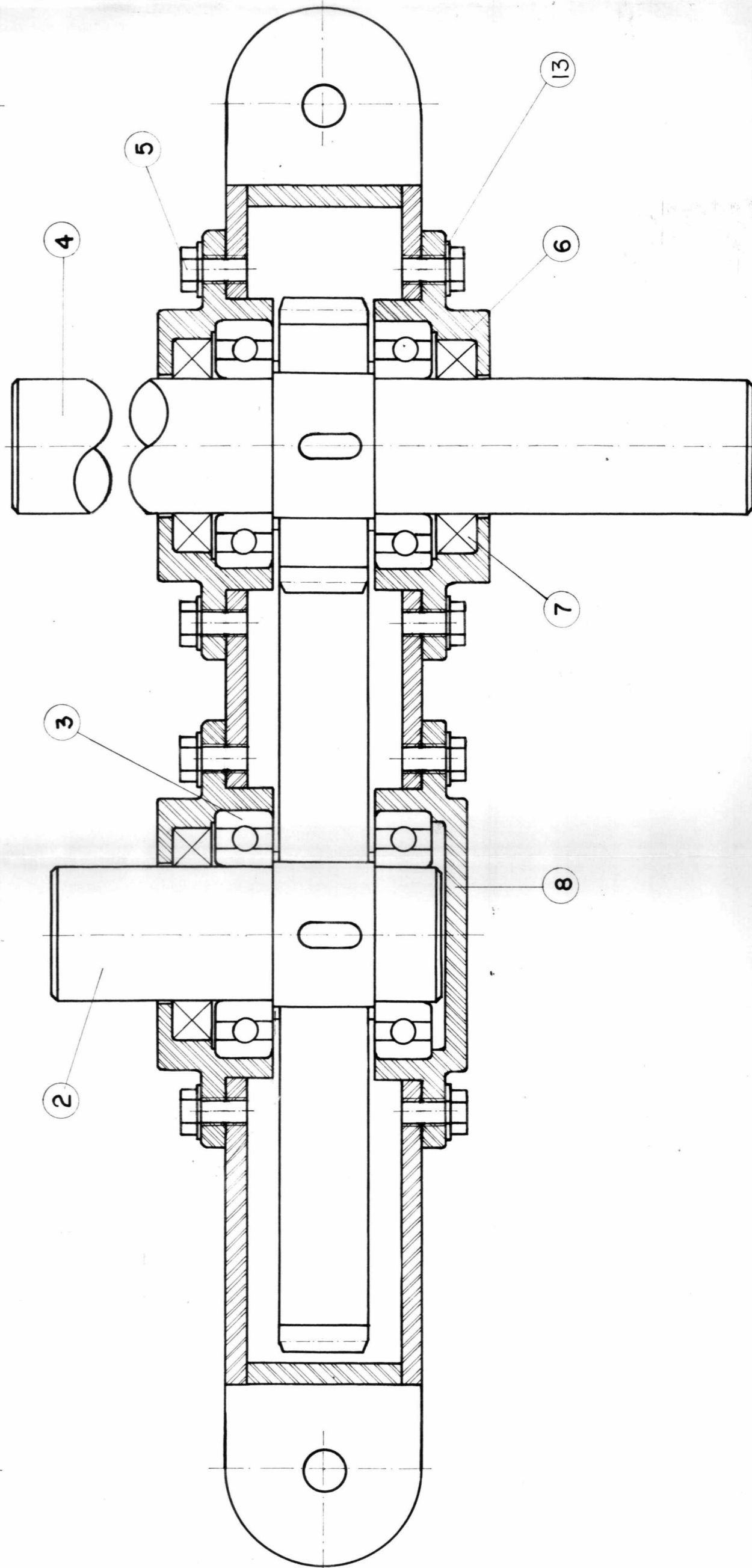
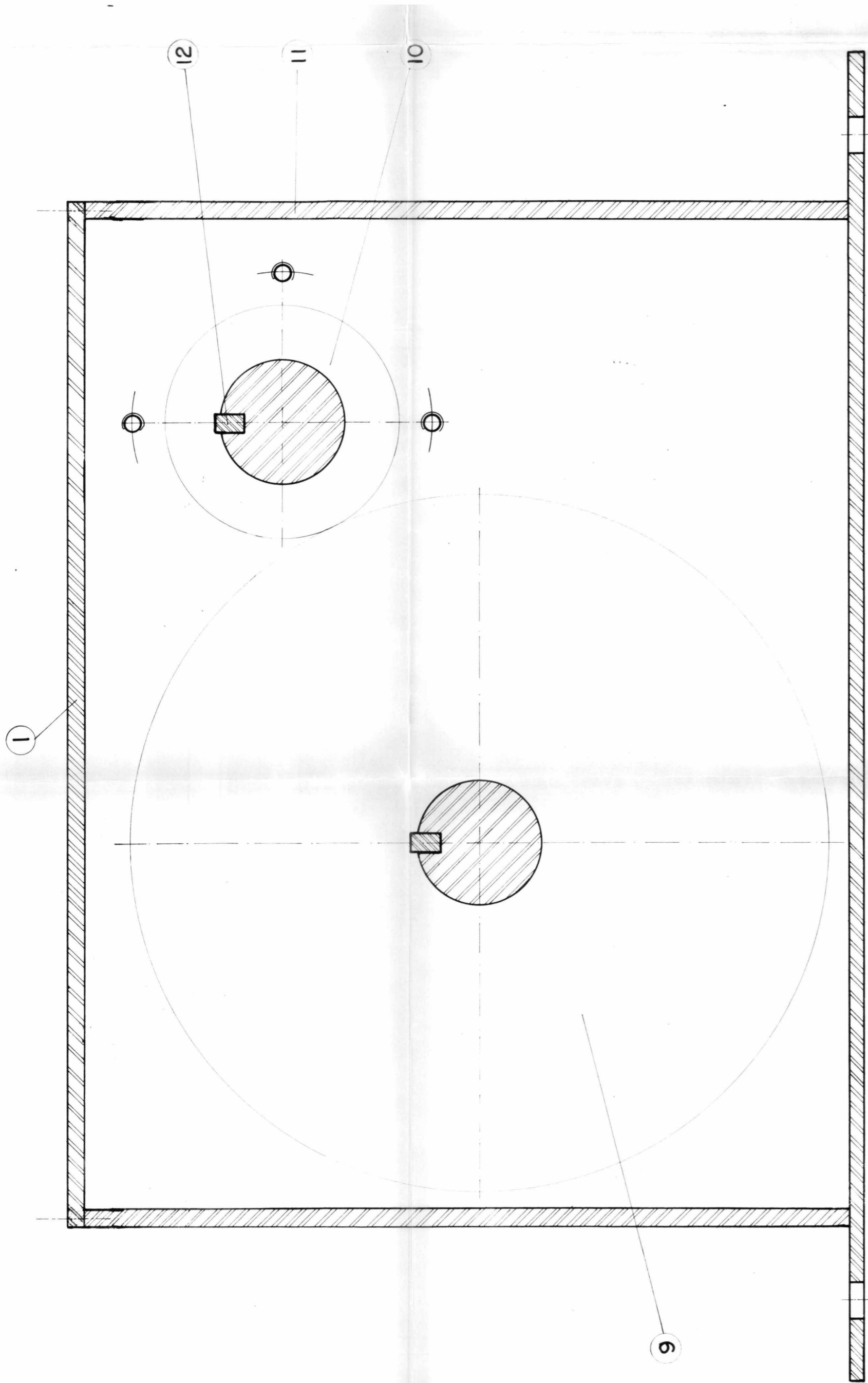
12	Parafuso Escareado c/ Porca Sext.	03	M8 X 20
04	Faca	02	Aço ABNT 1060 Temperado
01	Rotor do Ventilador	01	Aço ABNT 1020
QUANT.	DENOMINAÇÃO	PEÇA	ESPECIFICAÇÕES
Desenho: Marivaldo		Data: 01/87	
Responsável: Fernando		Data: 01/87	
ESCALA	PROJETO:	LABORATÓRIO	
1:2		DE PROJETO	
			DESENHO Nº
			3

COLHEDORA DE FORRAGENS

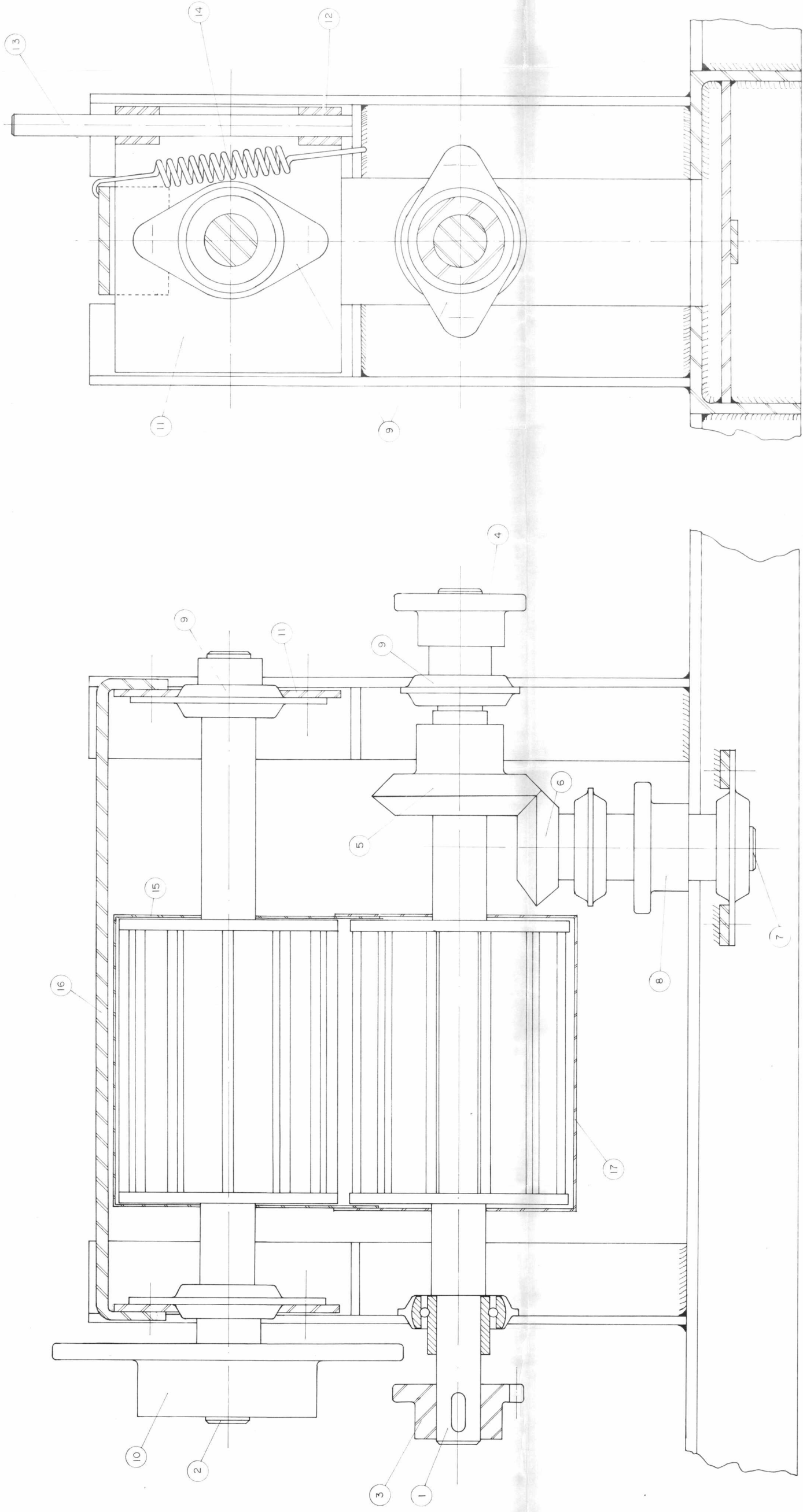


02	Refentor	06	Aço / Borrache
01	Caixa da Caixa	05	Aço ABNT 1020
02	Anel de Retenção p/ Furos	04	SEEGER 502 Ø 62 mm
02	Bucha Espacadora	03	Aço ABNT 1020 Ø 30 X 30 mm
04	Rolamento de Esferas	02	SKF 6206
02	Eixo c/ Engr. Cônica	01	Aço ABNT 8620
QUANT. DENOMINAÇÃO		PEÇA	ESPECIFICAÇÕES
Desenho: Aparecido		LABORATÓRIO	
Responsável: Fernando		Data: 12/86	
ESCALA: 1:1		Data: 12/86	
PROJETO: COLHEDORA DE FORRAGENS		DE PROJETO	
		DESENHO Nº 4	

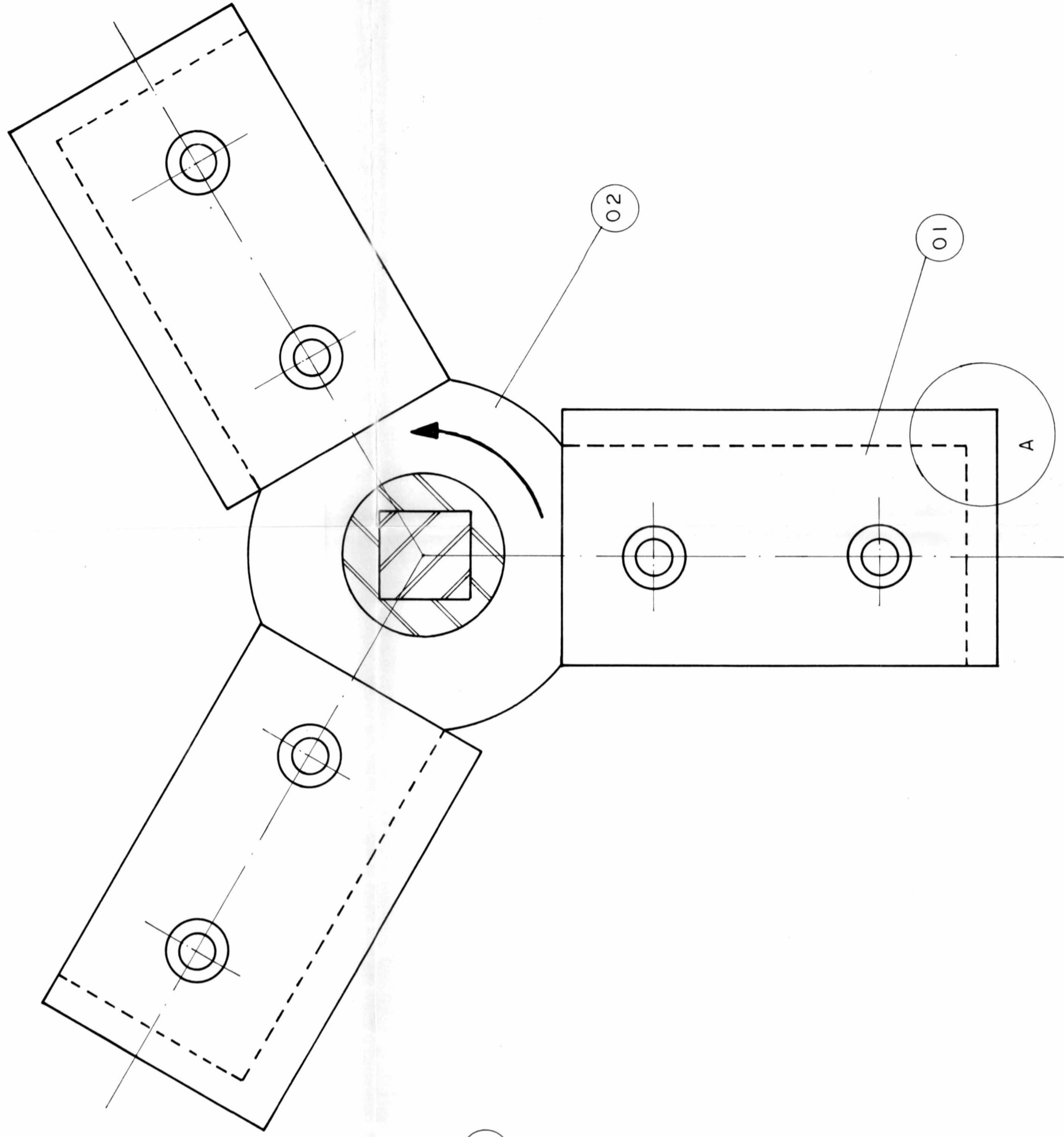
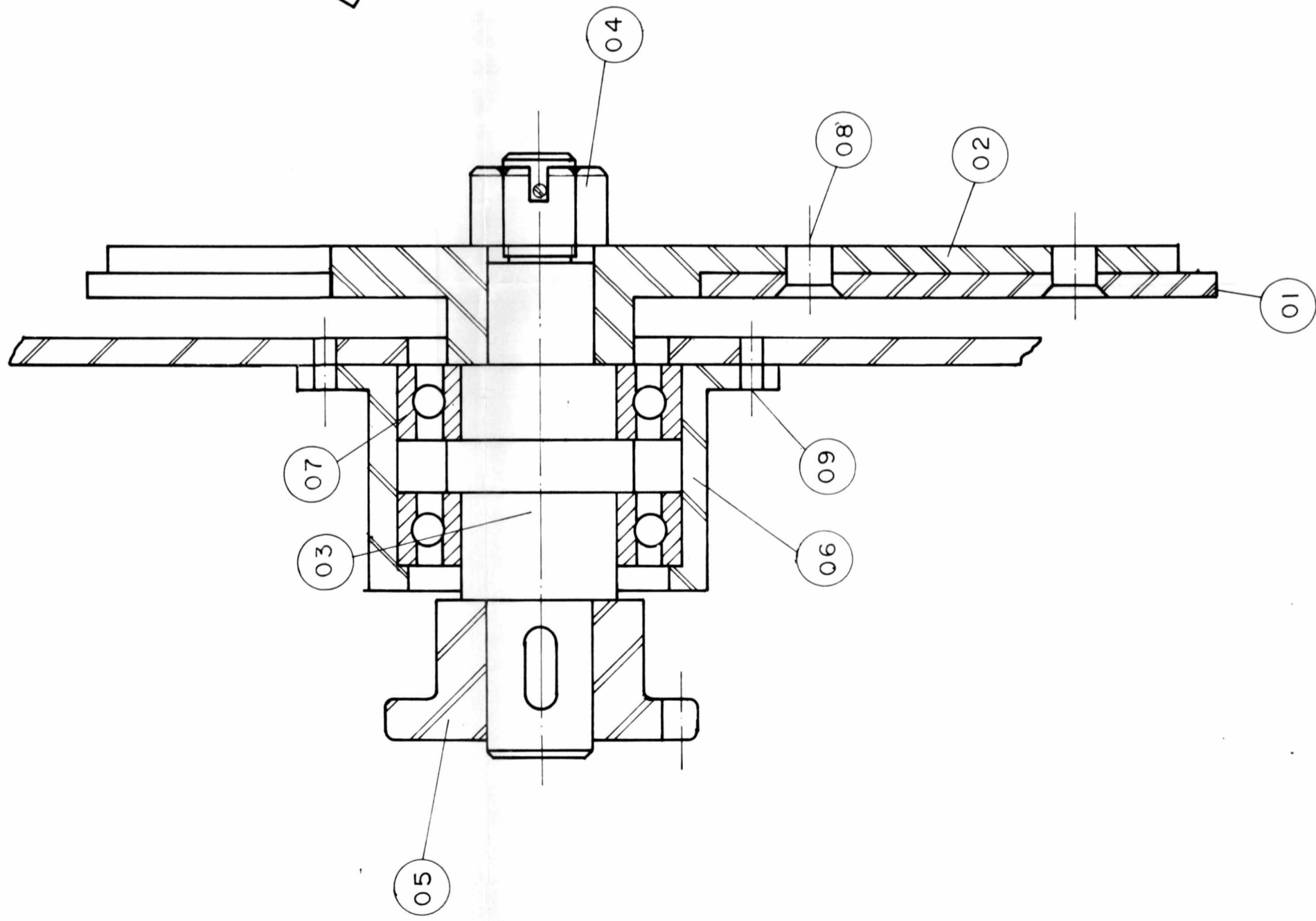




16	Arruela de Pressão	13	
2	Chaveta	12	Aço ABNT 1020
1	Carcasa do Redutor	11	Aço ABNT 1020
1	Engrenagem	10	Aço ABNT 1045
1	Engrenagem	9	Aço ABNT 1045
1	Suporte de Rolamento	8	F&F2
3	Vedador	7	Borracha Ø = 47,25
1	Suporte de Rolamento Vazado	6	F&F2
16	Parafuso	5	M5
1	Eixo	4	Aço ABNT 1045
4	Rolamento	3	SKF 6006
1	Eixo	2	Aço ABNT 1045
1	Tampa	1	Aço ABNT 1020
QUANT.	DENOMINAÇÃO	PEÇA	ESPECIFICAÇÕES
			LABORATÓRIO
Desenho: Joaquim			Data: 12/86
Responsável: Fernando			Data: 12/86
ESCALA: 1:1			DE PROJETO
PROJETO: COLHEDORA DE FORRAGENS			DESENHO Nº: 5



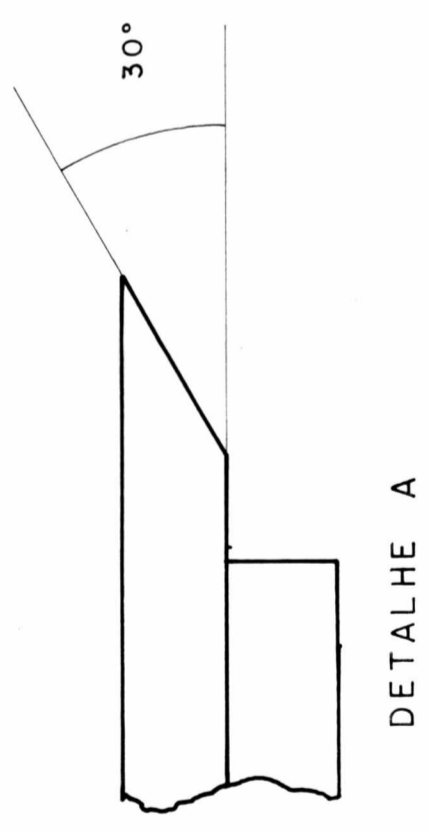
01	Proteção do Relo Inferior	17	Aço ABNT 1020
01	Chapa Alinhadora	16	Aço ABNT 1020
01	Proteção do Relo Superior	15	Aço ABNT 1020
02	Mola	14	
02	Haste	13	Aço ABNT 1020
04	Anel Deslizante	12	Aço ABNT 1020
02	Chapa	11	Aço ABNT 1020
01	Roda Dentada	10	Aço ABNT 1020
06	Relamentos	09	Romos. A5-204.20
01	Eixo	07	Aço ABNT 1020
02	Conj. de Engrenagens Cônicas	05,06	
03	Roda Dentada	03,04,08	Aço ABNT 1045
01	Conj. Eixo e Relo Superior	02	Aço ABNT 1020
01	Conj. Eixo e Relo Inferior	01	Aço ABNT 1020
QUANT. DENOMINAÇÃO			
Desenho: Marivaldo			
Responsible: Fernando			
ESCALA: 1:1		LABORATÓRIO DE PROJETO	
PROJETO: COLHEDORA DE FORRA AGENIC		Data: 02/87	
		DESENHO Nº:	

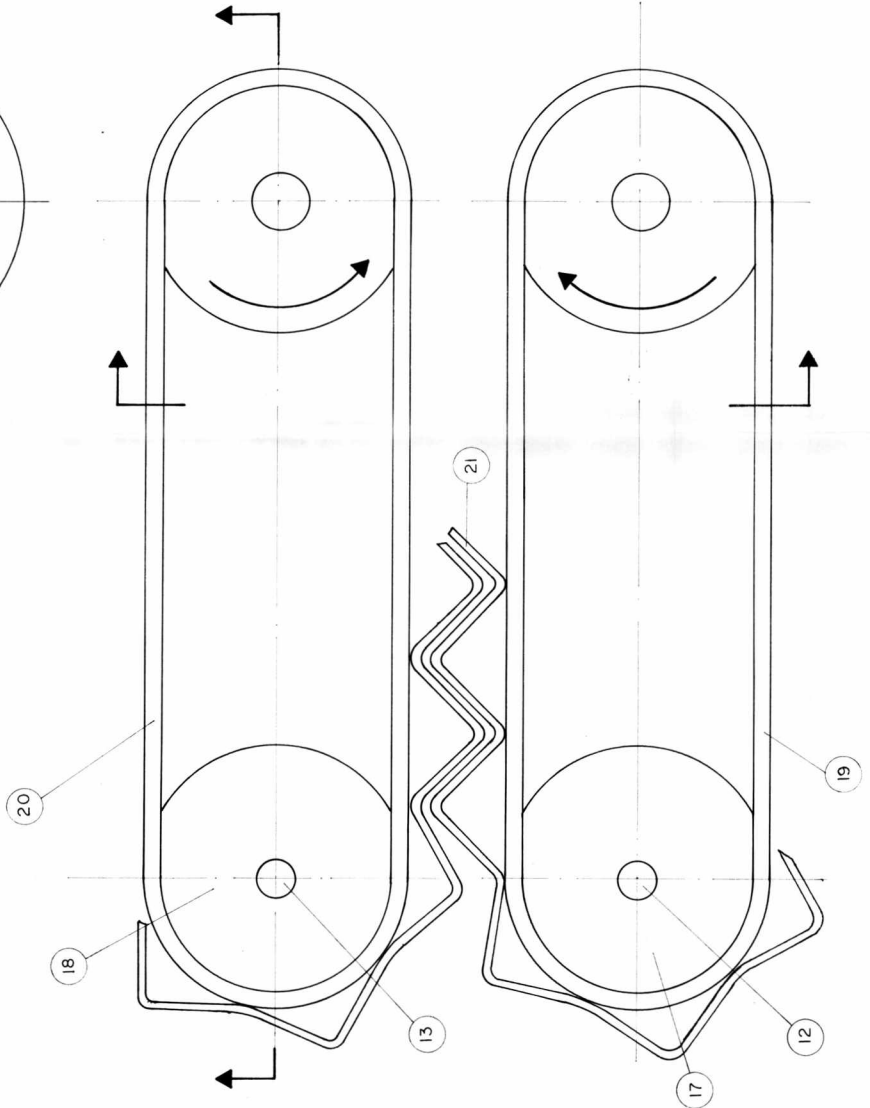
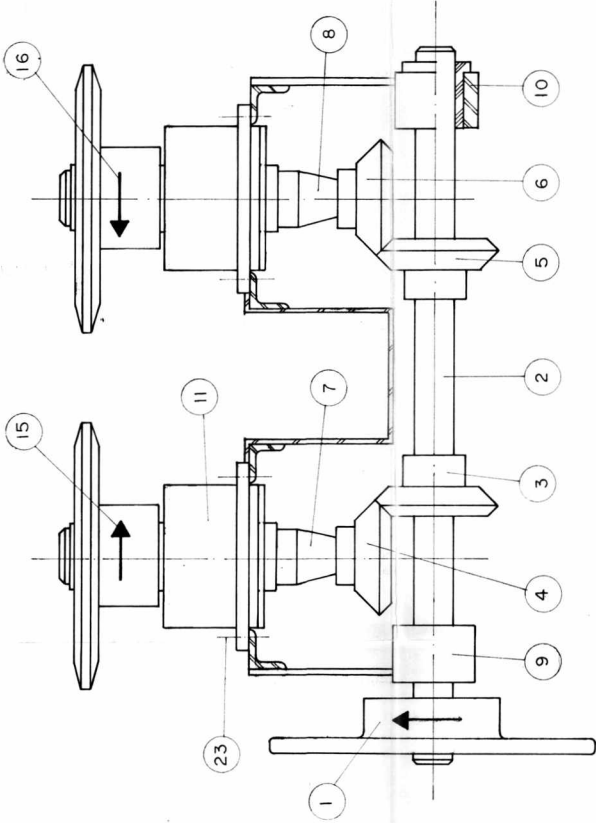
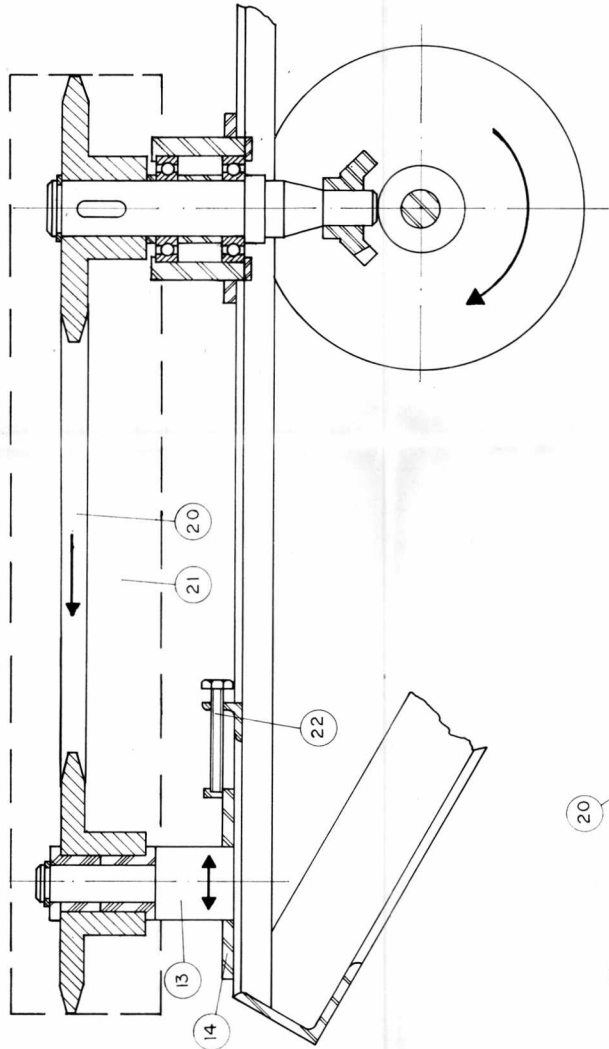


08	Parafuso Sext. Interno	09	Aço ABNT 1045	Temperado M 6
06	Parafuso Conico	08	Aço ABNT 1020	M 6
02	Rolamento	07	SKF 6006	
01	Carga de Rolamento	06	Aço ABNT 1020	
01	Roda Dentada	05	Aço ABNT 1045	
01	Porca de Castelo	04	M 14	
01	Eixo	03	Aço ABNT 1020	
01	Suporte das Facas	02	Aço ABNT 1020	
03	Faca	01	Aço ABNT 1060	
QUANT.	DENOMINAÇÃO	PEÇA	ESPECIFICAÇÕES	

Desenho: Marivaldo  
 Responsável: Fernando  
 ESCALA: 1:1  
 PROJETO: COLHEDORA DE FORRAGENS  
 DESENHO Ns: 07

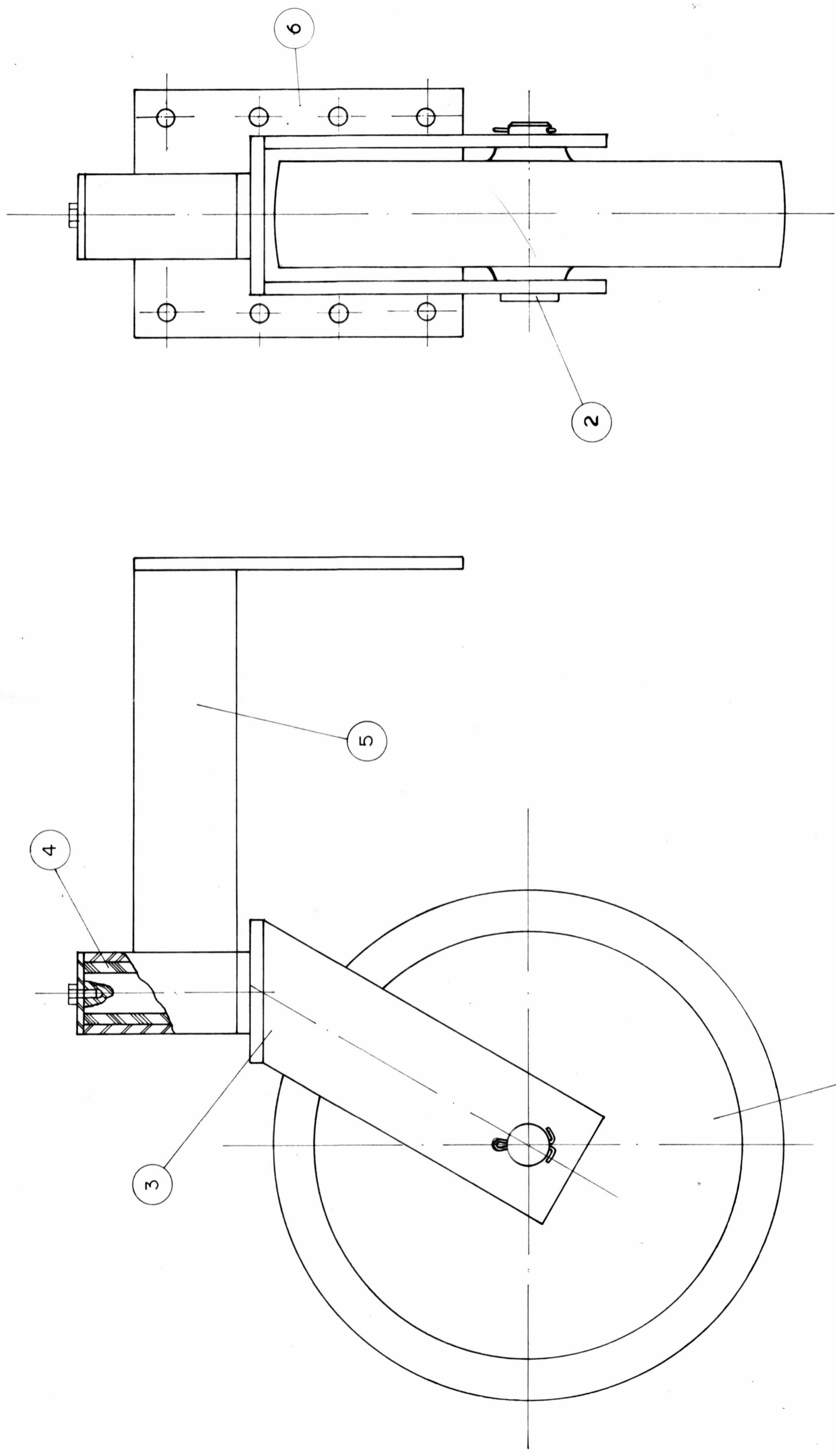
Data: 02/87  
 LABORATÓRIO  
 Data: 02/87  
 DE PROJETO





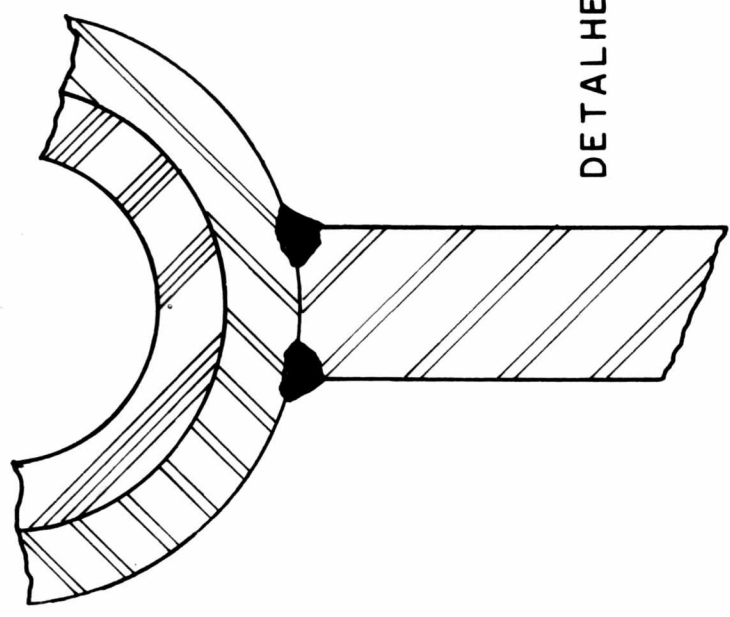
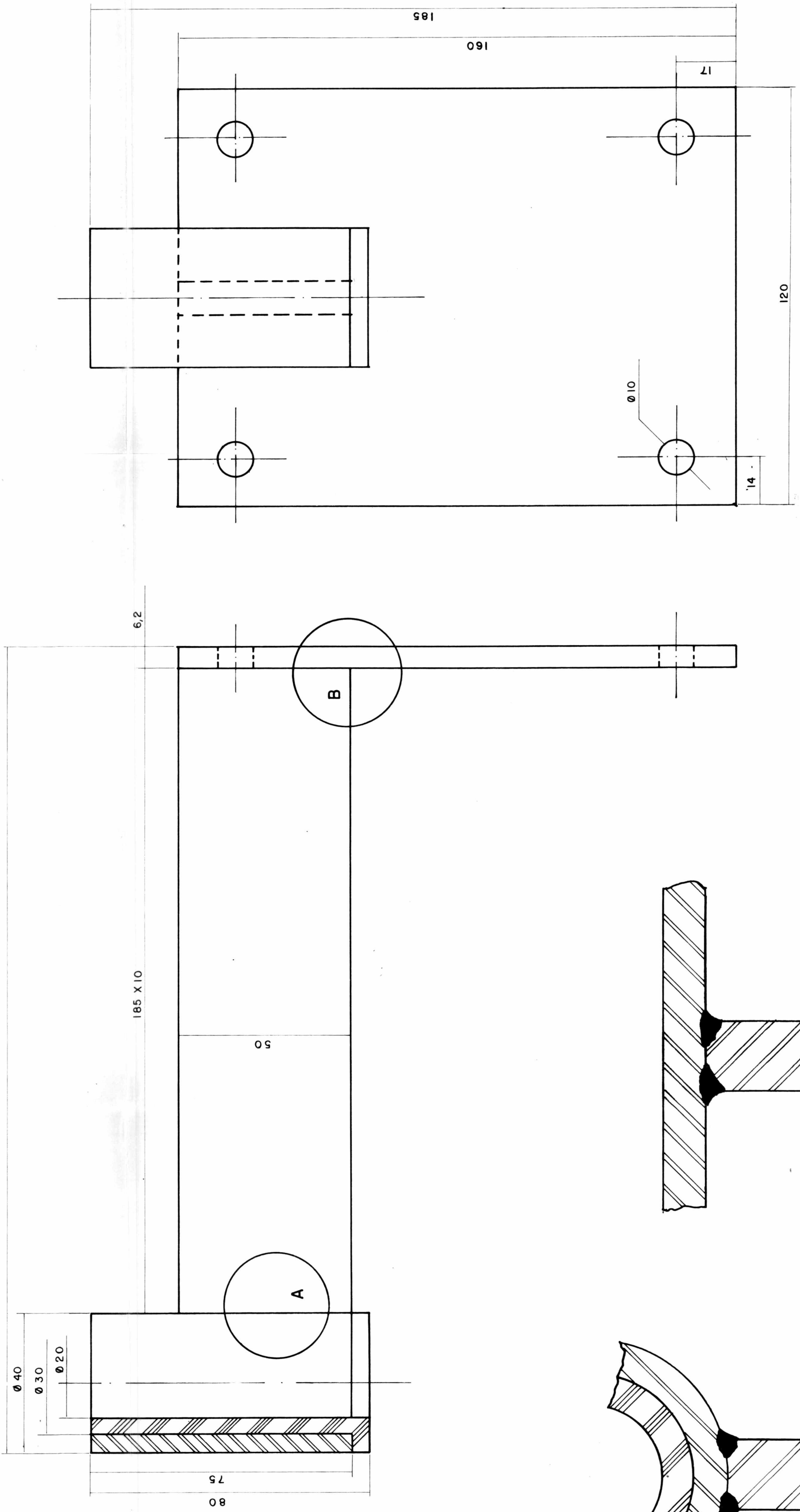
16	Parafuso Sext. Interno	23	Aço ABNT 1045 Temperado
02	Escaladores	22	
02	Correia Plana	21	3 Lencas c/ Larg. 80 mm
02	Corrente de Rolo	19 e 20	Serie ANCO Tipo K-1
02	Roda Dentada	15,16,17,18	F2F2
02	Chapa de Suporte	14	Aço ABNT 1020
02	Eixo	12 e 13	Aço ABNT 1020
02	Carcasa dos Menciais	11	Aço ABNT 1020
02	Menciais c/ Bucha	09 e 10	Nylon
02	Eixo	07 e 08	Aço ABNT 1020
02	Engrenagem Conica	04 e 06	
02	Engrenagem Conica	03 e 05	
01	Eixo	02	Aço ABNT 1020
01	Roda Dentada	01	Aço ABNT 1020
QUANT. DENOMINAÇÃO		PEÇA	ESPECIFICAÇÕES
Desenho: Marivaldo		Data: 02/87	
Responsible: Fernando		LABORATÓRIO	
ESCALA: 1:2		Data: 02/87	
PROJETO:		DESENHO Nº	
1:2		08	

COLHEDORA DE FORRAGENS

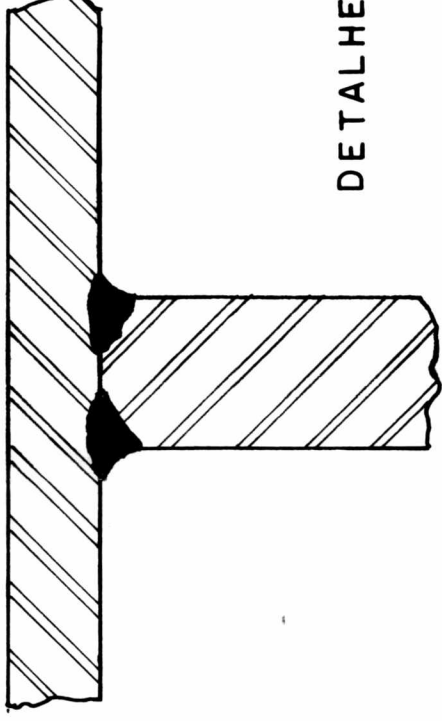


01	Chapa	06	Aço ABNT 1020	e = 6,35 mm
02	Braço	05	Aço ABNT 1020	
02	Bucha	04	Nailon	
02	Garfo	03	Aço ABNT 1020	
02	Eixo	02	Aço ABNT 1020	
02	Roda	01	Novex - Ø 200	
QUANT. DENOMINAÇÃO		PEÇA	ESPECIFICAÇÕES	
Desenho: Marivaldo		Data: 02 / 87		LABORATÓRIO
Responsável: Fernando		Data: 02 / 87		DE PROJETO
ESCALA: 1:2		PROJETO:		DESENHO Nº: 10
<b>COLHEDORA DE FORRAGENS</b>				





DETALHE A

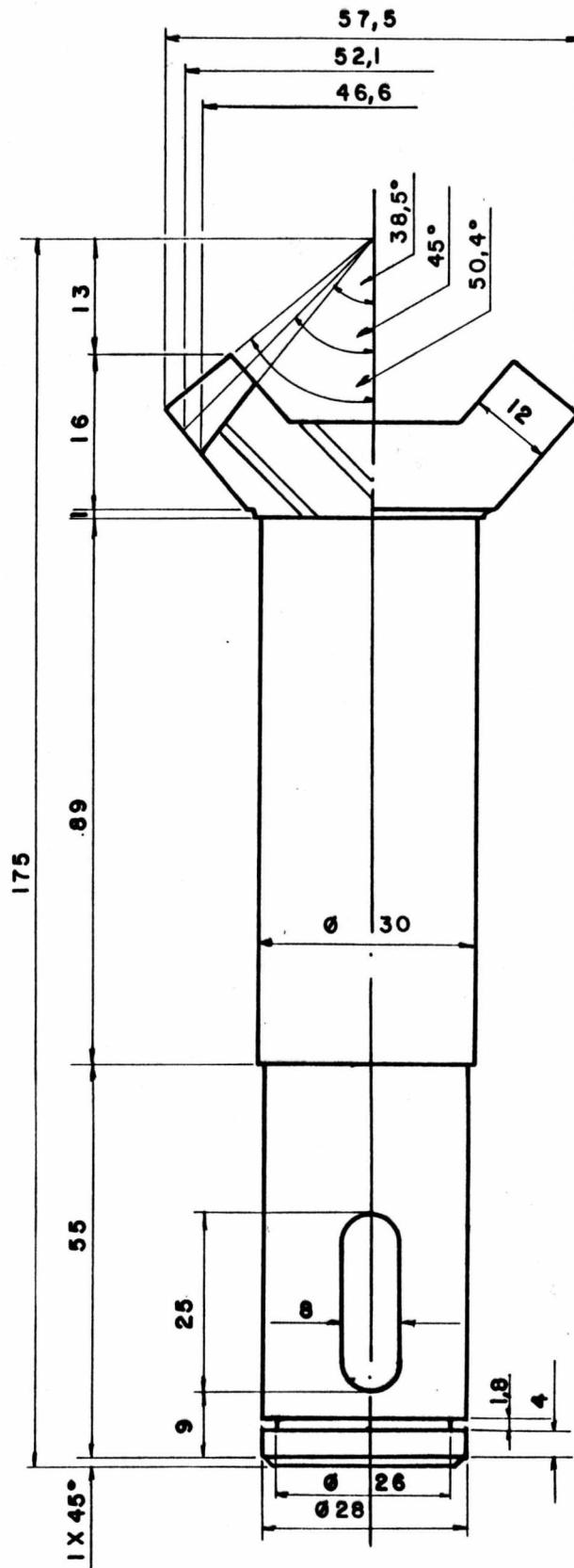


DETALHE B

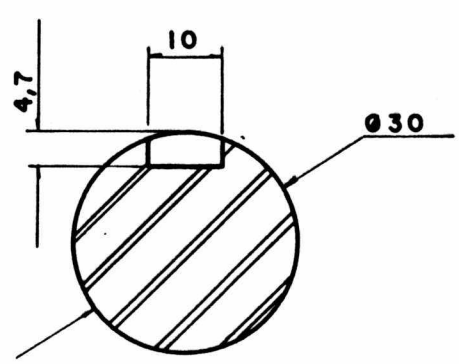
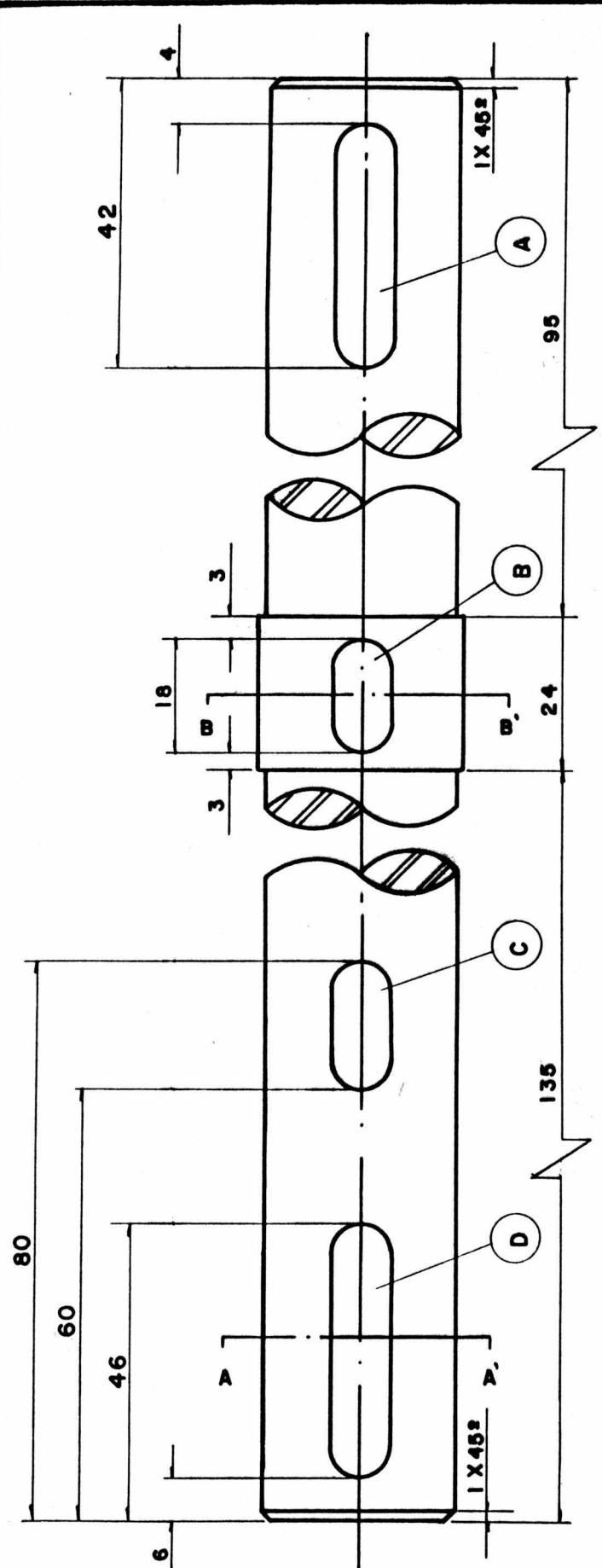
02	02	Aço ABNT 1020	02	02
QUANT. DE NOMINAÇÃO	ESPECIFICAÇÕES	PEÇA	ESPECIFICAÇÕES	ESPECIFICAÇÕES
Desenho: Marivaldo	Data: 02/87	LABORATORIO	Data: 02/87	DE PROJETO
Responsavel: Fernando	Data: 02/87	LABORATORIO	Data: 02/87	DE PROJETO
ESCALA: 1:1	PROJETO: COLHEDORA DE FORRAGENS	DESENHO Nº: 12		



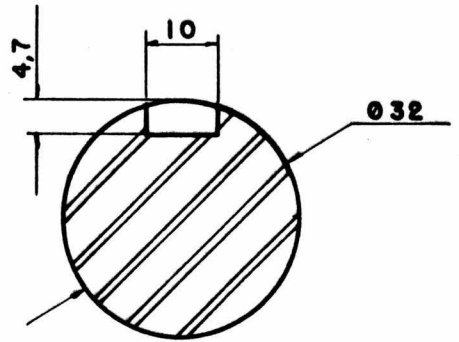




01	Eixo c/ Engr. Cônica	01	Aço ABNT 8620 / Cementado
QUANT.	DENOMINAÇÃO	PEÇA	ESPECIFICAÇÕES
Desenho: Aparecido		Data: 12/86	LABORATÓRIO DE PROJETO
Responsável: Fernando		Data: 12/86	
ESCALA:	PROJETO:	DESENHO Nº	
1 : 1	COLHEDORA DE FORRAGENS	14	

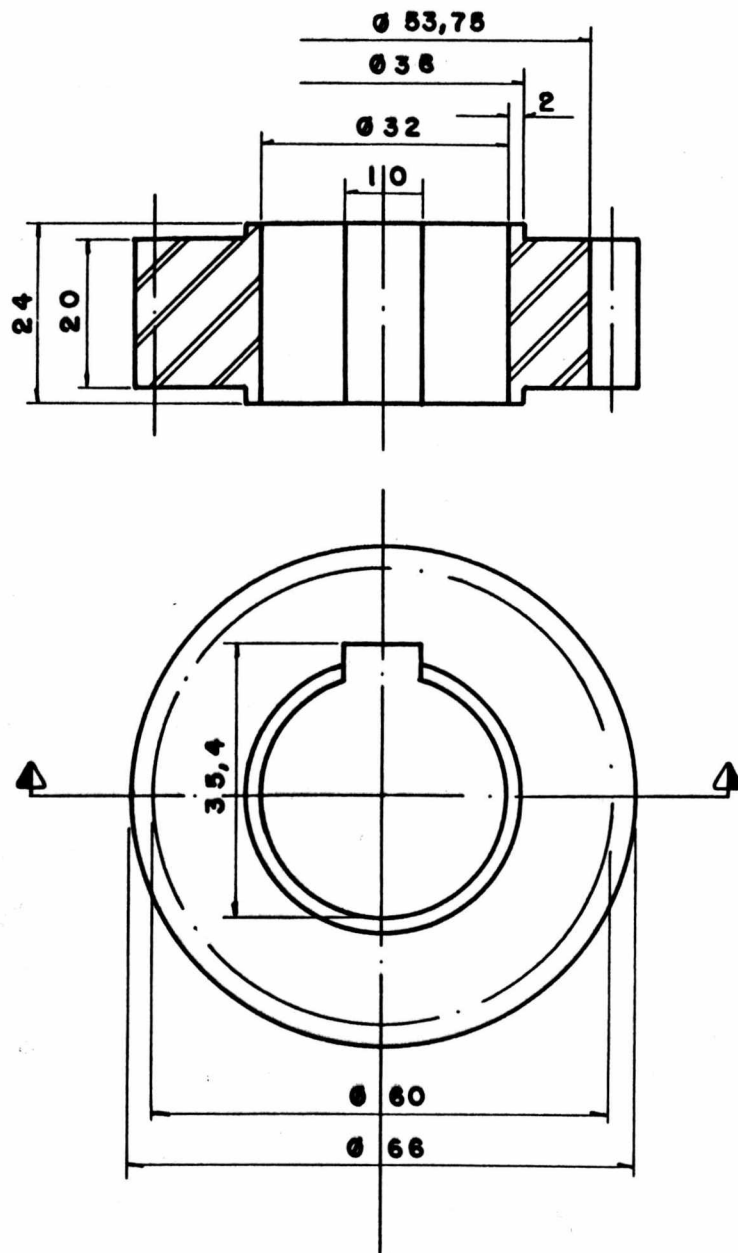


A - A'

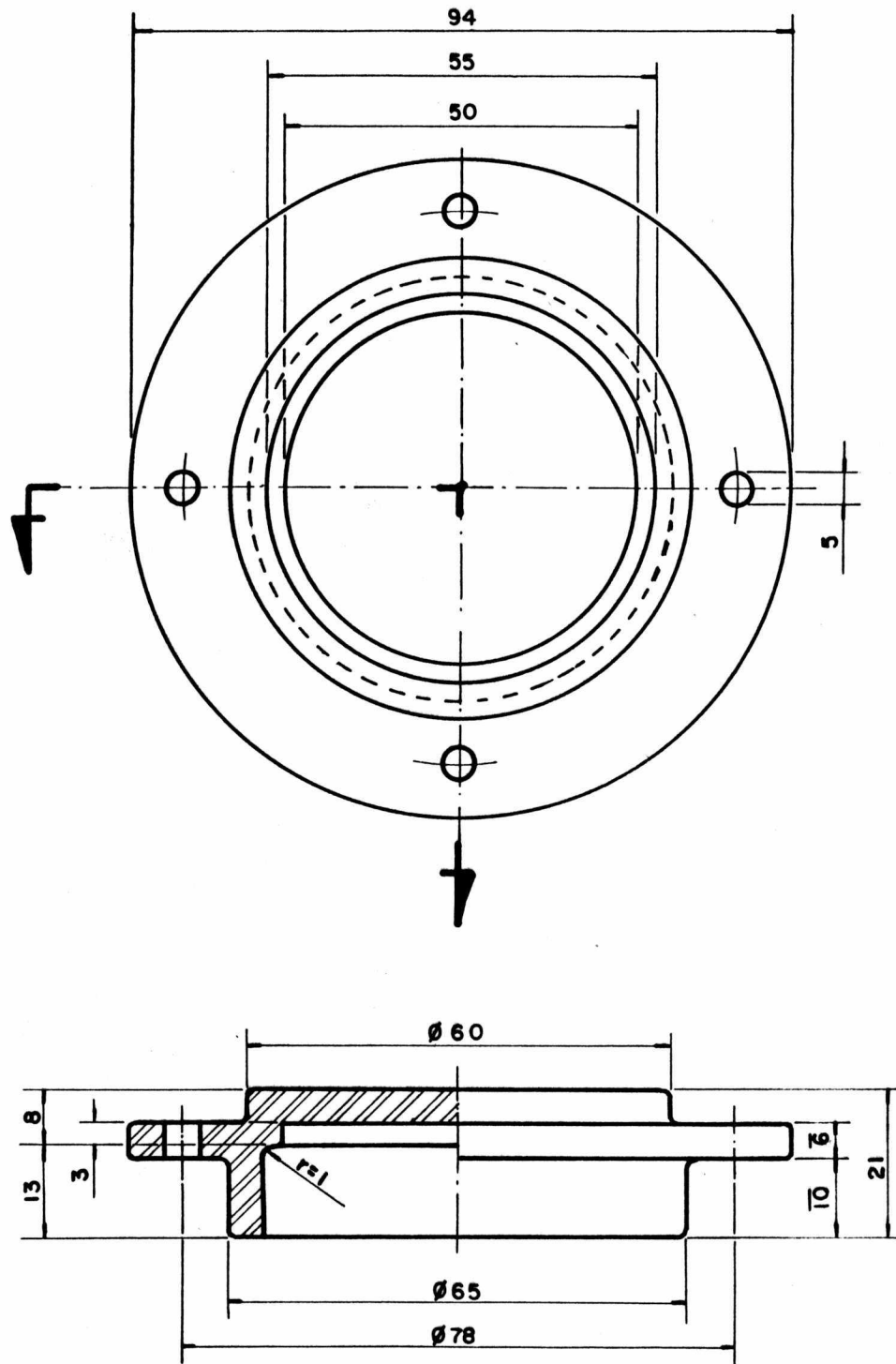


B - B'

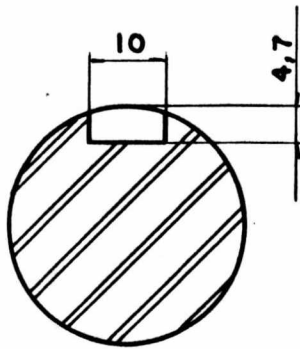
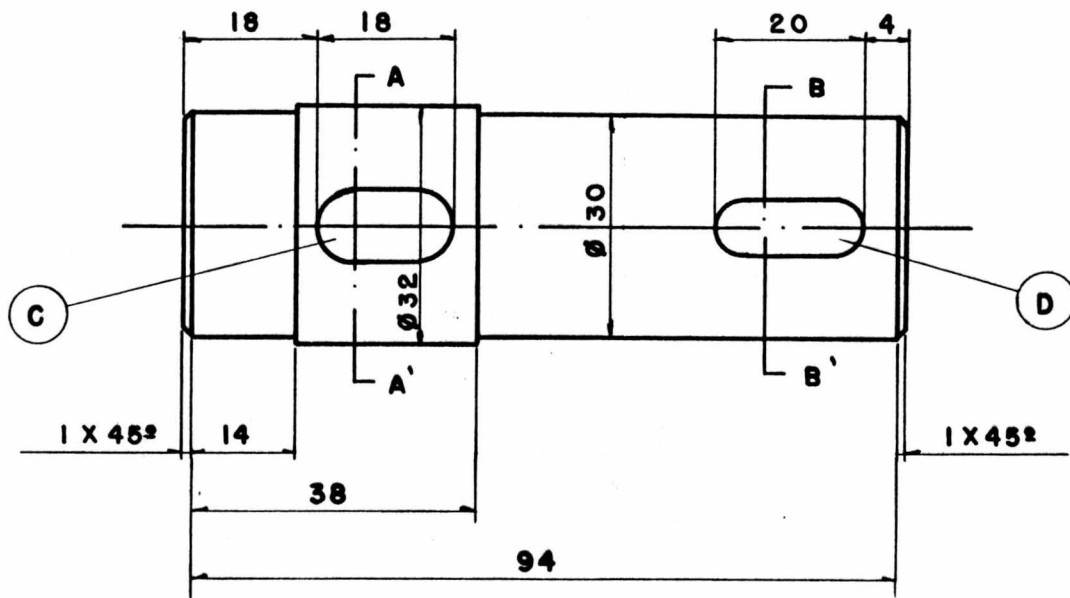
01	Eixo		Aço ABNT 1045
Quant.	Denominação	Peça	Especificações
Desenho: Joaquim		Data: 12/86	Escala: 1 : 1
Responsável: Fernando		Data: 12/86	
Projeto: COLHEDORA DE FORRAGENS			Desenho: 15



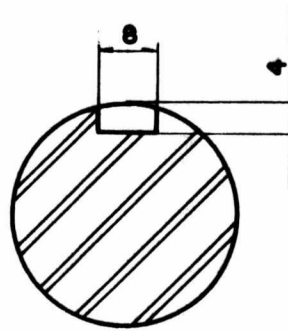
O1	Engrenagem		Aço ABNT 1045 / m = 3 / z = 20
Quant.	Denominação	Peça	Especificações
Desenho: Marivaldo		Data: 01/87	Escala: 1:1
Responsável: Fernando		Data: 01/87	
Projeto: COLHEDORA DE FORRAGENS			Desenho: 16



01	Suporte de Rolamento		Aço ABNT 1020
Quant	Denominação	Peça	Especificações
Desenho: Aparecido		Data: 12/86	Escala: 1:1
Responsável: Fernando		Data: 12/86	
Projeto:	COLHEDORA DE FORRAGENS		Desenho: 17

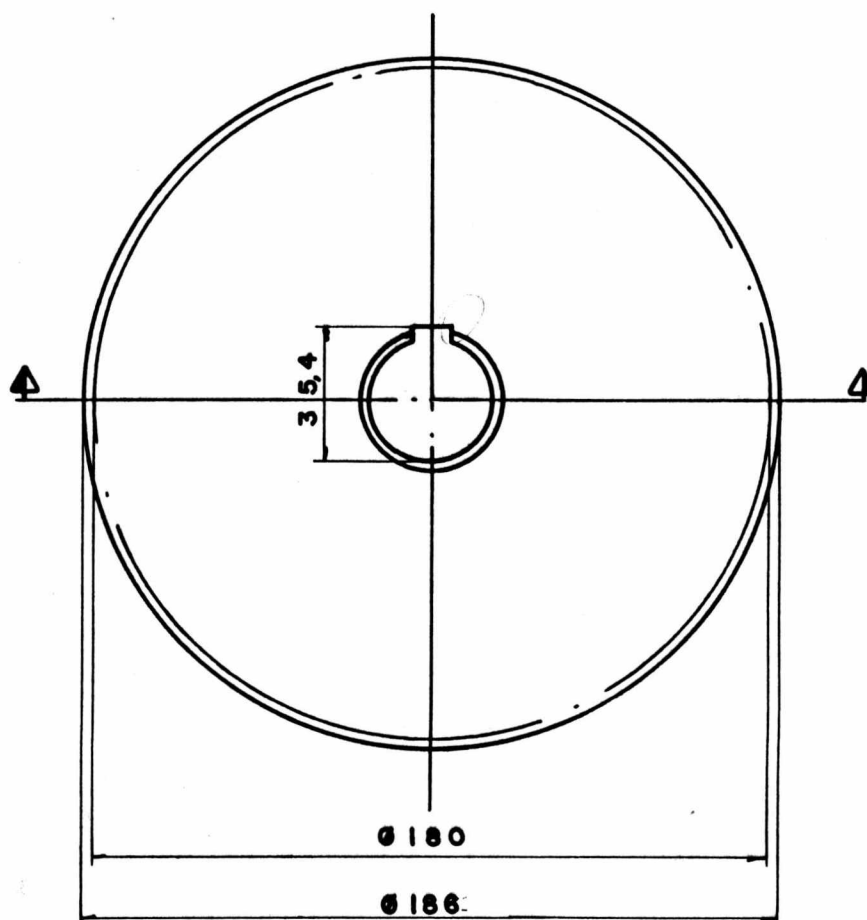
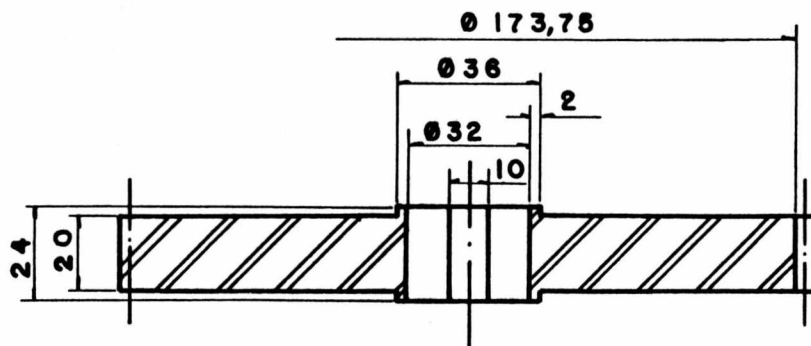


A-A'



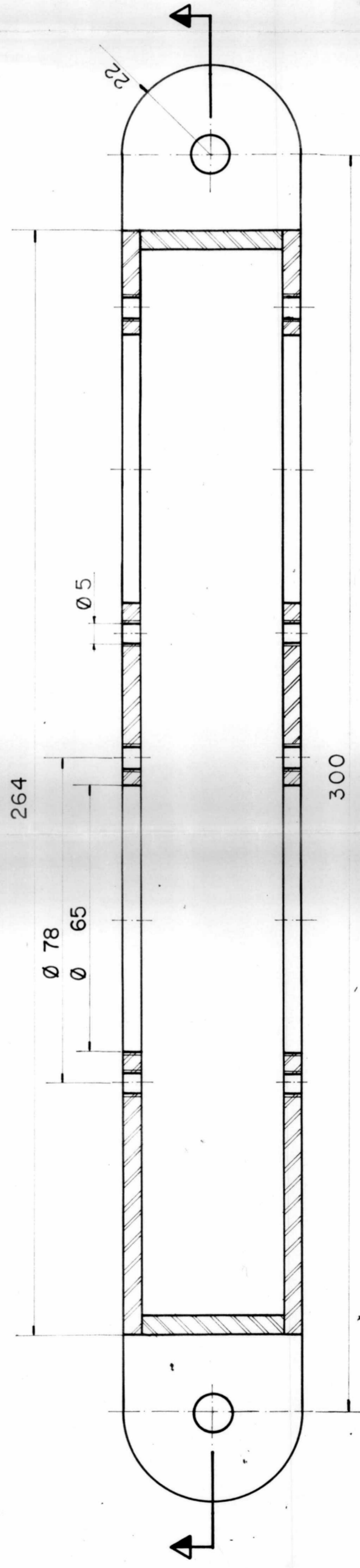
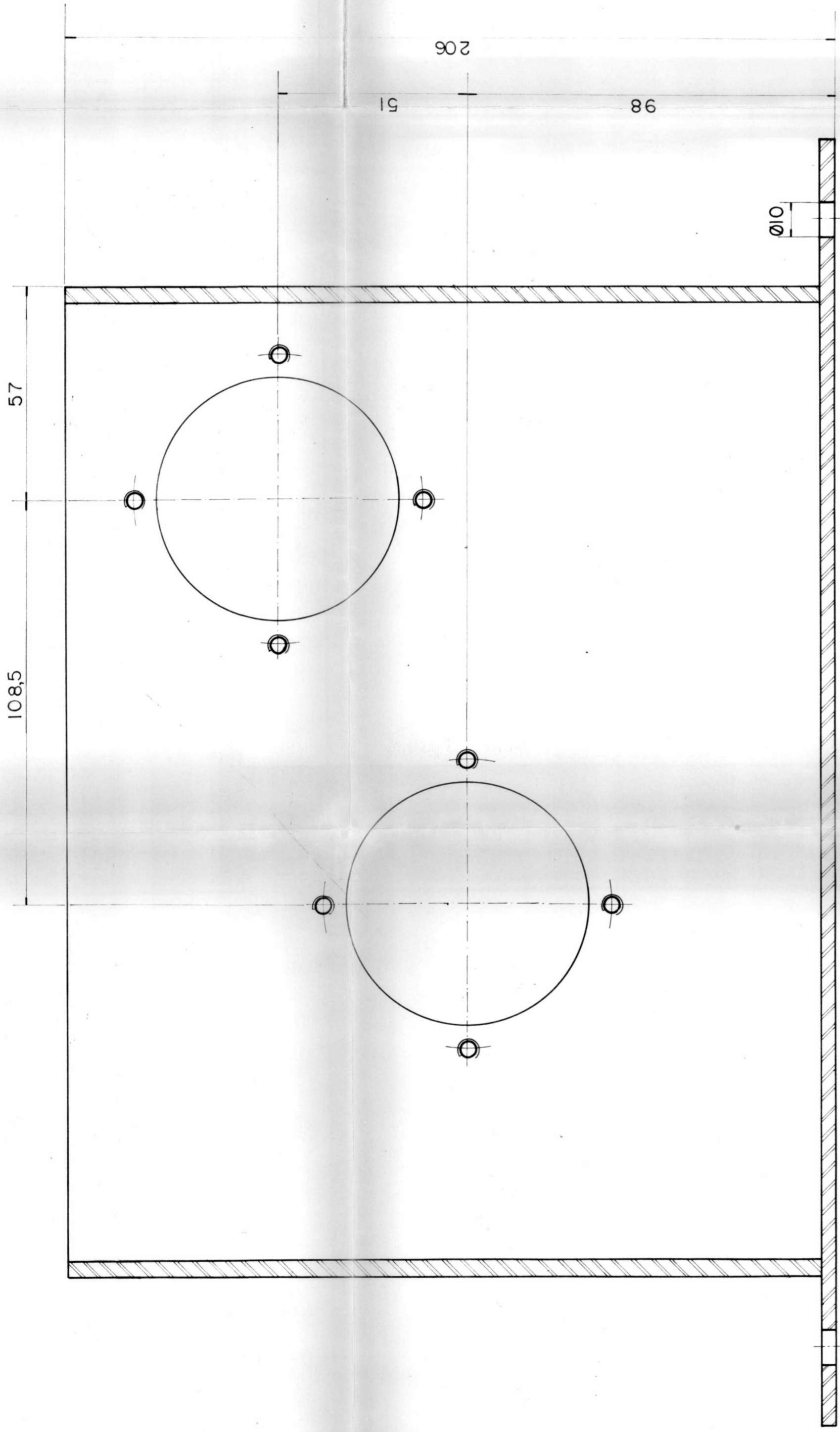
B-B'

01	Elxo		Aço ABNT 1045
Quant.	Denominação	Peça	Especificações
Desenho: Joaquim		Data: 12/86	LABORATÓRIO
Responsável: Fernando		Data: 12/86	DE PROJETO
ESCALA:	PROJETO:	DESENHO. Nº:	
1:1	COLHEDORA DE FORRAGENS	18	



O1	Engrenagem		Aço ABNT 1045 / m=3 / z=60
Quant.	Denominação	Peça	Especificações
Desenho: Marivaldo		Data: 01/87	Escala: 1:2
Responsável: Fernando		Data: 01/87	
Projeto: COLHEDORA DE FORRAGENS			Desenho: 19

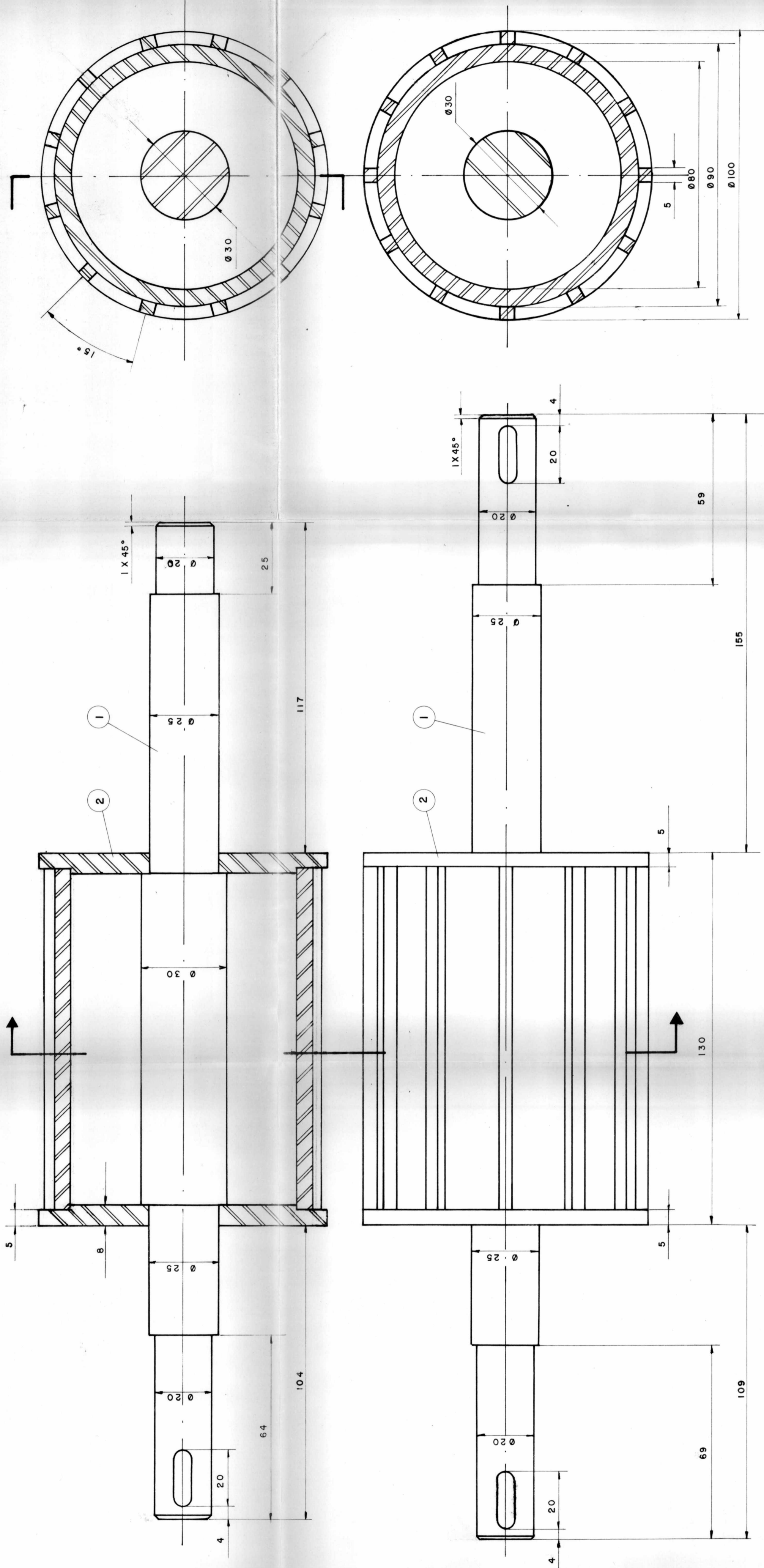




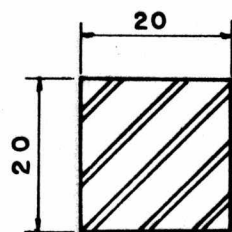
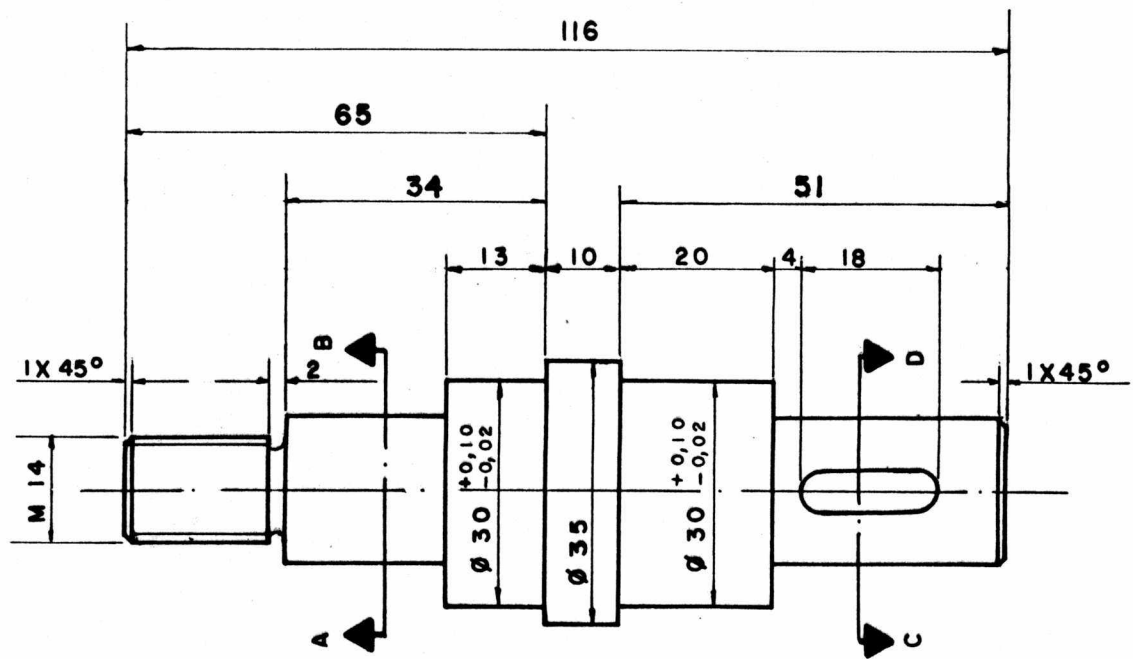
01	Carcasa do Redutor	01	Aço ABNT 1020
QUANT.	DENOMINAÇÃO	PEÇA	ESPECIFICAÇÕES
Desenho: Joaquim	LABORATORIO		
Responsavel: Fernando	DE PROJETO		
ESCALA: 1:1	DESENHO Nº 21		

COLHEDORA DE FORRAGENS

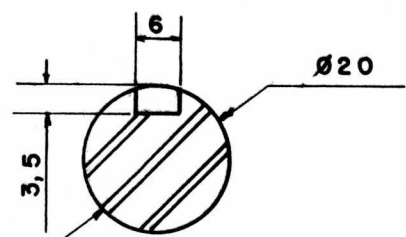




02	Ro lo	02	Aço: ABNT 1020
02	Eixo	01	Aço ABNT 1020
QUANT. DENOMINAÇÃO		PEÇA	ESPECIFICAÇÕES
Desenho: Marivaldo		Data: 01/87	LABORATÓRIO
Responsável: Fernando		Data: 01/87	DE PROJETO
ESCALA: 1:1		PROJETO: COLHEDORA DE FORRAGENS	
		DESENHO Nº: 22	

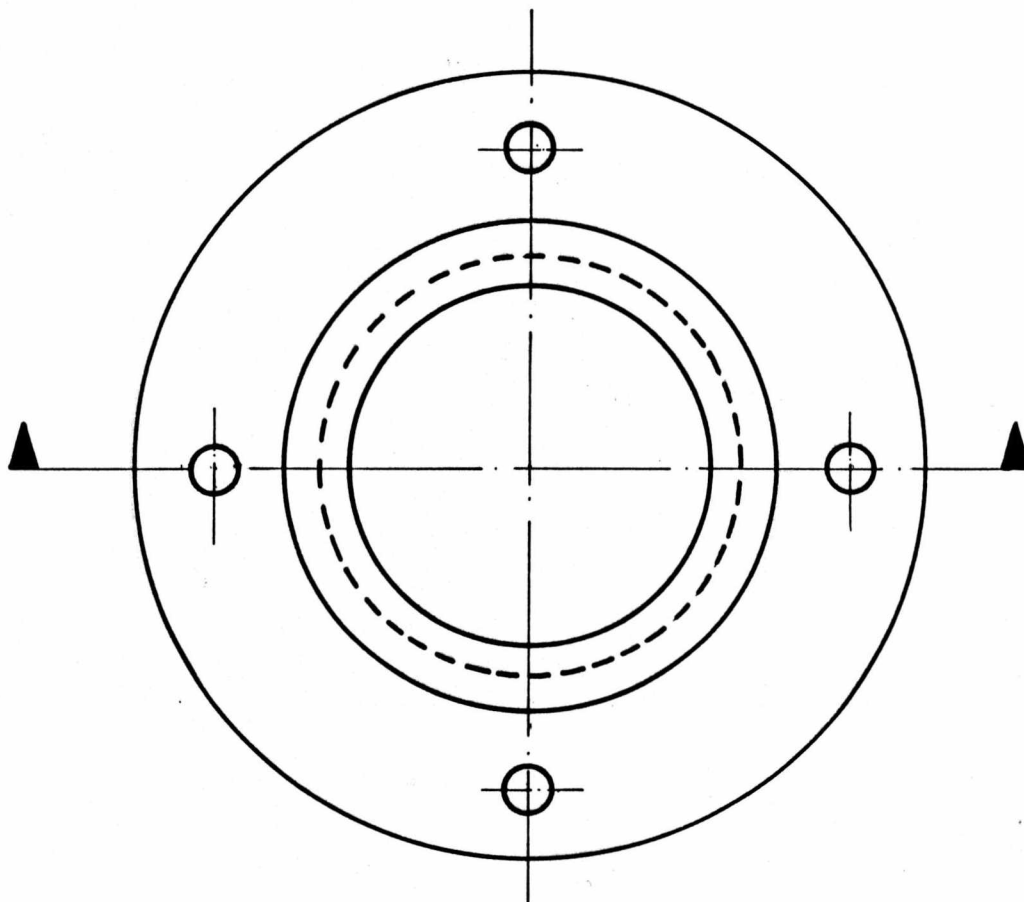
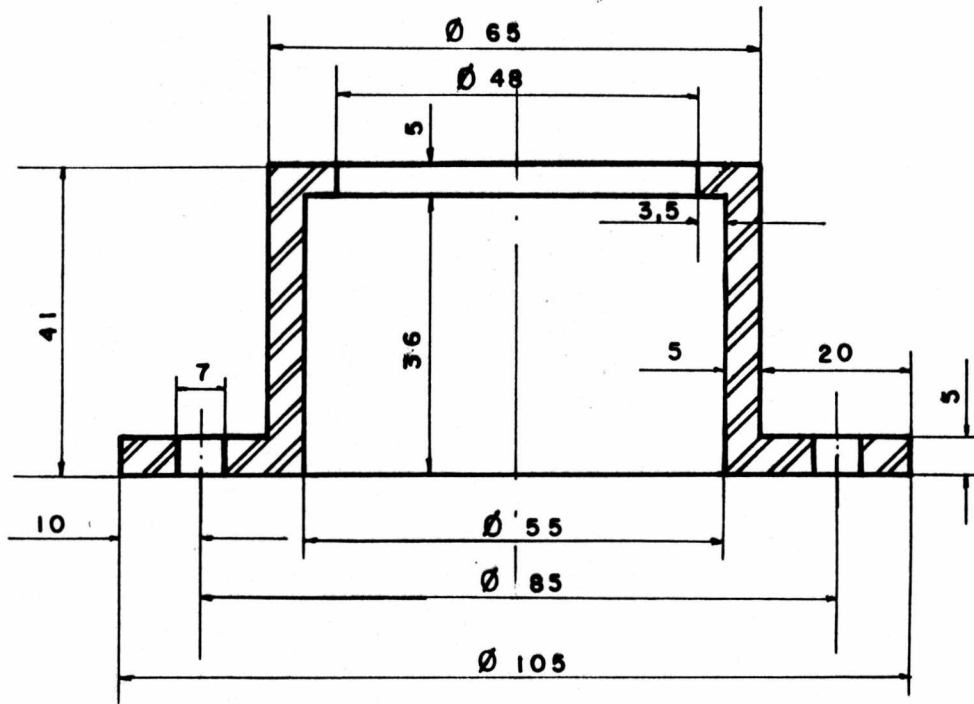


CORTE A-B



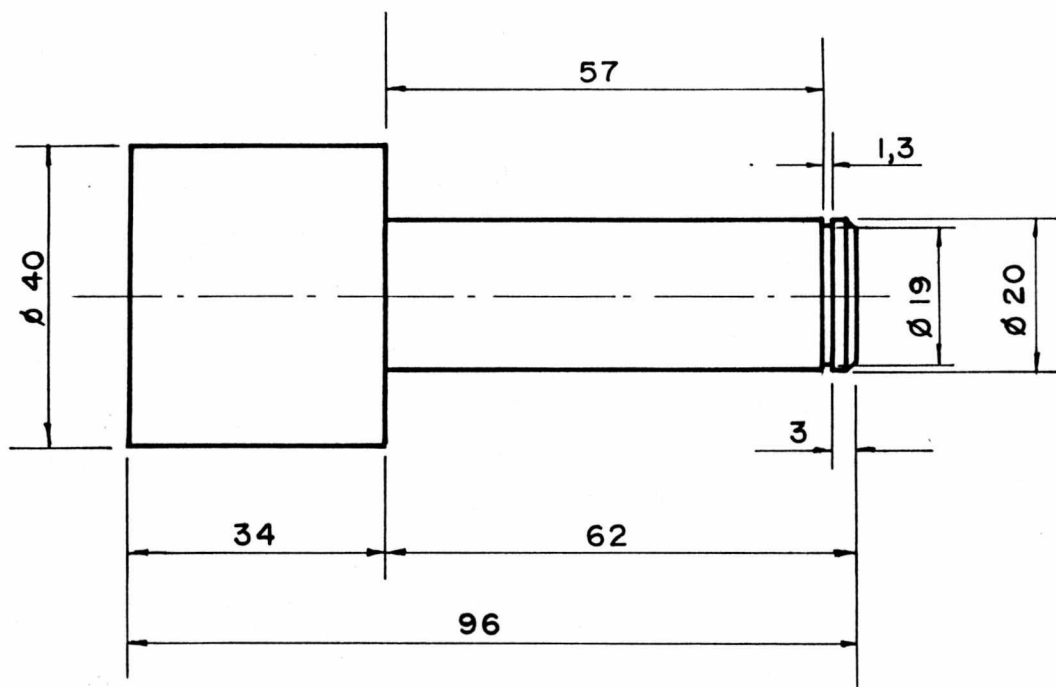
CORTE C-D

09	01	Eixo	ABNT 1020	
PEÇA	QUANT	DENOMINAÇÃO	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
		NOME DA PEÇA		DATA 20/01/87
				DESENHO 23
ESCALA 1:1		PROJETO COLHEDORA DE FORRAGENS		



01	Cubo para Rolamentos	11	Aço ABNT 1020
QUANT.	DENOMINAÇÃO	PEÇA	ESPECIFICAÇÃO
Desenho: Marivaldo		Data: 01/87	LABORATÓRIO DE PROJETO
Responsável: Fernando		Data: 01/87	
ESCALA:	PROJETO:	DESENHO Nº:	
1:1	COLHEDORA DE FORRAGENS	24	





02	Eixo		Aço ABNT 1020
QUANT.	DENOMINAÇÃO	PEÇA	ESPECIFICAÇÕES
Desenho: Marivaldo		Data: 02/87	LABORATÓRIO
Responsável: Fernando		Data: 02/87	DE PROJETO
ESCALA: 1:1	PROJETO: <b>COLHEDORA DE FORRAGENS</b>		DESENHO Nº: 26