

2172654

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Mecânica
Projeto Mecânico

Dispositivo para Alimentação Autônoma de Tetraplégicos

autor: Silvio L. M. de Oliveira
orientador: Octávio Maizza Neto

1983

AGRADECIMENTOS

Ao professor Octávio Maizza Neto pela orientação recebida no decorrer deste trabalho.

A Françoise Nicole Sauron, terapeuta ocupacional da AACD, responsável pela Clínica de Paraplégicos.

A Alberto Campo, projetista mecânico da Industrial Jakko pelas idéias e sugestões.

Ao Engenheiro Eduardo Bomeisel, Gerente da Industrial Jakko, por colocar as instalações da fábrica à disposição para a construção do protótipo.

Aos seguintes funcionários da Industrial Jakko:

Jovenal Cândido da Costa Neto, ferramenteiro,

José Alves, torneiro mecânico,

José Alves de Souza, serralheiro,

Gilvan Costa dos Santos, meio oficial ajustador,

Demétrio Silva de Oliveira, meio oficial torneiro,

sem os quais a construção do protótipo, ainda em andamento, não teria sido possível.

ÍNDICE

1. - I. Estudo da viabilidade do projeto - pág. 1
2. - I.1 A necessidade - O estabelecimento de sua existência- pág.1
3. - I.2 Formulação do projeto - pág. 3
4. - I.2.1 Exigências a serem satisfeitas pelo projeto - pág.3
5. - A. Simplicidade - pág.3
6. - B. Custo - pág.3
7. - C. Funcionalidade - pág.4
8. - D. Adaptabilidade - pág.4
9. - I.2.2 A tetraplegia-conceituação, problemas e possibilidades -
- pág. 5 -
10. - A. A coluna cervical-aspectos anatômicos - pág.5
11. - B. A medula espinhal e a tetraplegia - pág.7
12. - C. Os destinatários do projeto - pág.8
13. - D. A disponibilidade de movimentos - pág. 9
14. - E. Antropometria - pág.13
15. - F. Algumas considerações sobre a cadeira de rodas - pág.17
16. - I.2.3 As fases do processo de alimentação - pág.18
17. - A. A captura do alimento - pág.18
18. - B. O transporte do alimento até a boca - pág.19
19. - C. A chegada do alimento à boca - pág.20
20. - I.3 A procura de soluções-Análise de exequibilidade física-
- pág.21 -
21. - II. Projeto básico - pág. 29
22. - II.1 Sub-sistema articulado superior - pág. 29
23. - A. O modelo da cabeça - pág.29
24. - B. Determinação do comprimento inicial da barra alimentadora -
- pág.31 -
25. - B.1 Relações matemáticas- pág.31
26. - B.2 Procedimento para determinação das incógnitas - pág.33
27. - B.3 Determinação das incógnitas - pág.33
28. - C. Determinação gráfica do sub-sistema articulado superior-
- pág.36 -
29. - D. Escolha do ponto R ótimo - pág.37
30. - II.2 Sub-sistema articulado inferior - pág. 39
31. - A. Introdução - pág.39
32. - B. Estudo do porta-colher - pág.39
33. - C. Determinação gráfica do sub-sistema articulado inferior -
- pág.40 -
34. - II.3 Sub-sistema de captura do alimento - pág.41
35. - A. Rotação da colher - pág.41
36. - B. Manutenção do contato com o prato - pág.45

37. - II.4 Sub-sistema de inclinação da colher - pág.46
38. - II.5 Sub-sistema de rotação do prato - pág.47

I. ESTUDO DA VIABILIDADE DO PROJETO

I.1 A NECESSIDADE - O ESTABELECIMENTO DE SUA EXISTÊNCIA

A alimentação é uma necessidade orgânica básica de todo e qualquer indivíduo, pois, através dela, obtém-se a energia necessária à realização das demais atividades de nossa vida diária.

Dessa forma, a alimentação torna-se passagem obrigatória no caminho das atividades humanas, impondo-se como requisito fundamental para a realização de qualquer ato que envolva (e todos envolvem) gasto de energia.

Antes que o alimento ingresse no aparelho digestivo, ele deve ser levado até a boca num processo puramente mecânico que, no ser humano, é realizado pelos membros superiores.

Esta tarefa, que todos nós estamos acostumados a realizar diariamente e, portanto, nos é totalmente simples e familiar, pode constituir-se numa operação árdua ou até impossível para pessoas com determinadas deficiências físicas.

Contudo, esta dificuldade ou impossibilidade de a pessoa alimentar-se por conta própria não impede de forma alguma que sua alimentação seja feita através do auxílio de parentes, familiares ou quaisquer pessoas que se predisponham a essa tarefa.

É óbvio, portanto, que o problema não reside na possibilidade de a pessoa vir a morrer de fome. O projeto aqui proposto assenta suas raízes na necessidade psicológica que o deficiente físico tem de independência na realização das suas atividades diárias.

O objetivo do projeto não é, desta forma, o de simplesmente levar o alimento até a boca da pessoa, mas garantir que isto seja feito por esforço próprio dessa mesma pessoa, no sentido de propiciar-lhe, através de um dispositivo mecânico, um certo grau de autonomia no que se refere à alimentação.

O projeto, se bem sucedido, deverá, através da realização da função para a qual foi desenhado, atender a uma necessidade mais ampla: a

de auxiliar na recuperação psicológica do deficiente físico, aumentando a confiança em si mesmo. ²

I.2 FORMULAÇÃO DO PROJETO

I.2.1 Exigências a serem satisfeitas pelo projeto

A. Simplicidade - O dispositivo deverá ser de construção a mais simples e discreta possível, a fim de não criar constrangimentos na pessoa que vai usá-lo. Um aparelho muito complicado poderá levar a reações emocionais indesejáveis e, mesmo funcional, tornar-se-á inútil devido ao desconforto psicológico gerado, fator este que levaria a sua total rejeição.

Este é um dos aspectos mais importantes e de difícil solução. A reação psicológica do deficiente físico diante de uma prótese ou qualquer adaptação artificial é geralmente imprevisível e obedece a critérios subjetivos oriundos do modo de pensar e encarar as novas condições de vida de cada um.

O problema pode ser resumido nas palavras de Françoise Nicole Sauron, terapeuta ocupacional da AACD:

" Existem pessoas que rejeitam uma colher de cabo engrossado com esparadrapo para melhorar a preensão dos dedos, enquanto outras se sujeitam a usar um capacete de astronauta com mil e uma bugigangas se isso lhes propiciar um pouco mais de autonomia em sua vida diária ".

É sob esse aspecto que a junção homem-máquina, base do projeto, é mais profundamente sentida. Neste ponto interligam-se ciência, arte e natureza num aliança indissolúvel que dá vida e embeleza o trabalho proposto.

B. Custo - O preço de aquisição do aparelho deverá ser compatível com o baixo nível econômico das classes menos favorecidas da população, muitas vezes vítimas de acidentes que conduzem à tetraplegia, geralmente em parques fabris e construções civis. Embora o governo, através de instituições como o INPS, costume fornecer gratuitamente esse tipo de equipamento, como é o caso de cadeiras de rodas, aos acidentados sem condições financeiras; poderia haver certa resistência ao

fornecimento desta espécie de aparelho caso seu custo fosse elevado,⁴
uma vez que a independência do deficiente físico corre o risco de ser
considerada supérflua pelos burocratas.

Um dispositivo caro seria discriminatório, privando os deficientes físicos pobres de se beneficiarem com a relativa independência, em termos de alimentação, que o aparelho poderia lhes propiciar.

C. Funcionalidade - O aparelho deverá atender a seus objetivos, realizando as funções para as quais foi projetado com naturalidade, sem a necessidade de grandes esforços por parte da pessoa que vai utilizá-lo, o que poderia ocasionar sua não aceitação em virtude do desconforto físico ou anatômico acarretado.

O disposto acima e o contido no item A são, a princípio, de difícil integração. No decorrer do projeto poderão ser feitas, se necessário, concessões quanto a simplicidade, visando-se a funcionalidade. Estas concessões, porém, devem ocorrer tendo-se sempre em mente os problemas expostos no item A.

D. Adaptabilidade - O projeto deverá atender ao maior número possível de pessoas, devendo, para isso, apresentar possibilidades de adaptação, através de ajustes reguláveis, às características anatômicas e clínicas de cada um. Essa mesma versatilidade também deverá considerar as características construtivas de mesas, cadeiras, pratos e talheres.

Como critério geral, procurar-se-á, na medida do possível, utilizar-se dos utensílios normais de alimentação sem qualquer modificação, de maneira a familiarizar o dispositivo com essa tarefa diária comum. Além disso, a confecção de utensílios (pratos e talheres) especiais implicaria num aumento indesejável de custo.

I.2.2 A tetraplegia - conceituação, problemas e possibilidades

A. A coluna cervical - aspectos anatômicos

A coluna vertebral ou espinha (figura 1) é formada por uma série de trinta e três ossos denominados vértebras, que são agrupados sob os nomes cervical, torácica, lombar, sacral e coccígea, de acordo com as regiões que ocupam. Há sete vértebras na região cervical, doze na torácica, cinco na lombar, cinco na sacral e quatro na coccígea.

Considerada no seu conjunto, a coluna cervical (figura 2) é constituída por duas partes anatômicas e funcionalmente distintas :

- a coluna cervical superior (1), ou ainda coluna suboccipital, compreendendo a primeira vértebra cervical, ou atlas e a segunda vértebra cervical ou axis. Estas peças esqueléticas estão reunidas entre si e com o occipital por uma cadeia articular complexa com três eixos e três graus de liberdade.

- a coluna cervical inferior (2), que se estende do platô inferior do axis ao platô superior da primeira vértebra torácica.

As vértebras cervicais (figura 3) são todas do mesmo tipo, com exceção do atlas e do axis, muito diferentes entre si e das outras vértebras cervicais. As articulações da coluna cervical inferior possuem dois tipos de movimentos: por um

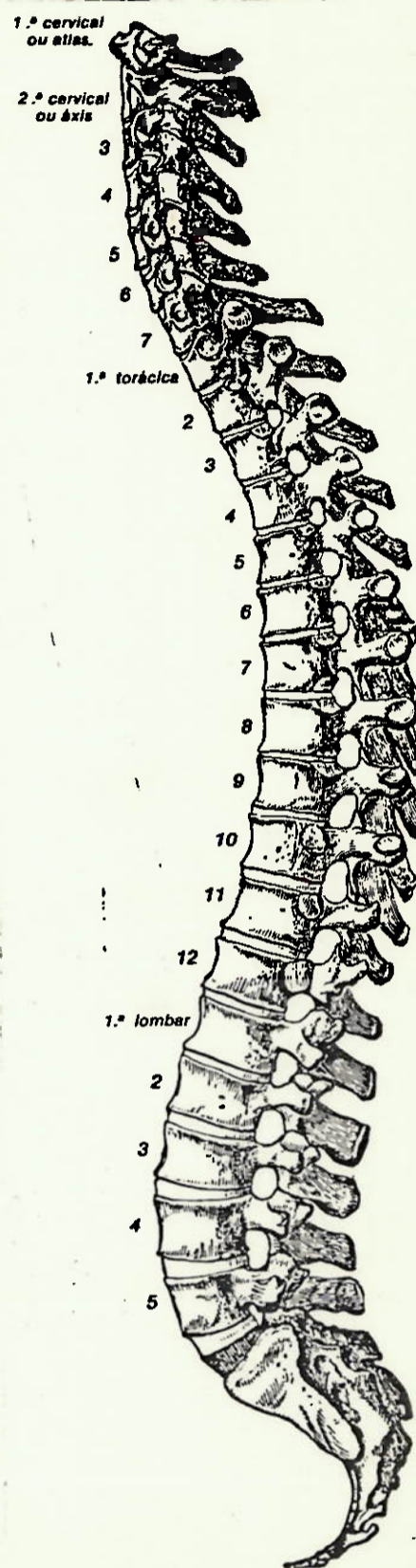


Figura 1- Vista lateral da coluna vertebral

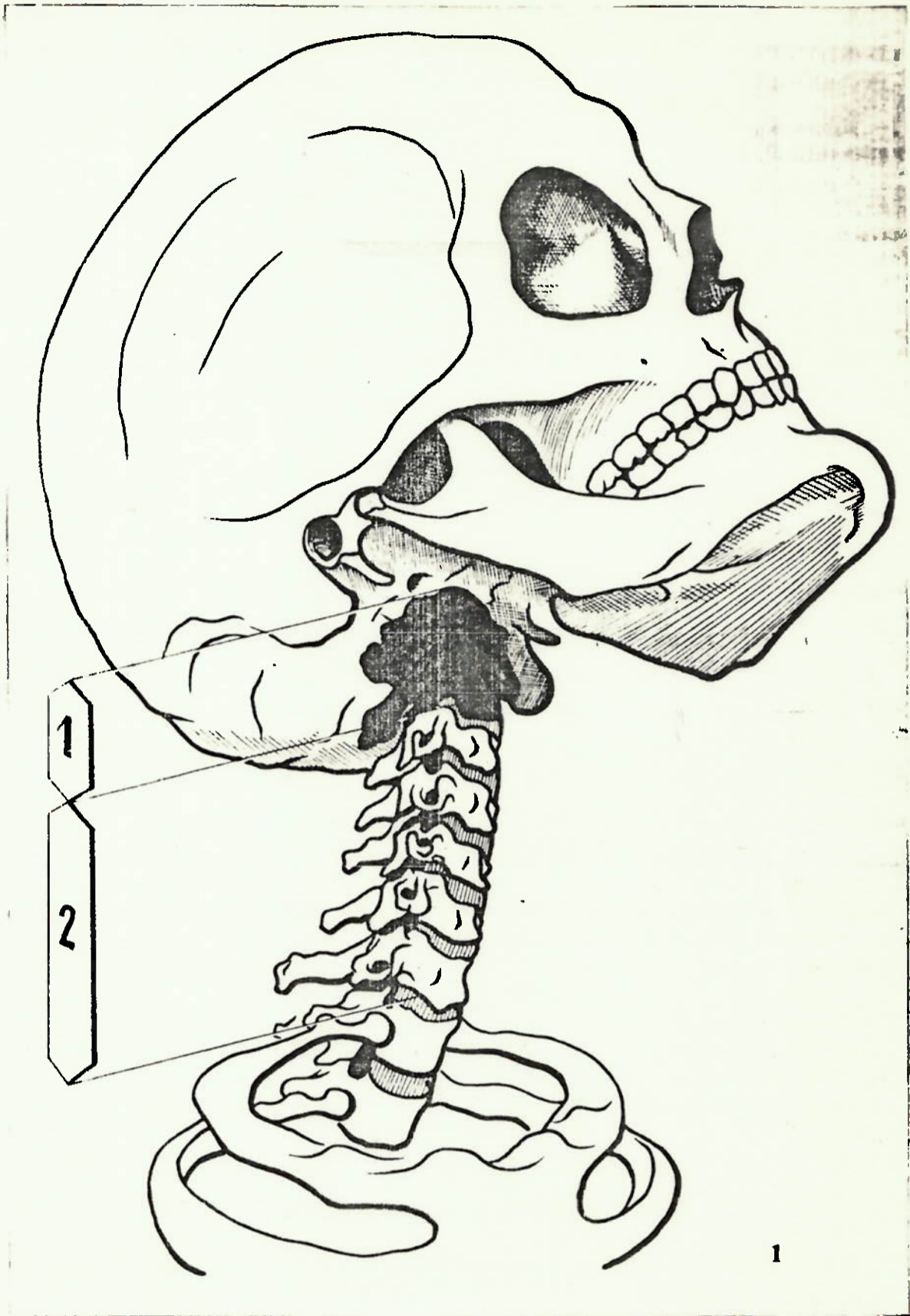


FIGURA 2-A COLUNA CERVICAL

lado, movimentos de flexão-extensão e, por outro, movimentos mistos de inclinação-rotação.

Funcionalmente, estes dois segmentos da coluna cervical completam-se mutuamente para efe-

tuar os movimentos puros de rotação, de inclinação ou de flexão-extensão da cabeça. Estes movimentos serão estudados em maiores detalhes posteriormente.

B. A medula espinhal e a tetraplegia

As vértebras, colocadas umas sobre as outras, formam um conduto chamado canal vertebral, no interior do qual aloja-se a medula espinhal, uma estrutura alongada, aproximadamente cilíndrica, com cerca de 1cm de diâmetro e um comprimento médio de 42 a 45cm. A medula espinhal integra, juntamente com o encéfalo, o sistema nervoso central, sendo responsável pela condução dos impulsos nervosos que excitarão os músculos e produzirão os vários tipos de movimento do corpo humano.

As vértebras cervicais são enumeradas de cima para baixo, da seguinte maneira:

C1 = 1ª vértebra cervical = atlas

C2 = 2ª vértebra cervical = axis

e assim por diante, até C7.

Quando, por exemplo, ocorrem acidentes de automóvel por choque anterior ou posterior, a coluna cervical é muitas vezes colocada primeiro em forte extensão e depois em flexão: é o traumatismo "em chicotada" que acarreta o estiramento e mesmo rupturas dos diferentes ligamentos e, num ponto extremo, a luxação anterior das apófises articulares: as apófises articulares inferiores da vértebra situada acima vêm-se enganchar no bico ântero-superior das apófises articula

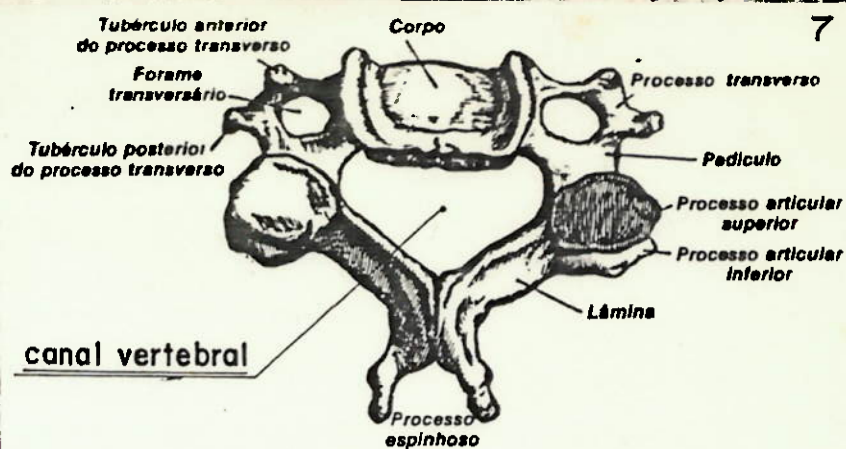


Figura 3- vértebra cervical

res da vértebra situada abaixo; uma tal luxação com enganchamento das apófises articulares é de redução muito difícil e põe em perigo o bulbo e a medula cervical (parte da medula espinhal situada no interior da coluna cervical) , com risco de morte súbita, de quadriplegia ou de paraplegia.

A maioria dos casos de quadriplegia possui origem traumática causada principalmente por acidentes de automóvel , com armas de fogo ou devidos a mergulhos mal executados.

Dependendo do nível em que se situa a compressão medular, podemos classificar a lesão segundo a enumeração descrita anteriormente, isto é, o nível de lesão C_i corresponderá a uma lesão entre as vértebras C_i e C_{i+1} , sendo que ainda podemos considerar a lesão nível T_1 (entre a 1ª e 2ª vértebras torácicas).

Desta forma, é considerado tetra ou quadriplégico todo paciente portador de lesão medular localizada entre os segmentos C_5 e T_1 (lesões acima deste nível são geralmente mortais por comprometerem diretamente a inervação do diafragma, ocasionando parada respiratória) , devido a processo patológico que interrompe as vias nervosas medulares, provocando alterações motoras e/ou sensitivas nas partes do corpo inervadas pelos segmentos medulares localizados abaixo da lesão.

Tudo funciona como se fosse uma auto-estrada com várias estradas secundárias efluindo dela. Se a auto-estrada é , por qualquer motivo, bloqueada num ponto; abaixo dele o trânsito nesta auto-estrada e nas estradas secundárias ficará interrompido.

C. Os destinatários do projeto

O projeto destina-se às pessoas portadoras do nível mais grave de lesão medular (C_5) , as quais só podem mover o pescoço e a cabeça. Também poderá atender aqueles que, embora com uma lesão menos crítica, apresentem dificuldade de alimentar-se sozinhos.

Além desses casos, pessoas que tenham sofrido amputação de ambos os braços em regiões próximas aos ombros (coto curto) poderão ,

se necessário, utilizar o aparelho.

D. A disponibilidade de movimentos

Geralmente quando vamos projetar um mecanismo para atender a uma determinada função, consideramos, primeiramente, o efeito que desejamos obter, ou seja, o movimento de saída ou final responsável pela realização da função e procuramos, através da associação de elementos mecânicos, interligar esse movimento final ao movimento de entrada disponível ou pré-fixado.

Em muitos casos, o movimento de entrada não está pré-fixado e o projetista defronta-se com um largo campo de possibilidades.

No nosso caso, entretanto, isto não ocorre. Se o objetivo é fazer com que o tetraplégico alimente-se por esforço próprio, o movimento de entrada ou acionamento estará determinado a priori pela disponibilidade em termos dinâmicos do deficiente físico, e, vê-se logo, pelo exposto no item B, que esta disponibilidade está limitada a uma estreita faixa que engloba os movimentos de pescoço e cabeça.

Torna-se necessário, portanto, o conhecimento dos movimentos disponíveis no sentido de conseguirmos visualizar os limites do nosso campo de ação.

São quatro os movimentos primários realizados pela coluna cervical: rotação, flexão, extensão e flexão lateral ou inclinação, conforme as figuras abaixo:

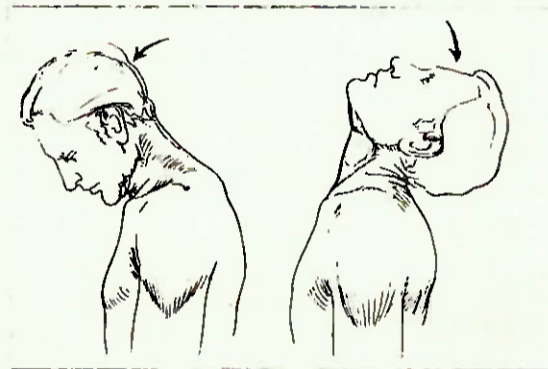


Fig. 4 - Flexão e Extensão

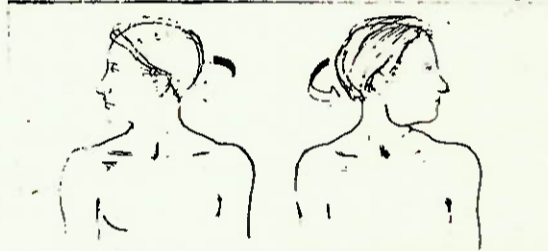


Fig. 5 - Rotação



Fig. 6 - Flexão lateral ou inclinação

Os demais movimentos são combinações desses quatro. Interessamos, além disso, as amplitudes desses movimentos.

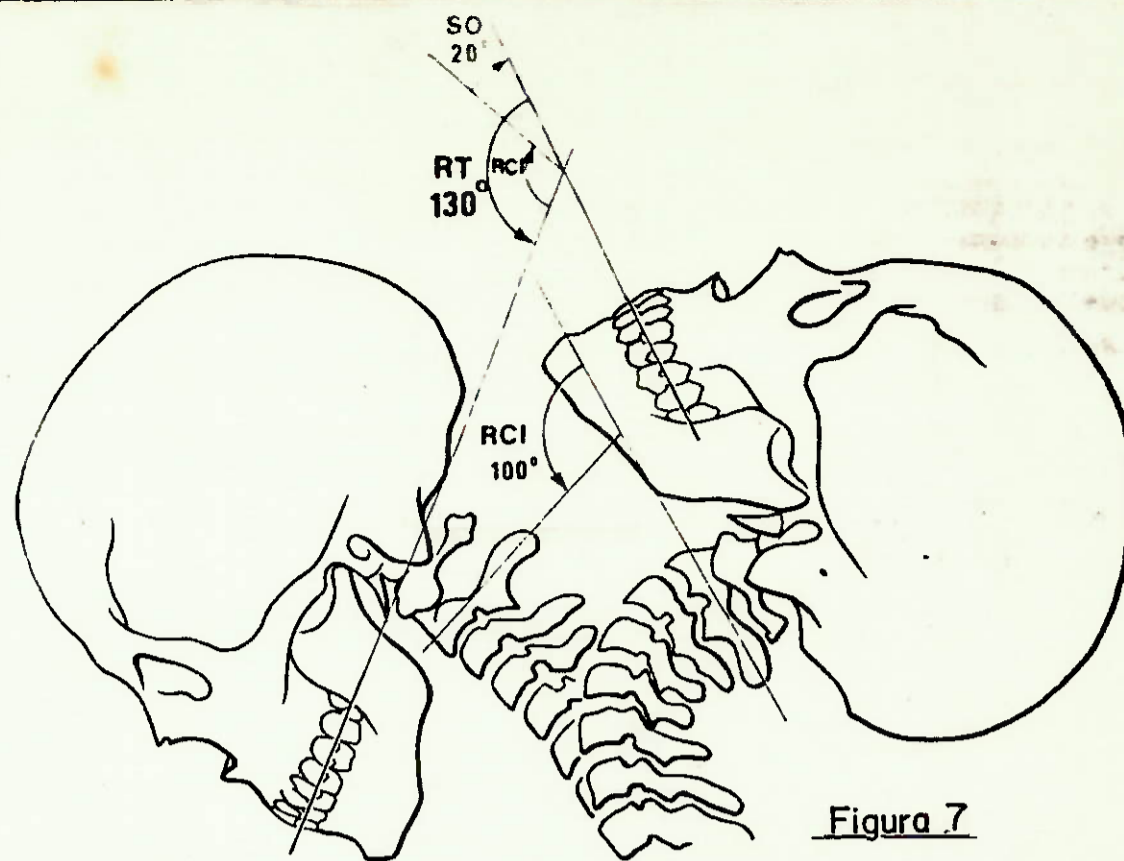


Figura 7

Comparando radiografias de perfil durante os movimentos extremos de flexão-extensão (figura 7) é possível conhecer:

- a amplitude total de flexão-extensão ao nível da coluna cervical inferior (RCI = a 100 a 110°)
- a amplitude total de flexão-extensão ao nível do conjunto da coluna cervical, por referência ao plano mastigatório (RT = 130°)
- por subtração podemos deduzir a amplitude própria de flexão-extensão na coluna suboccipital (SO = 20 a 30°)

Do mesmo modo, por meio de radiografias da face, feitas com a cabeça em inclinação (figura 8) podemos apreciar a amplitude total de inclinação que é de aproximadamente 45°; traçando, por um lado, a linha que une as duas apófises mastóides, encontramos aproximadamente uma amplitude de 8 graus para a inclinação late-

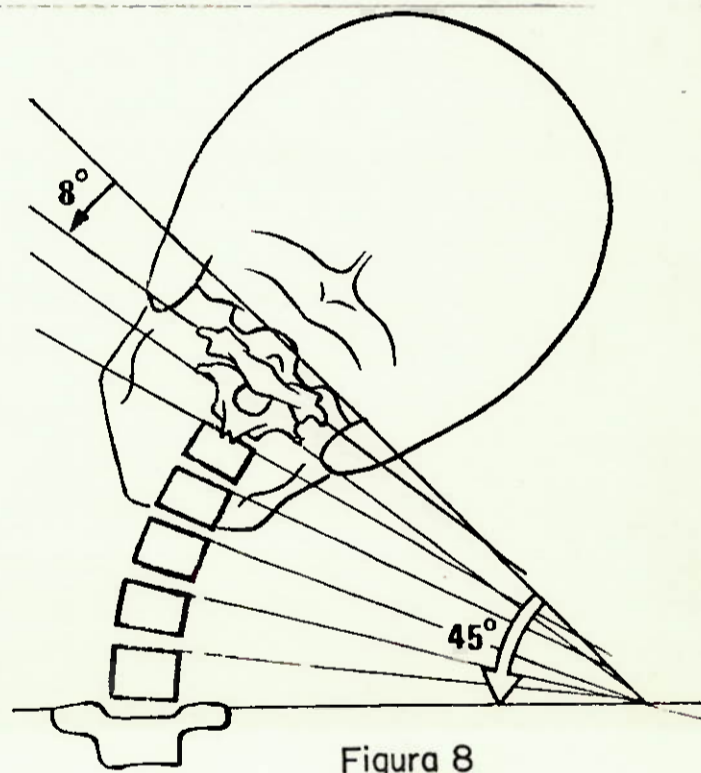


Figura 8

ral da coluna suboccipital, quer dizer, unicamente na articulação atloídiana.

A amplitude de rotação é mais difícil de apreciar, sobretudo no que diz respeito às rotações elementares (figura 9). A rotação total da cabeça é de 80 a 90° de cada lado. Dentro desta amplitude atribuímos 12 graus à articulação occipito-atloídiana e 12 graus à articulação atlanto-axoídiana.

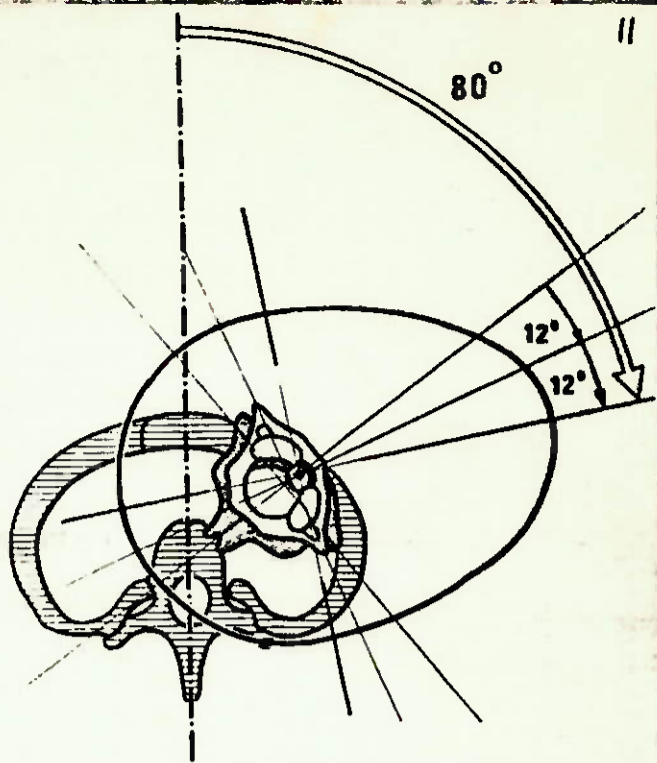


Figura 9

Podem também ser utilizados pontos de referência exteriores a fim de servirem de referência; para a flexão-extensão (figura 10) o plano de referência é o plano mastigador, que em posição neutra é horizontal. A extensão será, portanto, o ângulo aberto para cima, formado pelo plano mastigador e a horizontal, a flexão será o ângulo aberto para baixo, entre o plano mastigador e a horizontal. As ampli-

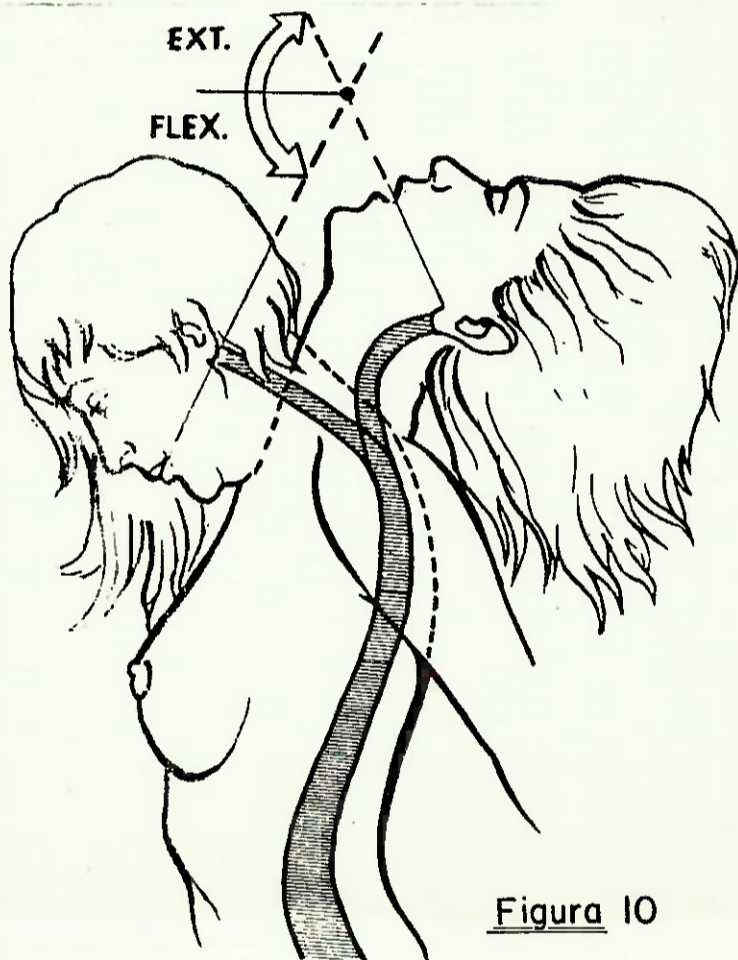


Figura 10

tudes já foram anteriormente definidas.

Para medir a inclinação (figura 12), levaremos em conta o ângulo formado por duas linhas dum lado, a linha das clavículas e por outro a linha dos olhos.

Uma medição mais precisa da flexão-extensão e da inclinação pode ser efetuada por meio de um goniômetro de bolha, que se fixará no crânio, ou no plano sagital para estudar a



Figura 12

flexão-extensão, ou no plano frontal para medir a inclinação. A medição da rotação da cabeça e do pescoço (figura 11) pode ser feita estando o indivíduo sentado numa cadeira, imobilizando de maneira estrita a sua cintura escapular. Considera-se então como linha de referência a linha das escápulas e a rotação é medida quer pelo ângulo (R) formado por esta linha de referência e o plano frontal que passa pelas orelhas, quer pelo ângulo (ROT) formado pelo plano sagital da cabeça com o plano sagital do corpo. Uma medida mais precisa pode ser efetuada estando o indivíduo deitado de costas sobre uma superfície dura e horizontal, por meio de um goniômetro de bolha fixado sobre a fronte num plano transversal.

Os valores médios das amplitudes desses movimentos varia de pesquisador para pesquisador. A tabela abaixo mostra os valores encontrados conforme as seguintes referências:

1= The Committee on Medical Rating of Physical Impairment, Journal American Medical Association.

2= The Committee on Joint Motion, American Academy of Orthopaedic Surgeons

3= Goniometria - EPUSP

4= I. A. Kapandji - Fisiologia Articular - vol. 3.

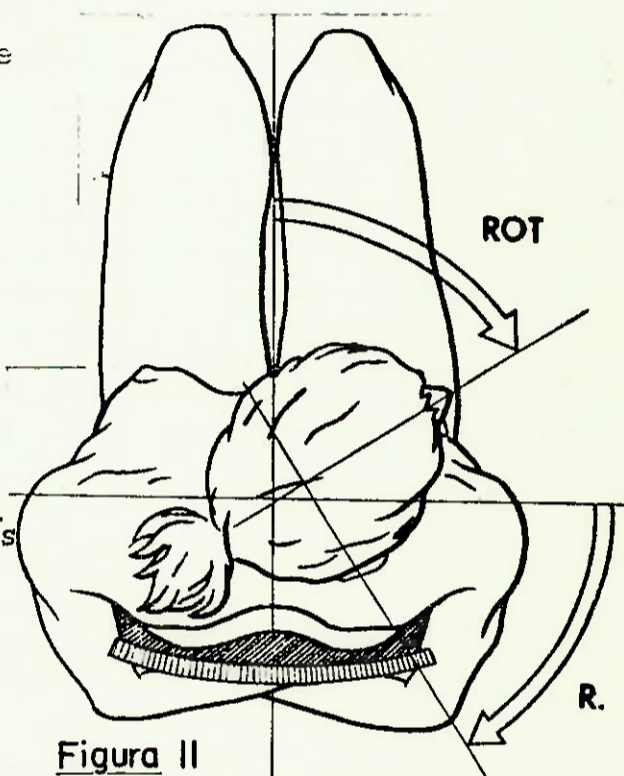


TABELA I

Figura 11

Referência	ROTAÇÃO	FLEXÃO	EXTENSÃO	INCLINAÇÃO
1	30°	30°	30°	40°
2	60°	45°	45°	45°
3	55°	40°	50°	40°
4	80°	30°	30°	45°

Observando-se a tabela anterior, notamos que os dados referentes a rotação, flexão, e extensão variam bastante conforme a fonte consultada.

Isto deve-se a diversidade anatômica das pessoas testadas e dos critérios de referência adotados para a tomada das medidas.

Para a flexão e extensão, o critério usual é fazer com que a pessoa diga "sim" com a cabeça até o queixo tocar seu peito (flexão) e olhar diretamente o céu acima dela (extensão). Na rotação, o paciente deve girar a cabeça para o lado até que seu queixo fique quase alinhado com o ombro e na flexão lateral, deve-se inclinar a cabeça lateralmente o máximo possível como a tentar fazer a orelha tocar o ombro.

Uma dificuldade que sempre acompanha esse tipo de projeto é a variabilidade dos parâmetros anatômicos e antropométricos de pessoa para pessoa. A esta dificuldade, já mencionada no item I.2.1-A, soma-se as possíveis limitações de movimento causadas pelas lesões medulares. Todos esses importantes aspectos devem ser considerados seriamente.

E. Antropometria

A antropometria é uma parte do domínio mais amplo da antropologia física e estuda as medidas das várias características do corpo (dimensões lineares, diâmetros, pesos, etc.). Subdivide-se em estática e dinâmica. A antropometria estática, por sua vez, está relacionada com a medida das dimensões físicas do corpo parado e interessa-nos seu estudo uma vez que o mecanismo estará relacionado sob o aspecto dimensional com a pessoa que vai usá-lo.

No nosso caso, a antropometria estática para o ser humano em posição sentada é de particular interesse, pois o tetraplégico vive sobre uma cadeira de rodas. Além disso, a alimentação é uma tarefa realizada nessa posição.

A seguir, encontram-se alguns dados antropométricos tabelados que servirão de base para a adoção dos parâmetros necessários ao projeto (figuras 13, 14, e 15 e tabelas 2 e 3).

figura 13-Antropometria Estática

Medidas de operários brasileiros.

Total de amostras colhidas:

homens 257

mulheres 320

Idade média:homens 26 anos

mulheres 23 anos

Intervalo de confiança: 90%

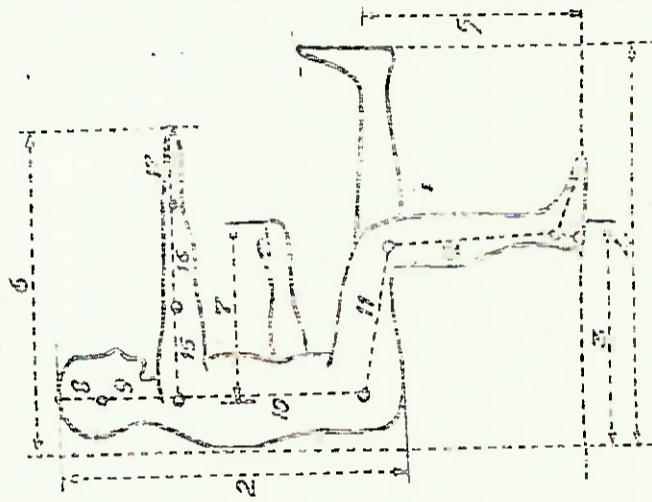
Amostras colhidas na S.A. Philips

do Brasil - Grupo Industrial de

Aparelhos, Guarulhos, 1965.

Medidas em cm

desvio - 3,295



MEDIDAS	CENTIM.	
	Média	Desv.
1. Altura em pé, com os sapatos	169,7	7,5
2. Da cabeça à nuca (linha reta)	87,3	4,7
3. Da nuca ao terço do pescoço	40,2	2,6
4. Da nuca ao meio do pé (primeira estatura)	107,4	6,3
5. Do polete superior do joelho ao chão	53,0	2,9
6. Das costas à articulação do dedo anelar	86,5	7,4
7. Do cotovelo à extre. do dedo médio	43,8	4,5
8. Da extre. da cabeça aos ombros	9,9	1,0
9. Dos ombros à articulação dos ombros	23,7	1,7
10. Da articulação do cotovelo à boca	42,4	2,6
11. Da articulação da base da mão à base do pé	157,7	10,4
12. Da artie. do joelho à base do pé	124,0	8,2
13. Da artie. do tornozelo ao chão	3,1	0,9
14. Da artie. do cotovelo à ponta do sapato	22,7	0,8
15. Da artie. do cotovelo à do cotovelo	27,2	2,7
16. Da artie. do cotovelo à do pulso	24,7	2,4
17. Da artie. do pulso à extre. do dedo médio	19,8	1,3

Tabela 2 - Dados antropométricos relativos a figura 13

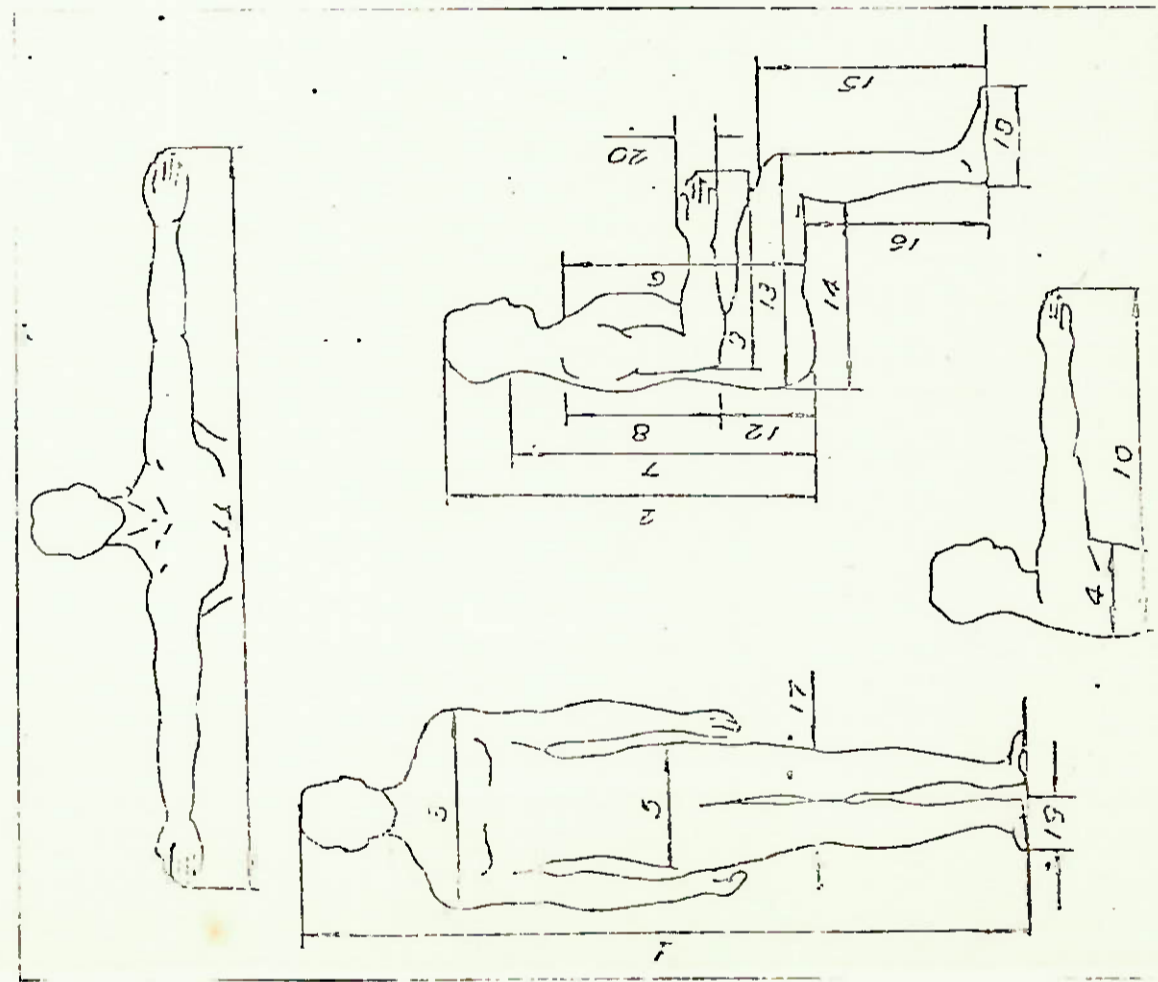


Figura 14

COTA	H O M E M		Faixa
	\bar{x}	S	
1	175,5	6,20	151,1 - 197,1
2	91,4	3,28	75,9 - 107,1
3	65,5	2,31	37,1 - 57,9
4	22,9	1,00	17,0 - 33,0
5	33,5	1,85	21,1 - 40,1
6	59,2	2,89	48,0 - 69,1
7	72,6	3,20	59,3 - 81,1
8	36,3	1,75	28,9 - 45,6
9	48,0	2,06	39,1 - 56,7
10	87,9	4,20	70,1 - 101,1
11	179,8	7,47	148,1 - 209,0
12	23,1	2,64	10,9 - 33,0
13	59,9	2,70	47,0 - 70,1
14	48,0	2,44	39,1 - 58,7
15	55,1	2,51	43,9 - 63,0
16	48,3	2,26	39,6 - 55,9
17	20,6	1,24	17,0 - 27,2
18	26,7	1,14	22,6 - 31,0
19	9,6	0,48	8,1 - 11,9
20	8,9	0,41	7,6 - 10,4

Tabela 3- Dados relativos à figura 14

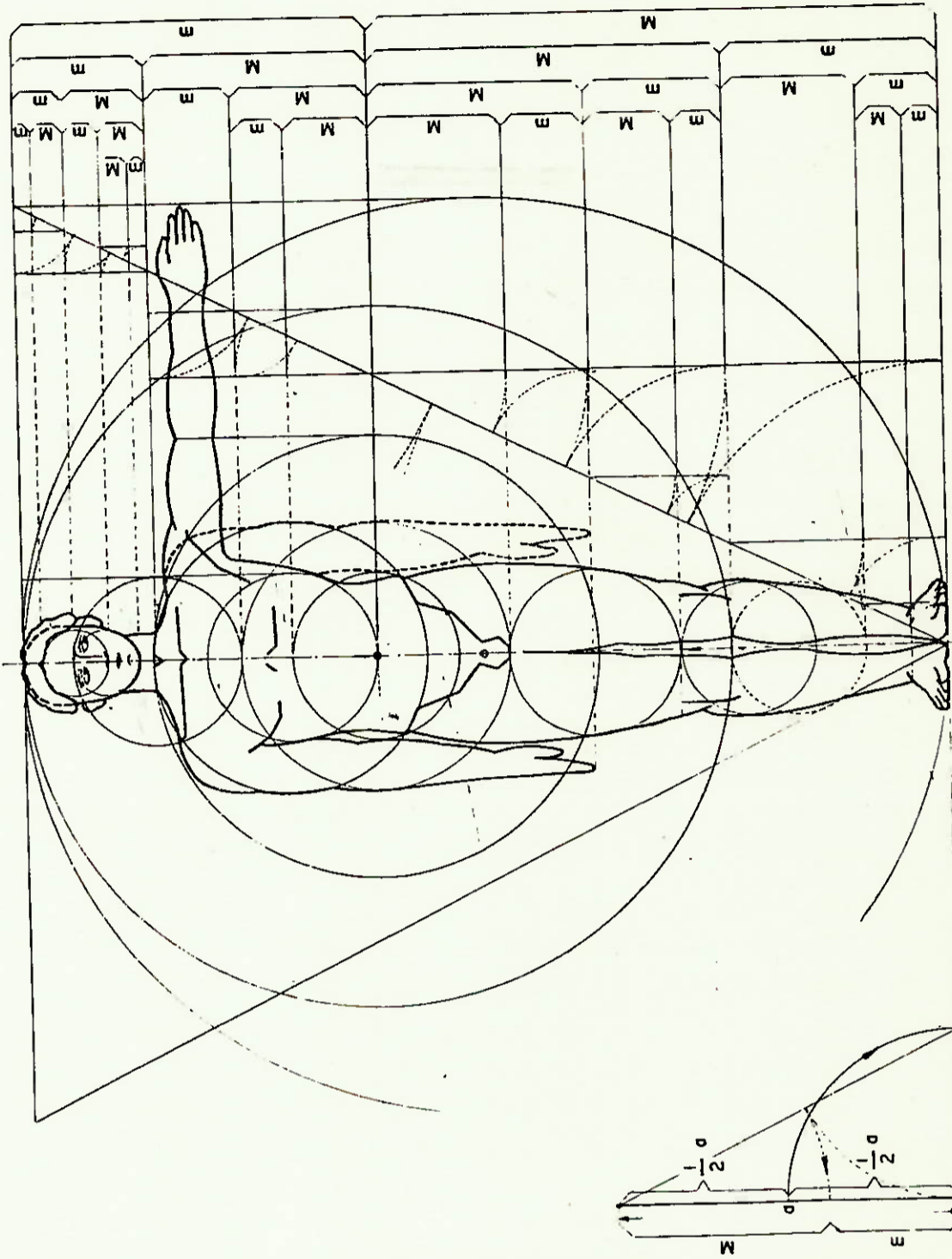


Fig. 15 - PROPORÇÕES DO HOMEM

Divisão de um segmento em proporção harmônica (Secção áurea)

F. Algumas considerações sobre a cadeira de rodas

O tetraplégico permanece quase constantemente sentado numa cadeira de rodas. Portanto, qualquer aparelho que deva conjugar-se a ele, estará, mesmo que indiretamente, relacionado com as características dimensionais da cadeira.

As dimensões das cadeiras de rodas apresentam pequenas variações conforme sua procedência e fabricação. Para efeito de projeto deverão ser adotadas dimensões médias.

As figuras abaixo apresentam dimensões de cadeiras de rodas segundo três fontes diferentes.

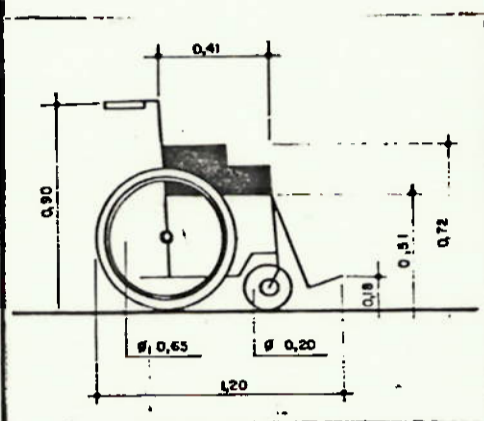


Figura 16

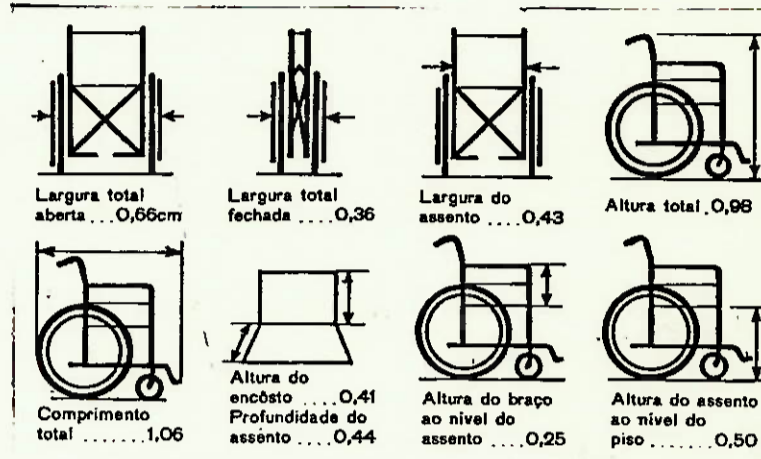


Figura 17

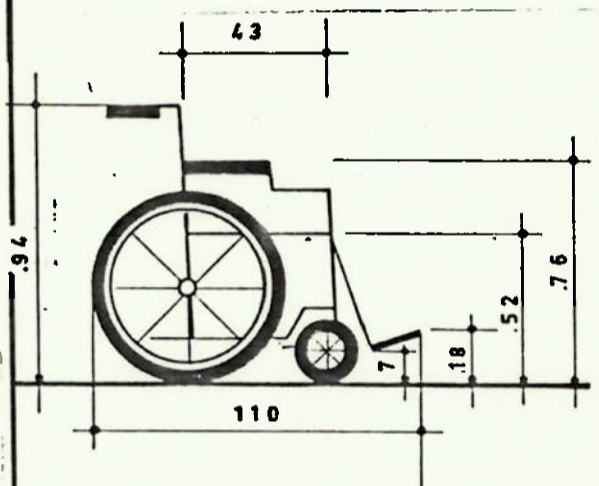


Fig. 18

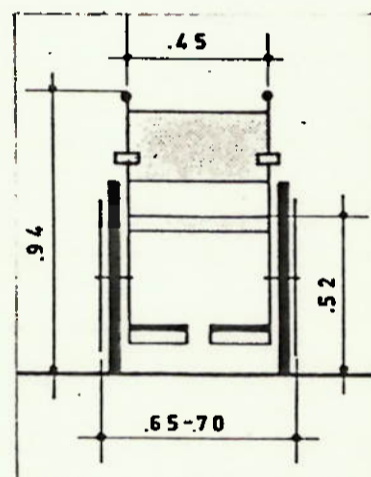


Fig. 19

Figura 16-Boletim Técnico do CET(Cia. de Engenharia de Tráfego)

Figura 17-Indústria Mecano Científica S/A "Mercedes-Imec"

Figura 18 e 19-Manual para Projectar sin Barreras Arquitectonicas-
Guilhermo Cabezas Conde

Muitas cadeiras de rodas não conseguem entrar debaixo das mesas comuns existentes no mercado. É conveniente, então, construirmos uma pequena mesa fixável a própria cadeira de rodas e sobre a qual colocaremos o conjunto mecânico.

I.2.3 As fases do processo de alimentação

A. A captura do alimento

Até agora, nos preocupamos com os aspectos do projeto relativos à pessoa que irá utilizá-lo, salientando os itens considerados importantes por estabelecerem uma estreita ligação entre homem e máquina no que se refere, principalmente, a disponibilidade de movimentação por parte do primeiro.

Agora devemos atravessar a ponte e chegar ao outro lado do problema: a captura do alimento e seu posterior transporte até a boca.

Poderemos esquematizar a relação causa-efeito da seguinte forma:



O retângulo intermediário simboliza o mecanismo responsável pela transformação dos movimentos disponíveis do deficiente físico em movimentos destinados a realizar a função de alimentação (captura e transporte).

A pessoa que possui deficiências físicas nos membros superiores costuma alimentar-se usando uma colher. Isto porque a colher apresenta com relação ao garfo as seguintes vantagens:

- consegue pegar maior quantidade de alimento sem derrubar
- oferece menos perigo de machucar quem a utiliza de maneira pouco coordenada, como é o caso de grande parte dos deficientes físicos.

Assim sendo, a colher, mais especificamente a colher de sopa, será o utensílio de alimentação usado no projeto.

Quanto ao alimento:

- Não deve restringir-se à sopa, mas também constituir-se de pedaços cortados de alimento sólido.
- Deve ser capturado em quantidade tal que não provoque o derrama-

mento no trajeto da colher até a boca , nem leve ao cansaço físico ocasionado pelo grande número de viagens necessárias.

Observa-se que, para conseguir atender a esses requisitos, a colher deve partir de uma posição onde o plano determinado pelas bordas da concha realize com a horizontal coincidente com a superfície do prato um ângulo de ataque α_A .

A seguir, a ponta da colher (ponto C_0) deve deslocar-se um certo trecho d em contato com a superfície do prato, raspando o alimento. Este movimento , no entanto, apenas empurra o alimento e empilha uma parcela deste na superfície côncava da concha da colher. É necessário, então, um segundo movimento destinado a fazer com que o alimento aloje-se na parte mais funda da concha. Esse movimento constitui-se numa rotação da colher em relação a superfície do prato e deve ocorrer simultaneamente ao movimento de translação.

A sequência de movimentos descrita acima está ilustrada na figura abaixo.

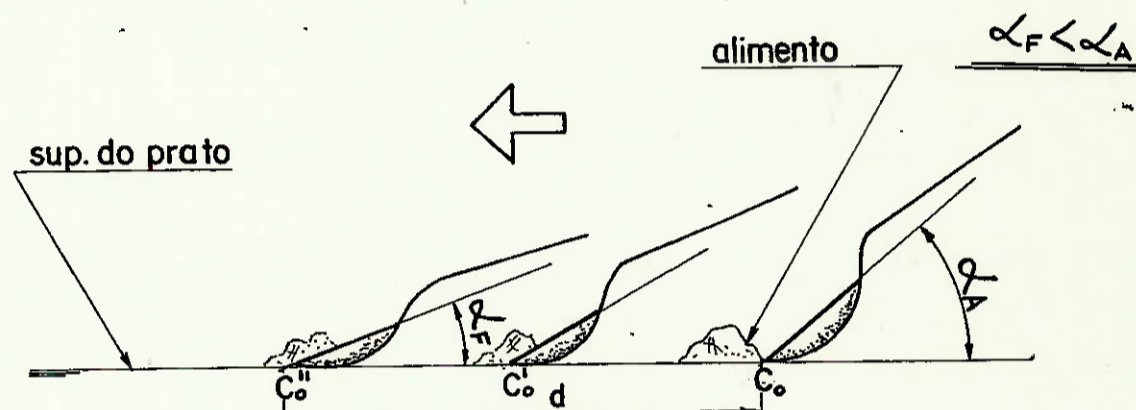


Figura 20 - Captura do alimento

Na posição final, o plano da concha faz um ângulo α_F com a superfície do prato.

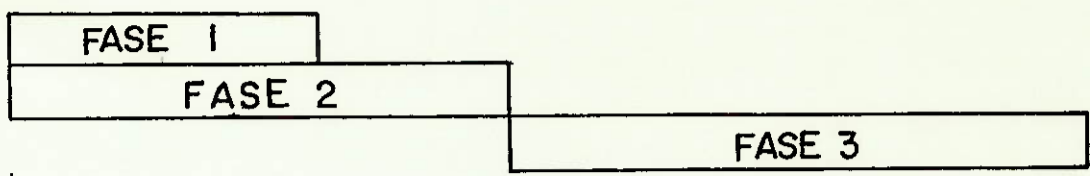
B. O transporte do alimento até a boca

O problema não se esgota com a captura do alimento. É preciso, ainda, transportá-lo até a boca sem derrubá-lo.

Para conseguirmos isto é preciso que na posição final da figura 20 , a colher abandone o prato (o ponto C desliga-se da superfície do prato) e continue seu movimento de rotação até nivelar-se, mantendo-se, a partir daí, na posição horizontal.

Podemos colocar essas fases do movimento num diagrama , da seguinte forma .

Desenvolvimento do processo



- Fase 1 - captura do alimento
- Fase 2 - nivelamento da colher
- Fase 3 - transporte horizontal

C. A chegada do alimento à boca

A concha da colher forma um determinado ângulo com o cabo, conforme a figura 21. Se, quando chegar na boca da pessoa, o cabo estiver na horizontal, a concha estará ligeiramente inclinada para cima facilitando o abocanhamento da comida.

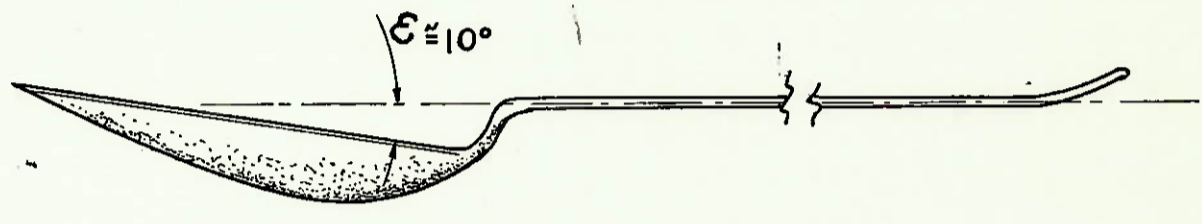


Figura 21 - Vista lateral da colher

Além disso, existe uma certa mobilidade da região do rosto que também pode facilitar esta fase do processo de alimentação, no sentido de permitir uma "busca" da concha da colher por parte da boca.

I.3 A Procura de Soluções-Análise de exequibilidade física

Uma vez equacionados ambos os lados da questão: o que se tem e aquilo que se deseja obter, a fase seguinte corresponde a buscar meios capazes de unir esses dois extremos do problema.

Não houve, de imediato, a proposição de uma série de soluções plausíveis. A busca da solução ideal seguiu um caminho linear no decorrer do qual várias idéias apareceram, muitas delas absurdas ou, consideradas corretas inicialmente numa observação superficial; mostraram ser inviáveis com um estudo mais aprofundado. Este caminho, marcado por frustrações e esperança, é aqui relatado.

A primeira idéia surgida foi a de pivotar uma barra horizontal num ponto fixo da mesa (figura 22). Num dos extremos dessa barra seria articulada uma segunda barra que, presa à cabeça da pessoa, teria a responsabilidade de acionar o mecanismo. No outro extremo da barra horizontal situar-se-ia outra barra articulada portando, por sua vez, a colher. A forma de pegar o alimento não chegou a ser pensada, nem a possibilidade de trazê-lo à boca tendo em vista a pequena amplitude do movimento de flexão da cabeça. Pensou-se em colocar um trilho inclinado conforme mostra a figura, em direção à boca da pessoa.

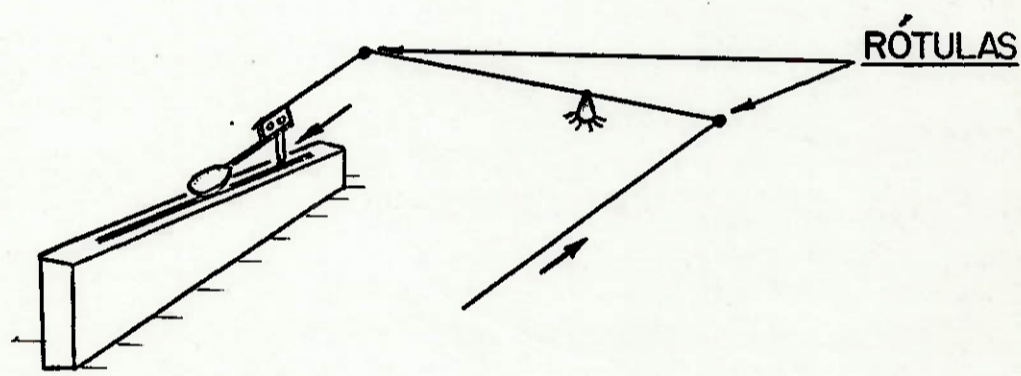


Figura 22

A maioria das características dessa idéia não chegou a ser encarada mais seriamente pois só a presença do trilho já configura-se num ponto altamente negativo pelo desconforto visual que apresenta.

Pensou-se, então, em levantar a barra horizontal da idéia anterior, mantendo-a pivotada numa torre fixa à mesa, porém, agora em po-

sição vertical (figura 23).

O extremo superior da barra seria ligado, através de outra barra, à cabeça da pessoa e o extremo inferior suportaria a colher.

O ponto articulado fixo dessa barra seria disposto fora do seu ponto médio de forma a tornar o segmento superior menor que o inferior, garantindo que, com um pequeno movimento de flexão da cabeça, o segmento superior descrevesse um arco de 90° , trazendo o extremo inferior até a boca.

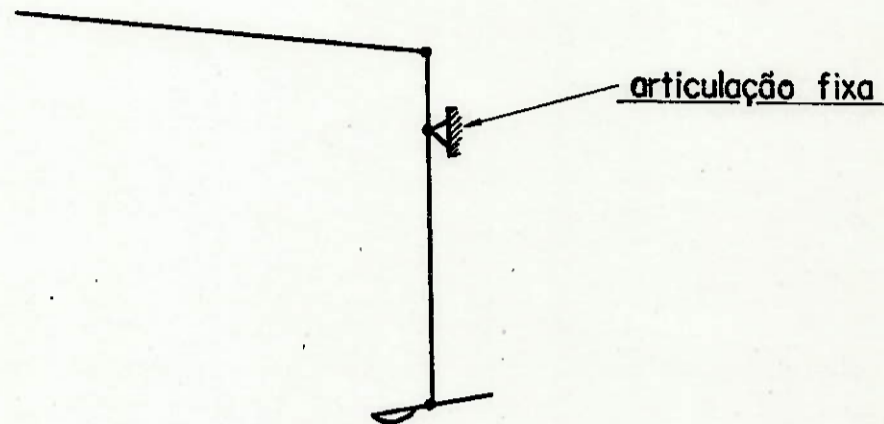


Figura 23

Resta saber, contudo, como pegar o alimento e trazê-lo à boca sem derrubar.

Uma maneira visualizada neste sentido foi a da figura 24, que não funcionou pois o sistema é indeterminado: se, por exemplo, empurrarmos a articulação C_2 no sentido indicado pela seta, a colher vai deslizar na guia articulada C_1 sem que seja necessário girar a barra AC_1 .

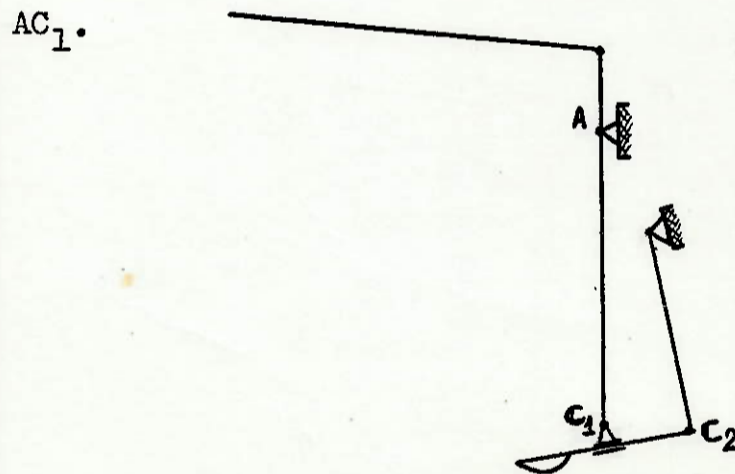


Figura 24

Substituiu-se, então, a guia articulada C_1 por uma articulação simples, configurando um sistema articulado de 4 barras, responsável

pela rotação da colher (figura 25). O movimento de translação visando manter a ponta da colher em contato com a superfície do prato seria possibilitado pela adição de um camo de translação disposto conforme a figura.

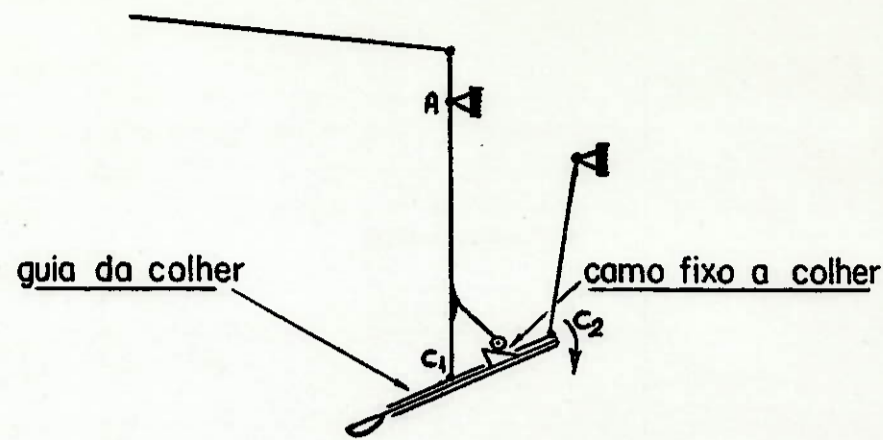


Figura 25

O sistema articulado mostrado faz com que a barra porta-colher gire, com relação a um sistema de referência fixo na folha de papel, no sentido horário como desejamos, porém essa velocidade de rotação é pequena, insuficiente para capturar o alimento num curso viável da colher.

Além disso, o transporte horizontal não está garantido e o camo de translação, em virtude da necessidade de deslocar-se num curso grande para um pequeno ângulo de aproximação entre as barras AC_1 e C_1C_2 apresentará um ângulo de inclinação muito pequeno e, conseqüentemente quase toda a força de acionamento é transformada em força de compressão, restando uma pequena e insuficiente parcela para mover o camo axialmente.

Surgiu, a seguir, a idéia de se introduzir um camo radial, responsável pelo movimento de angulação da colher, conforme mostra a figura 26. O camo de translação seria eliminado e o contato entre a ponta da colher e a superfície do prato seria garantido pela introdução do segmento inferior da barra vertical numa guia giratória.

O segmento superior da barra vertical seria acoplado num eixo juntamente com a guia giratória e o camo.

Entretanto, a fim de efetuar a captura do alimento, o camo deve, para uma pequena rotação, fazer o braço oscilante descrever um

gulo muito grande , o que ocasiona um ângulo de pressão grande, reduzindo a componente útil da força transmitida.

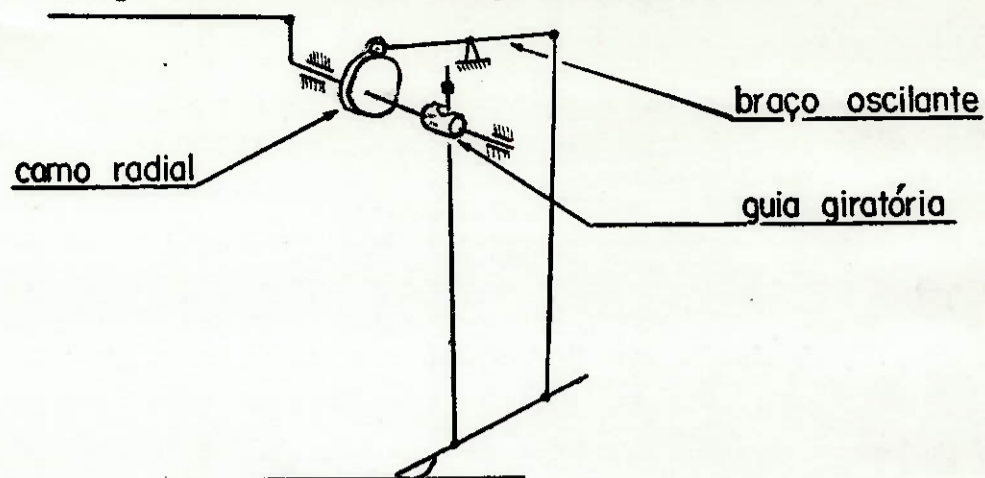


Figura 26

Tentou-se reduzir o ângulo de pressão colocando entre o camo e o braço oscilante uma redução através de um par de rodas dentadas segundo a figura 27:

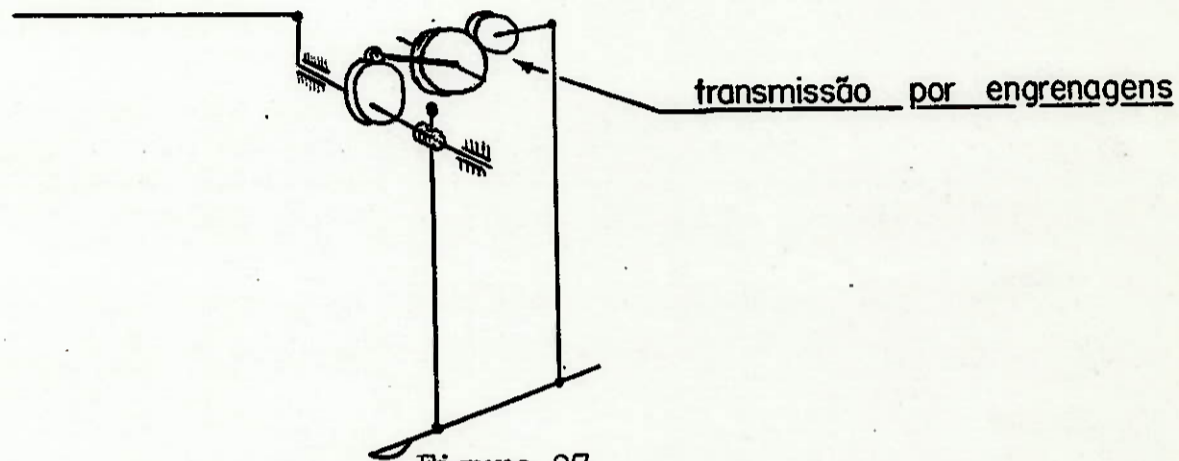


Figura 27

Para obtermos, porém, um ângulo de pressão razoável ($\alpha \leq 30^\circ$) seria necessária uma redução muito grande , o que também não é aconselhável.

Modificando-se a concepção do mecanismo, passamos a utilizar o sistema de camo e par engrenado não mais para possibilitar a rotação da colher, mas para forçá-la contra a superfície do prato mantendo o contato entre ambos e, fazendo uso do ponto de apoio entre concha e prato, produzir o movimento de rotação (figura 28).

A mola teria a função de garantir o contato entre colher e prato.

O sistema da figura 28 apresenta várias dificuldades, a saber:

- a colher quando abandona o contato com o prato tenderia, pela

ação da mola, a girar violentamente em direção à barra vertical. A introdução de um pequeno amortecedor (seringa de injeção de 4ml, por exemplo) suaviza o problema , mas a pessoa que vai utilizar o aparelho precisaria controlar a velocidade de subida da colher de forma a mantê-la, por intermédio do sistema mola-amortecedor, sempre na horizontal. Se a pessoa, por qualquer motivo, interrompesse o movimento de ascensão da colher, esta continuaria girando e derrubaria o alimento.

- a questão relativa ao ângulo de pressão do camo continua existindo, embora de forma menos crítica que no caso anterior.

- a construção precisa do camo radial não é simples e, se possível, deve ser evitada.

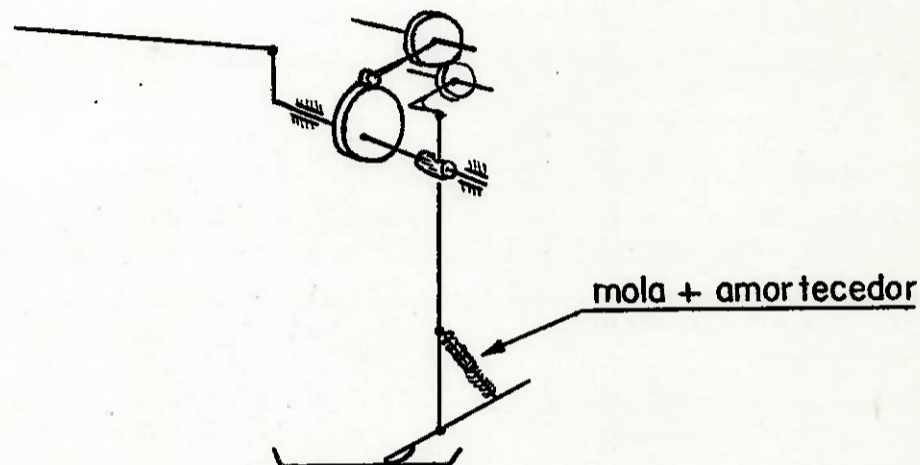


Figura 28

Procurando eliminar o camo, tentou-se utilizar transmissão através de correias (figura 29). Denominando γ o ângulo entre a barra da colher e a barra AC e θ o ângulo entre a barra AC e a vertical passando por A, temos as seguintes relações:

Fase de captura do alimento: $0 \leq \theta \leq 20^\circ$, $\gamma = \theta + 50^\circ$

Fase de transporte horizontal: $20^\circ < \theta \leq 90^\circ$, $\gamma = 90^\circ - \theta$

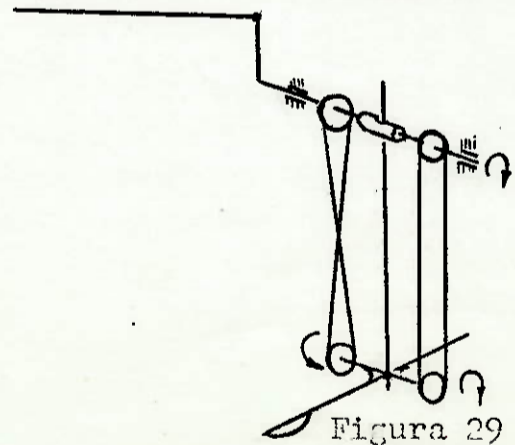
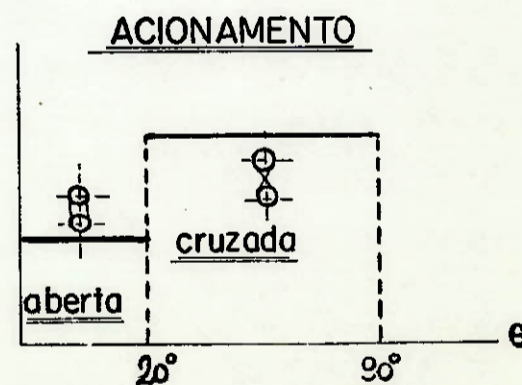


Figura 29



Temos, assim, dois sentidos de giro da colher para a rotação da barra AC num único sentido. Isto pode ser feito utilizando-se dois pares de polias, sendo um com transmissão por correia aberta e o outro por correia cruzada.

O problema que aparece é fazer com que a transmissão passe de aberta à cruzada quando $\theta = 20^\circ$, sem que um tipo de acionamento interfira na parte pertencente ao outro.

Além disso, seria necessário um segundo subsistema capaz de manter a colher em contato com o prato durante um determinado deslocamento d .

A idéia seguinte, ilustrada na figura 30, modificou o dispositivo da figura 26, substituindo o sistema de camo e engrenagem por duas transmissões: uma por atrito e outra por um par de rodas dentadas

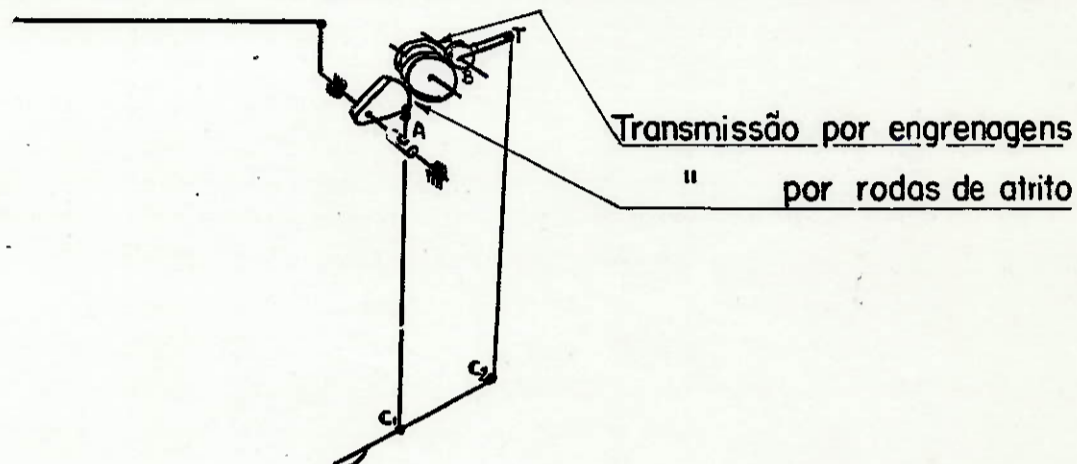
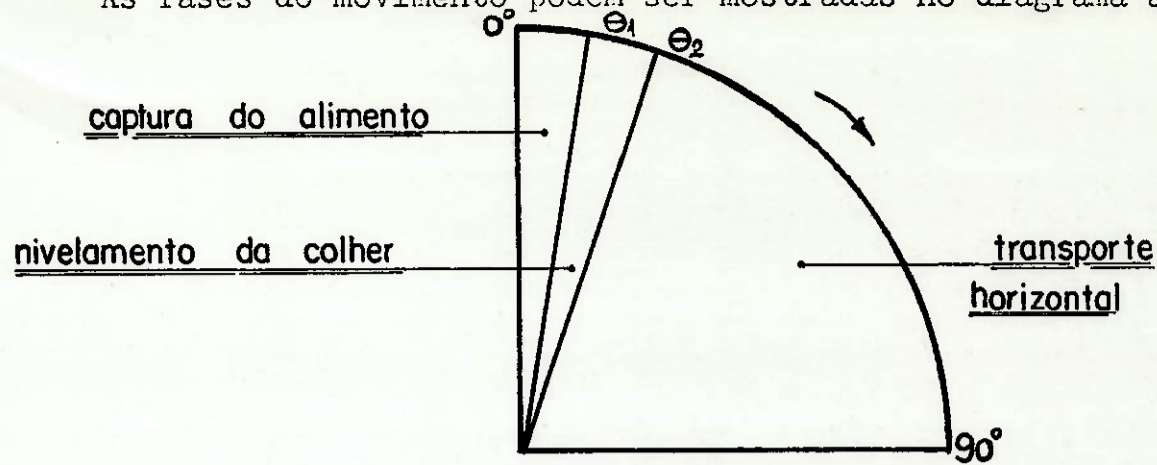


Figura 30

Além disso, adicionou-se uma haste angular BT. O sistema funciona do seguinte modo: de $\theta = 0^\circ$ a $\theta = \theta_1$ (fase de captura do alimento) a barra AC, translada para baixo no interior de uma guia devido a gravidade. Ao mesmo tempo, o setor de círculo faz girar, por atrito, o disco intermediário que, através das engrenagens, obriga a haste angular BT a descrever um determinado ângulo responsável pela captura do alimento. Em $\theta = \theta_1$, a barra AC interrompe a translação, porém C_1C_2 continua girando (fase de nivelamento). Quando atingimos $\theta = \theta_2$ ($\theta_2 > \theta_1$), o setor de círculo desacopla-se do disco intermediário e a haste BT alinhada a TC_2 trava fazendo com que $\overline{BC_2} = \overline{AC_1}$. Como $\overline{AH} = \overline{C_1C_2}$ temos um paralelogramo articulado e a colher, já na posição horizontal, permanecerá assim no seu trajeto até a boca.

As fases do movimento podem ser mostradas no diagrama abaixo:



A transmissão por atrito apresenta inconvenientes pois necessita de uma regulagem de aproximação entre o setor e o disco que produza uma força normal capaz de garantir o rolamento sem escorregamento e, ao mesmo tempo evitar o travamento ou o excessivo esforço necessário para transmitir o movimento.

Uma regulagem desse tipo entre o setor e o disco induziria a uma segunda regulagem entre o disco intermediário do disco e o eixo da haste anguladora, a fim de manter a distância entre os centros das rodas dentadas.

Para eliminar esse problema, substituímos a transmissão por atrito por uma transmissão do tipo encontrado nos sistemas de Gêneva (um pino motor que desliza num rasgo da roda móvel).

O sistema final encontra-se esboçado na figura 31.

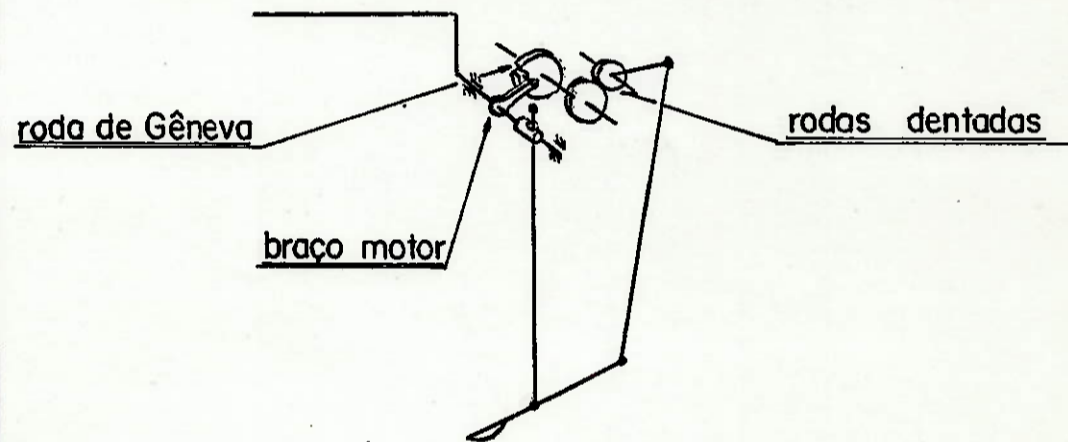


Figura 31

A colher, no seu primeiro ciclo de operação, durante o processo de alimentação, retirará o alimento de uma faixa radial do prato, de comprimento correspondente ao deslocamento da colher em contato com a superfície do prato.

Mesmo que parte da comida volte a ocupar essa região, nos ciclos de operação posteriores, a quantidade de alimento capturado será cada vez menor até que mais nada ocupe o espaço a ser percorrido pela colher.

Torna-se necessário, portanto, fazer com que a colher atinja toda a extensão do prato e, a idéia que surge é fazer com que este gire de determinado número de graus a cada ciclo de operação do dispositivo. O mecanismo indicado para esta tarefa é o mesmo utilizado nos sistemas de retrocesso e espaçamento de máquinas de escrever, adaptado para as particularidades que nosso projeto exige. A figura 32 mostra as partes principais deste mecanismo.

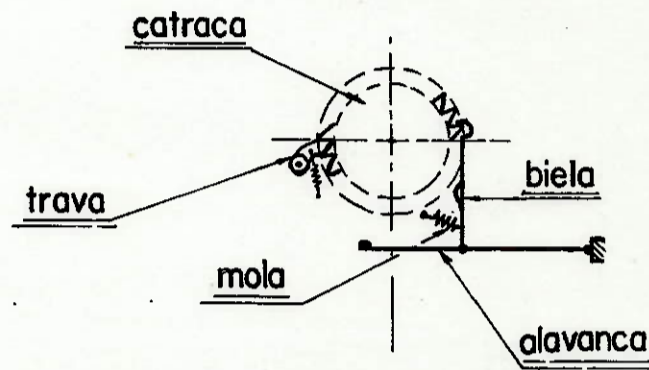


Figura 32

Além de possibilitar o alcance, através do sistema acima, de toda a extensão do prato, podemos nos aproveitar ainda do movimento de inclinação da cabeça para propiciar uma maior liberdade na busca da comida. Isto pode ser feito fixando-se todos os elementos mecânicos do dispositivo num eixo horizontal contido no plano do sistema articulado, segundo a figura 33.

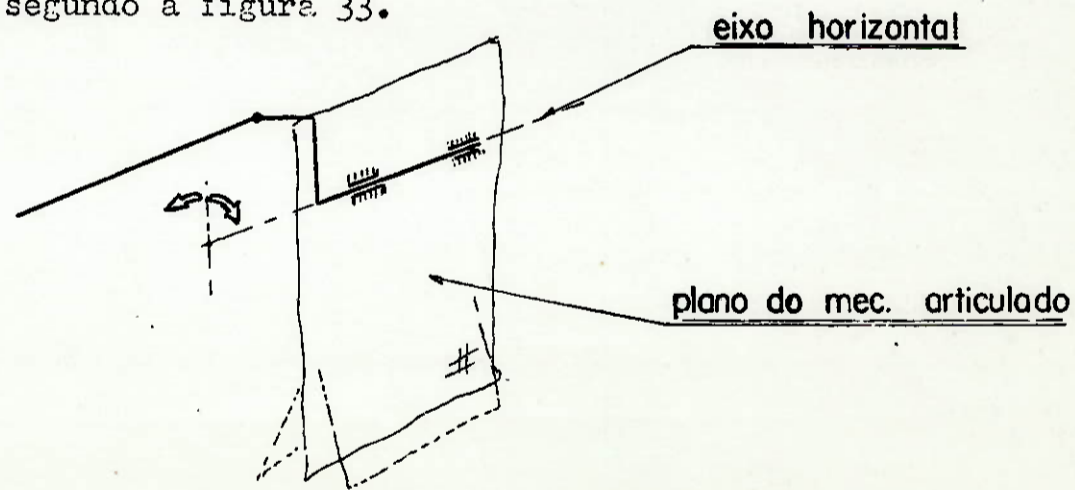


Figura 33

II. PROJETO BÁSICO

A solução ilustrada na figura 31 do ítem I.3 foi a única, entre as idealizadas, que preencheu as características de funcionalidade exigidas pelo dispositivo.

Vamos agora estudá-la mais profundamente.

Para isto, vamos analisar separadamente seus sub-sistemas componentes, segundo a divisão:

II.1- Sub-sistema articulado superior

II.2- Sub-sistema articulado inferior

II.3- Sub-sistema de captura do alimento

A. Rotação da colher

B. Manutenção do contato com o prato

II.4- Sub-sistema de inclinação da colher

II.5- Sub-sistema de rotação do prato

II.1- Sub-sistema articulado superior

A. O modelo da cabeça

Este sub-sistema engloba a inter-face homem-máquina do dispositivo. Compõe-se de duas barras articuladas a uma terceira barra simbólica, representativa do pescoço e cabeça da pessoa.

A coluna cervical, como foi visto no início deste trabalho, é uma estrutura capaz de movimentos bastante complexos, sendo composta por vértebras com vários graus de liberdade. Para finalidade do cálculo adotaremos um modelo bastante simplificado, porém que atende aos nossos objetivos.

Este modelo considera a região composta pelo pescoço e cabeça como uma barra rígida articulada numa rótula situada num ponto C da coluna vertebral, conforme a figura 34.

O outro extremo dessa barra, que denominaremos barra cervical, corresponde à projeção do ponto F sobre o plano sagital (plano médio do corpo que divide a caixa craniana em duas partes simétricas). O ponto F, por sua vez, corresponde à articulação entre a cabeça (repre-

sentada pela barra cervical) e a barra acopladora que, por sua vez, estará ligada ao dispositivo através de uma segunda articulação.

O ponto F situa-se sobre uma faixa presa ao redor da parte superior da cabeça (região parietal) e próximo à têmpora (ver figura).

Esta posição parece ser a mais cômoda, uma vez que a barra acopladora articulada em F não prejudicará qualquer dos órgãos sensoriais (como aconteceria, por exemplo, com a visão, caso este ponto F fosse posicionado no centro da testa da pessoa) e ainda mantém as boas condições de transmissão dos esforços desenvolvidos pelos músculos do pescoço.

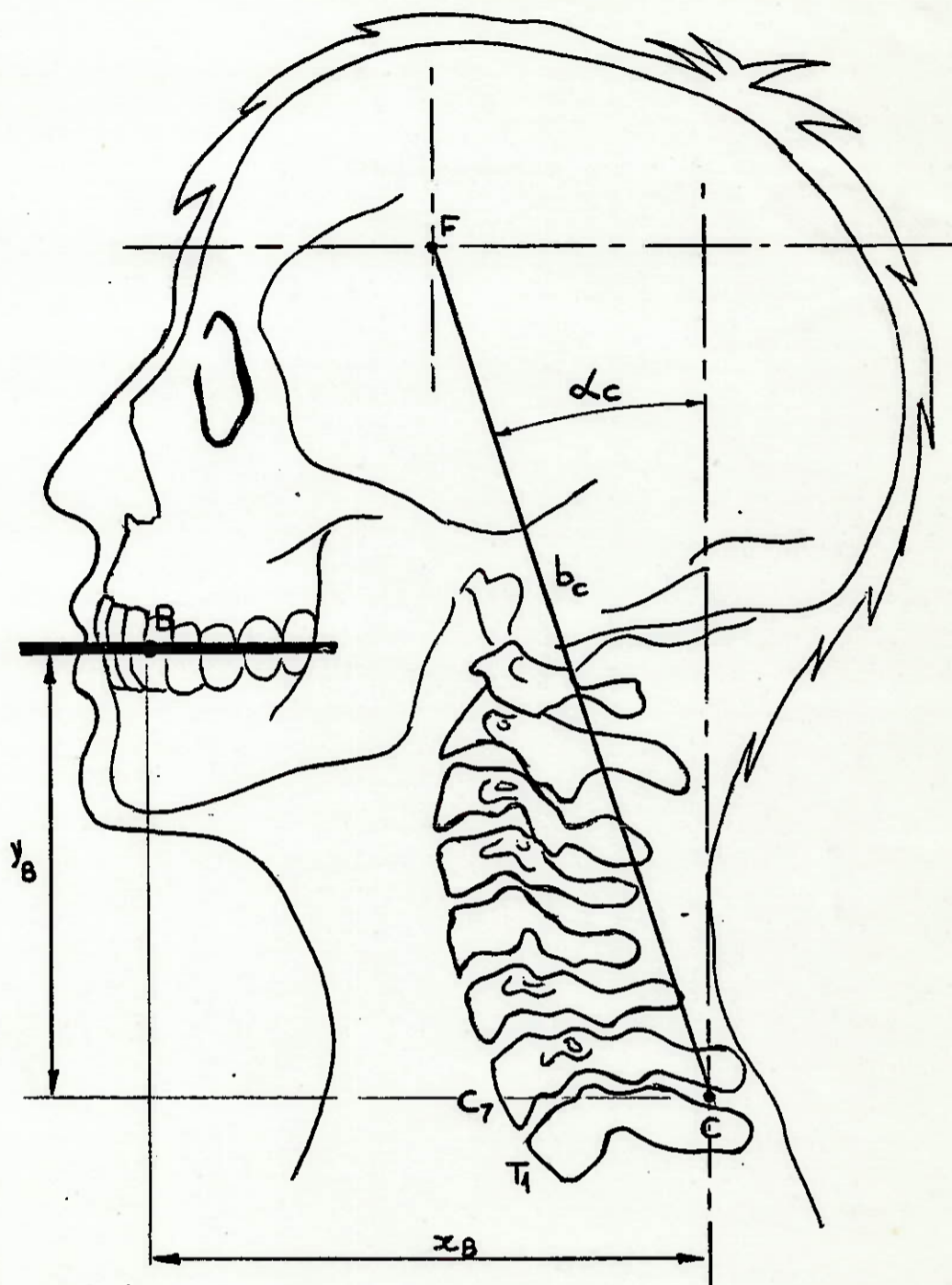
Além disso, os erros decorrentes das hipóteses adotadas na elaboração do modelo poderão ser corrigidos ou suavizados pela variação na posição de F ao longo da região parietal. Isto não seria possível se tivéssemos localizado F no centro da testa da pessoa.

Com relação ao modelo adotado, resta-nos responder a algumas questões :

- 1- Onde localiza-se o ponto C ?
- 2- Qual o comprimento b_c da barra cervical, correspondente à distância \overline{CF} ?
- 3- Qual o ângulo α_c formado entre a barra cervical e a vertical passando por C ?
- 4- Qual a posição da boca com relação à barra cervical ?

Uma vez respondidas estas questões, estará concluído o modelo da cabeça a ser utilizado na determinação gráfica do comprimento das barras articuladas do sub-sistema articulado superior:

- 1- Localizaremos o ponto C entre a 7ª vértebra cervical e a 1ª vértebra torácica.
- 2- Segundo medidas realizadas em várias pessoas e em esqueletos do Departamento de Anatomia da USP, consideraremos $b_c = 210$ mm.
- 3- Usando os mesmos meios do item anterior, obtivemos $\alpha_c = 20^\circ$
- 4- A boca será posicionada em relação ao ponto C, segundo as coordenadas x_B e y_B indicadas na figura 3⁴. Tais parâmetros foram medidos e, em média ,



— FIGURA 34 —

MODELO DA CABEÇA

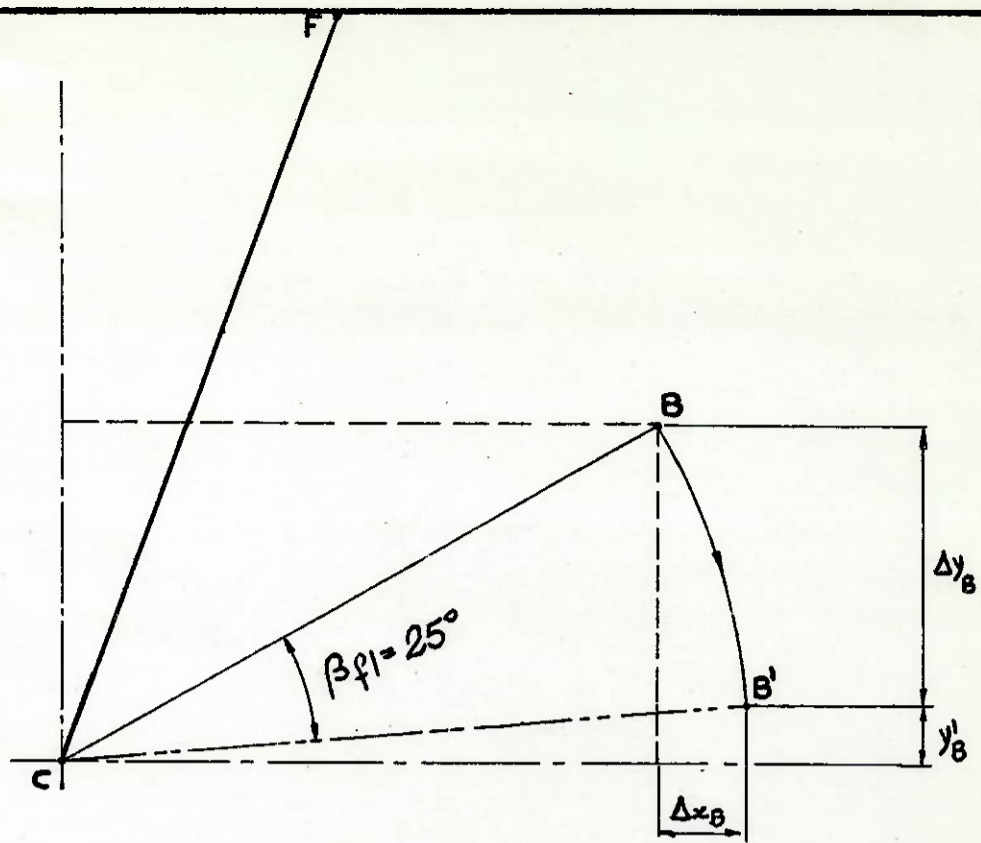


FIG. 35 - VARIACÃO DA POSIÇÃO DA BOCA COM A FLEXÃO

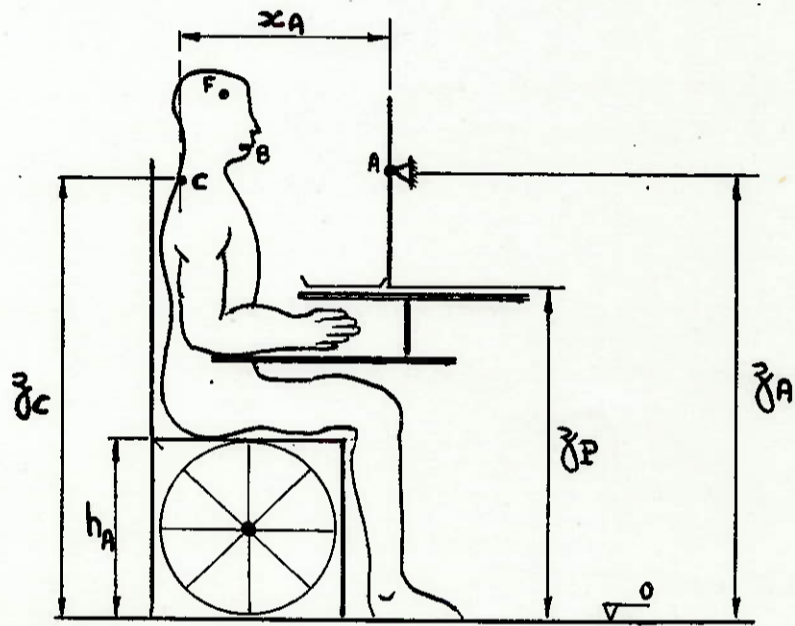


FIG. 36 - VISTA LATERAL DA POSIÇÃO HOMEM/MÁQUINA

$$x_B = 155 \text{ mm}$$

$$y_B = 90 \text{ mm}$$

Duas posições da cabeça são de nosso interesse: a inicial, quando ela encontra-se segundo a ilustração da figura 34 e a final, após ter realizado uma flexão de β_{fl} graus. A variação da posição da boca entre estas duas posições é de grande importância para o cálculo do mecanismo.

O ângulo de flexão da coluna cervical segundo a tabela 1 do item I.2.2 D apresenta um valor médio igual à média dos valores fornecidos pelas várias fontes consultadas, $\beta_{fl} \approx 36^\circ$.

Através da construção gráfica da figura 35, chegamos a:

$$x_B = 24 \text{ mm}$$

e $y_B = 72 \text{ mm}$

Para finalidade de cálculo, tomaremos $x_B = 25 \text{ mm}$ e $y_B = 70 \text{ mm}$.

O ângulo de flexão da coluna cervical, mencionado anteriormente, é, contudo, o ângulo descrito pela coluna cervical até que o queixo toque o peito.

Estamos interessados em atingir nosso objetivo realizando a flexão segundo um ângulo menor, visando a propiciar um maior grau de conforto e estabelecer uma faixa de segurança para casos em que o acidente resultou numa restrição na amplitude do movimento.

Feitas estas considerações, adotaremos $\beta_{fl} = 25^\circ$.

B. Determinação do comprimento inicial da barra alimentadora

B.1 Relações matemáticas

Com base na figura 36, que mostra uma vista lateral da posição do dispositivo com relação a pessoa que vai usá-lo, podemos estabelecer as seguintes relações:

$$z_A = z_P + \Delta h_0 + l_a \quad (1)$$

onde:

z_A = cota do ponto A, articulação superior da barra alimentadora

z_P = cota da superfície do prato

Δh_0 = diferença de cota entre a ponta da colher em contato com o prato e a articulação C_1 entre barra alimentadora e porta-colher

l_a = comprimento da barra alimentadora

A ponta da colher deve coincidir com o ponto B da boca na posição final (B'). Para isso duas condições devem ser satisfeitas:

$$x_A = x_{B'} + \Delta x_f + b + l_a \quad (2)$$

onde:

x_A = abscissa do ponto A

$x_{B'}$ = abscissa da boca após a flexão da coluna cervical (posição final)

Δx_f = distância entre a ponta da colher e a projeção da articulação C_1 sobre o cabo da mesma

b = deslocamento axial da barra alimentadora

$$z_A = z_{B'} + \Delta h_f \quad (3)$$

onde:

$z_{B'}$ = cota da boca após a flexão da coluna cervical

Δh_f = distância entre C_1 e C_0 tomada sobre a perpendicular ao cabo da colher passando por C_1

Temos ainda que:

$$z_{B'} = z_C + y'_B = (h_A + l_C) + y'_B \quad (4)$$

onde:

z_C = cota do ponto C

y'_B = diferença de cota entre B' e C

h_A = cota do assento da cadeira de rodas ao nível do cóccix

l_C = distância vertical do plano de assento da pessoa ao ponto C (ponto situado entre a sétima vértebra cervical e a primeira torácica)

Podemos classificar as variáveis relacionadas nas quatro equações anteriores em dois grupos:

a) variáveis que dependem de parâmetros construtivos do dispositi-

vo : $z_p, \Delta h_o, l_a, \Delta x_f, \Delta h_f, z_A$.

b) variáveis que dependem das características anatômicas de cada indivíduo : $x_{B'}, z_{B'}, l_c, \gamma_B$.

O que desejamos determinar através dessas equações são os valores do comprimento da barra alimentadora (l_A) e da posição do ponto A (x_A, z_A), para, em seguida, juntando esses dados aos resultados obtidos em A, possamos determinar graficamente as características físicas do mecanismo articulado superior.

B.2 Procedimento para determinação das incógnitas

a) Escolho $\Delta h_o, \Delta h_f, \Delta x_f$ e z_p .

Esta escolha dependerá das características construtivas do porta-colher, bem como da altura adotada para a mesa.

b) Determina-se geometricamente o deslocamento axial da barra alimentadora (b).

c) Determino $z_{B'}$ através da relação (4).

d) Substituo $z_{B'}$ e Δh_f em (3) e determino z_A .

e) Substituo z_A, z_p e Δh_o em (1) e determino l_a .

f) Substituo $x_{B'}, \Delta x_f, b$ e l_a em (2) e determino x_A .

B.3 Determinação das incógnitas

a) Tendo-se em vista as características geométricas da colher, bem como o valor do ângulo que o plano determinado por suas bordas faz com a superfície do prato na posição inicial ($\alpha_A = \text{ângulo de ataque}$), temos, segundo a figura 37.

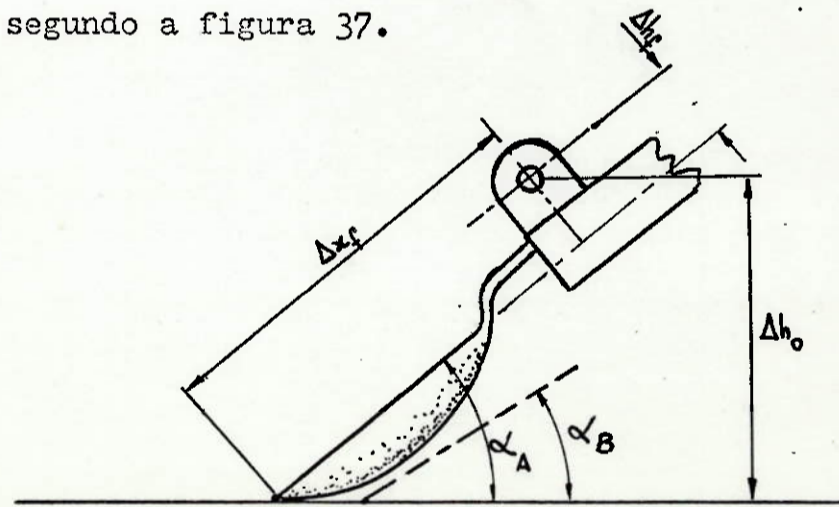


Figura 37

O ângulo de ataque α_A será tomado um pouco maior do que o ân-

guio das bordas do prato (α_B).

$$\alpha_B = \begin{cases} 25^\circ & \text{para pratos rasos} \\ 35^\circ & \text{para pratos fundos} \end{cases}$$

Adotaremos, portanto, $\alpha_A = 40^\circ$.

Com $\Delta x_f = 95\text{mm}$ (adotado com base nas dimensões da concha da colher e na curvatura do seu cabo), temos:

$$\Delta h_o = \Delta x_f \cdot \sin 40^\circ + \Delta h_f \sin 50^\circ = 74\text{mm}$$

Tomamos $\Delta h_f = 17\text{mm}$

b) A figura 38 mostra esquematicamente a colher nas posições inicial e final do seu deslocamento em contato com a superfície do prato, bem como a barra alimentadora articulada na guia giratória A.

Obsevando a figura, determinamos as seguintes relações:

$$b = \overline{AC_1} - \overline{AC_i} \quad (a)$$

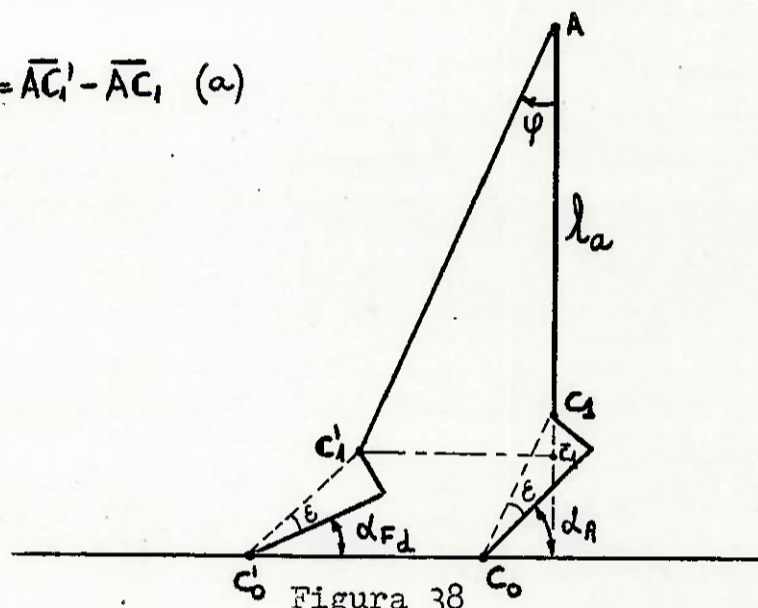


Figura 38

$$\overline{AC_i}^2 = \overline{AC_1}^2 + \overline{C_iC_1}^2 \quad (b) \quad c = \overline{C_0C_1}$$

$$\begin{aligned} \overline{AC_i} &= l_a + c \sin(\alpha_A + \epsilon) - c \sin(\alpha_F + \epsilon) \quad (c) \\ &= l_a + c [\sin(\alpha_A + \epsilon) - \sin(\alpha_F + \epsilon)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \overline{C_iC_1} &= d - c \cos(\alpha_F + \epsilon) + c \cos(\alpha_A + \epsilon) \quad (d) \\ &= d + c [\cos(\alpha_A + \epsilon) - \cos(\alpha_F + \epsilon)] \end{aligned}$$

$$c = \sqrt{\Delta x_f^2 + \Delta h_o^2} = \sqrt{95^2 + 74^2} = 96,5 \text{ mm}$$

$$\epsilon = \arctg \frac{17}{95} \approx 10,2^\circ$$

De (c) adotando-se $\alpha_F = 20^\circ$, vem que :

$$\overline{AC}_1 = l_a + 96,5 [\sin(40^\circ + 10,2^\circ) - \sin(20^\circ + 10,2^\circ)] = l_a + 25,5$$

Vamos adotar d (deslocamento da colher em contato com o prato) ligeiramente maior que o raio da superfície plana do prato.

Como $d = 2r = 130\text{mm}$ em média, tomaremos $d = 70\text{mm}$.

Assim, de (d) vem:

$$\overline{C_1C_2} = 70 + 96,5 [\cos(40^\circ + 10,2^\circ) - \cos(20^\circ + 10,2^\circ)] = 48,4$$

Substituindo esses valores em (b), temos:

$$\overline{AC}_1 = \sqrt{(l_a + 25,5)^2 + (48,4)^2}$$

A relação (a) fica: $b = \sqrt{(l_a + 25,5)^2 + (48,4)^2} - l_a$

l_a (mm)	b (mm)
200	30,6
250	29,7
300	29,1
350	28,6
400	28,2

Observa-se que b varia muito pouco quando l_a varia na faixa que provavelmente ocupará. Tomaremos, então, um valor médio $b = 29\text{mm}$.

$$c) \quad z_B = h_A + l_C + y'_B$$

Das figuras 16, 17, e 18 do item F da seção I.2.2, temos h_A respectivamente igual a 510 mm, 500mm, e 520mm.

O valor médio é $h_A = 510\text{ mm}$.

As pessoas que ficam sentadas em cadeiras de rodas durante grande parte do dia costumam utilizar almofadas. Com o peso da pessoa, o assento cede ligeiramente.

Com todos esses aspectos considerados vamos adotar $h_A = 600\text{mm}$.

A distância vertical do plano do assento da pessoa ao ponto C é uma característica individual. Com base na figura e tabela do item E da seção I.2.2, tomaremos $l_C = 630\text{ mm}$.

y'_B é obtido da figura 35 e vale 15 mm.

Dessa forma, temos que :

$$z'_B = 600 + 630 + 15 = \underline{1245 \text{ mm}}$$

d) Em (3)

$$z_A = 1245 + 17 = \underline{1262 \text{ mm}}$$

e) Em (1)

$$1262 = z_P + 74 + l_a$$

l_a não deve atingir valores muito altos, pois isto seria prejudicial sob dois aspectos:

- dinâmico - quanto maior l_a , maior terá que ser a força de acionamento para levantar a mesma massa, em virtude da relação de alavanca estabelecida.

- dimensional - quanto maior l_a , maior x_A (ver relação (2)) e, portanto, a grande distância entre o dispositivo e a pessoa exigirá uma mesa também de maior extensão a ser fixada sobre a cadeira, podendo tornar-se desproporcional e antiestética.

Por outro lado não podemos diminuir l_a demasiadamente, pois isso implicaria num aumento de z_P (altura da mesa) que ficaria muito perto do rosto da pessoa.

Achamos razoável o valor $l_a = 250 \text{ mm}$, que fornecerá, $= 1262 - 74 - 250 = \underline{938 \text{ mm}}$.

f) Da relação (2)

$$x_A = x_B + \Delta x_P + b + l_a$$

$$x_B = x_B + \Delta x_B = 155 + 25 = 180 \text{ mm}$$

Logo

$$x_A = 180 + 95 + 29 + 250 = \underline{554 \text{ mm}}$$

C. Determinação gráfica do sub-sistema articulado superior

O sub-sistema articulado superior nada mais é que um mecanismo de dupla alavanca que deve ser determinado tendo-se como dados:

(1) o comprimento da barra fixa

(2) o comprimento e posição inicial da barra acionadora (barra cervical imaginária)

(3) o ângulo de acionamento ou de entrada β_{fl} e o ângulo de saída α_{rot} da barra reversora.

A figura 39 abaixo ilustra esquematicamente os dados relativos ao problema .

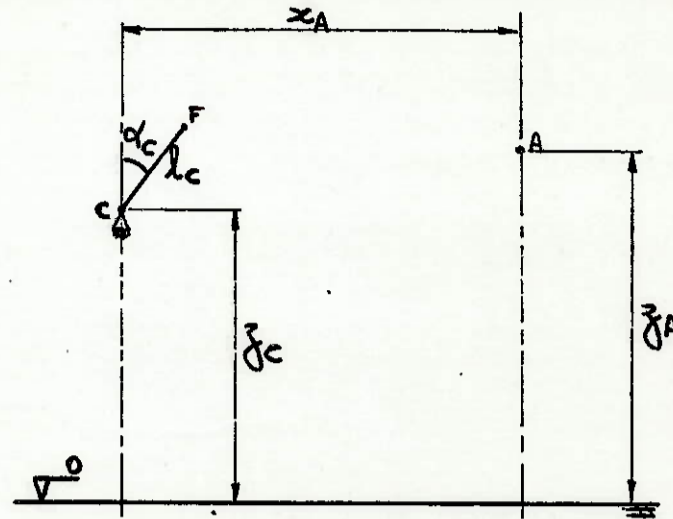


Figura 39

Numericamente, temos ,

$$\alpha_c = 20^\circ$$

$$l_c = 210\text{mm}$$

$$z_A = 554\text{mm}$$

$$z_A = 1262\text{mm}$$

$$z_c = 1230\text{mm}$$

$$\beta_{fl} = 25^\circ$$

$\alpha_{rot} = 90^\circ$ (a barra alimentadora deve partir da posição vertical e chegar à horizontal, girando no sentido horário)

A construção gráfica do sub-sistema encontra-se na folha CG-1.

O ponto R, articulação entre a barra acopladora e a reversora pode ser tomado em qualquer ponto sobre a linha $P_{12}Z_r$, dentro da faixa verde, limitada a esquerda pelo ponto onde a acopladora e a reversora ficam alinhadas na posição, ocorrendo a possibilidade de travamento ou movimento no sentido anti-horário e a direita pela posição inicial limite de onde pode partir a reversora para, após descrever 90° , ocupar a posição horizontal.

D. Escolha do ponto R ótimo

O ponto A vê esta região sob um ângulo de 70° .

A escolha do ponto R ótimo será realizada segundo o critério do ângulo de transmissão (figura 40 e 41) do mecanismo que deve apresentar valores satisfatórios ($\approx 45^\circ$ ou mais) durante todo o percurso.

$$\text{TORQUE } T = F_R \cdot b_T = F \cdot b_T \cdot \sin \mu$$

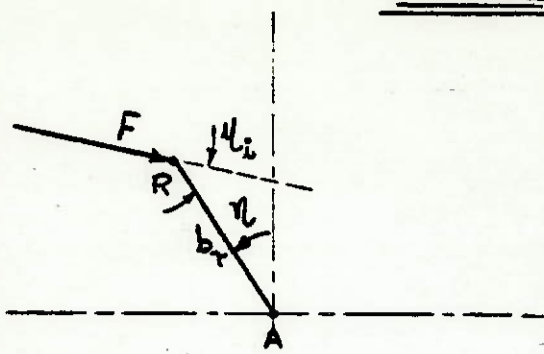


FIG. 40

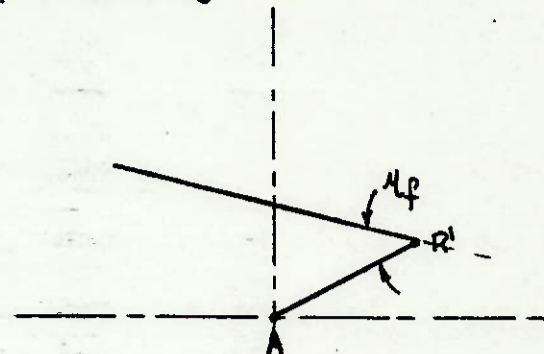


FIG. 41

Tomando-se vários possíveis pontos R situados sobre ângulos variando de 0° a 70° , de 10° em 10° , a partir da posição vertical no sentido anti-horário (ver folha CG-1) e determinando-se os ângulos de transmissão para as posições inicial e final, bem como o braço de alavanca, (distância \overline{RA}) construímos a seguinte tabela.

η (graus)	μ_i (graus)	μ_f (graus)	b_T (mm)
0	79	16,5	70
10	68,5	25	64
20	57	35	61
30	46	44,5	60
40	35	53	60
50	23,5	62,5	63
60	12,5	71,5	68
70	0	80	76

Da tabela anterior verifica-se que o ângulo de transmissão mantém-se praticamente constante num valor próximo a $\mu = 45^\circ$ quando $\eta = 30^\circ$. O braço b_T varia pouco quando passamos para $\eta = 20^\circ$ ou 40° , enquanto μ altera-se bastante. Logo o valor $\eta = 30^\circ$ parece ser o valor ótimo para o posicionamento do ponto R, obtendo com esta configuração um torque satisfatório tanto na saída (necessidade de vencer a inércia do sistema) quanto na posição final quando temos o maior torque resistente igual a $P \cdot l_a$ ($P \cdot l_a \cdot \sin \varphi$ para $\varphi = 90^\circ$)

Adotaremos, portanto, $\eta = 30^\circ$ e $b_T = 60\text{mm}$.

II.2 Sub-sistema articulado inferior

A. Introdução

O sub-sistema articulado inferior (figura 42) consta de quatro barras :

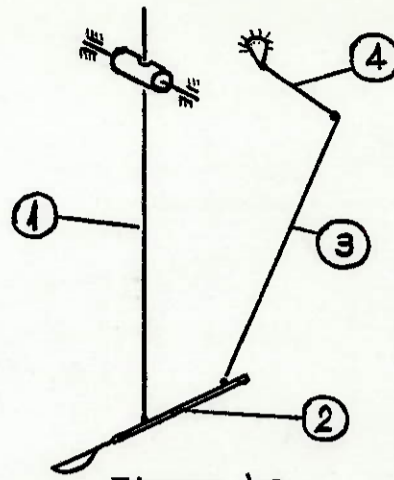


Figura 42

1. barra alimentadora.
2. porta-colher
3. barra intermediária
4. haste anguladora

Uma vez determinado o comprimento e a posição inicial da barra alimentadora através do exposto na seção anterior, e escolhido o comprimento entre as articulações do porta-colher, o objetivo desta seção é obter a posição relativa ao conjunto e os comprimentos da barra intermediária e da haste anguladora.

B. Estudo do porta-colher

A colher, evidentemente, não será diretamente articulada no sub-sistema inferior. Ela deverá ser alojada num dispositivo denominado porta-colher projetado para permitir a rápida colocação do utensílio e sua retirada para limpeza. O porta-colher é que será articulado ao restante do dispositivo. Para tanto, tornam-se necessárias algumas observações:

- a) A colher será presa pelo cabo. Logo, o comprimento do cabo é o parâmetro básico para o projeto do porta-colher.
- b) Na posição final, o cabo da colher deverá estar na posição horizontal. Para evitar o ponto-morto (alinhamento entre a barra alimenta-

dora e a barra articulada correspondente ao porta-colher) é preciso que o segmento de reta que une as articulações C_1 e C_2 do porta-colher intercepte o cabo da colher, evitando-se desta forma o paralelismo favorável ao travamento do sistema.

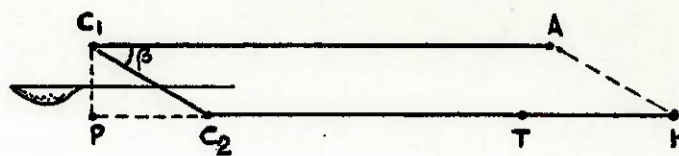


Figura 43

Adotamos, conforme a figura 43, para o porta-colher os valores $m = C_1C_2 = 72\text{mm}$ e $C_1P = 14\text{mm}$; o que nos fornece um ângulo de transmissão $\beta = 11,2$ considerado satisfatório pois a força de gravidade é favorável ao curso de retorno (descendente) do dispositivo.

A medida em que aumentamos $\overline{C_1C_2}$ o ângulo β diminui. Se diminuirmos essa distância o equilíbrio e estabilidade do porta-colher fica prejudicado, bem como o espaço disponível para os demais elementos da torre, conforme será visto no item seguinte. Dessa forma, consideramos razoável o valor adotado.

C. Determinação gráfica do sub-sistema articulado inferior

A determinação gráfica da posição relativa e dos comprimentos da barra intermediária e da haste anguladora foi realizada conforme o procedimento descrito a seguir e ilustrado na folha CG-2 em anexo.

- a) Traça-se as posições iniciais da barra alimentadora e do porta-colher com o utensílio de alimentação.
- b) Desloca-se o porta-colher para a posição correspondente ao fim do curso de captura do alimento (d, α_F).
- c) Liga-se C_1' e A, encontrando-se a nova posição da barra alimentadora, bem como seu deslocamento axial e o deslocamento angular ϕ_1 correspondente.
- d) Marca-se, a partir da vertical passando por A um segundo ângulo $\phi = 2\phi_1$ e, mantendo o novo comprimento da barra alimentadora ($l'_a = l_a + b$) determina-se o ponto C_1'' .

- e) Conhecidas as características construtivas do porta-colher determina-se C_2'' .
- f) Traça-se por C_2'' uma paralela a AC_1'' .
- g) Traça-se por A uma paralela a $C_1'' C_2''$.
- h) A intersecção das duas retas traçadas conforme (f) e (g) definem o ponto H, centro de giro da haste anguladora.
- i) Sobre o segmento HC_2'' escolhe-se o ponto T'' . A distância HT, por motivos estéticos, deve ser menor que TC_2'' ($TC_2'' \approx 2$ a $2,5$ HT).
- j) Com centro em H e raio HT'' , trace um arco de circunferência.
- k) Com centro em C_2 e raio $T'' C_2''$, trace outro arco de circunferência.
- l) A intersecção dos arcos traçados em (j) e (k) definem a posição inicial do ponto T.
- m) O ângulo $\widehat{THT''}$ é o ângulo de giro da haste anguladora.

Através deste procedimento, obtivemos (ver folha CG-2):

$$\phi_1 = 10,5^\circ$$

$$\phi = 2\phi_1 = 21,0^\circ$$

$$HT = h = 86 \text{ mm}$$

$$TC_2 = i = l_a' - h = l_a + b - h = 250 + 31 - 86 = 195 \text{ mm}$$

$$\widehat{THT''} = \alpha_h = 91,5^\circ$$

II.3 Sub-sistema de captura do alimento

A. Rotação da colher

O sub-sistema responsável pela rotação da colher (figura 44) compõe-se dos seguintes elementos:

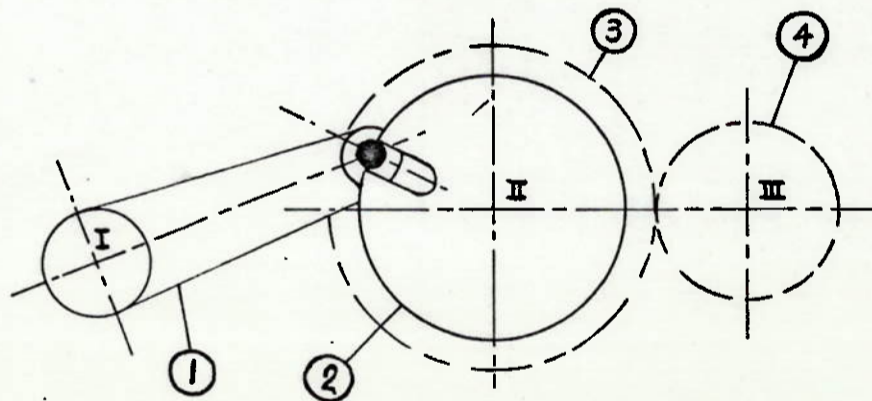


Figura 44

1. braço motor
2. roda de Gêneva
3. coroa
4. pinhão

O braço motor gira solidário à barra reversora. Partindo de uma posição inicial, ele transmite esse movimento de rotação à roda de Gêneva em cujo eixo encontra-se uma roda dentada (coroa) que, por sua vez, está engrenada a uma segunda engrenagem (pinhão). No eixo do pinhão (eixo angulador) está presa a haste anguladora.

Podemos classificar os eixos em:

- eixo principal - EIXO I
- eixo intermediário - EIXO II
- eixo angulador - EIXO III

Seja ϕ o ângulo de giro do eixo I responsável pelo acionamento da roda de Gêneva.

Se no eixo angulador desejamos obter para esse ângulo ϕ , um ângulo de giro igual a α_h é preciso que :

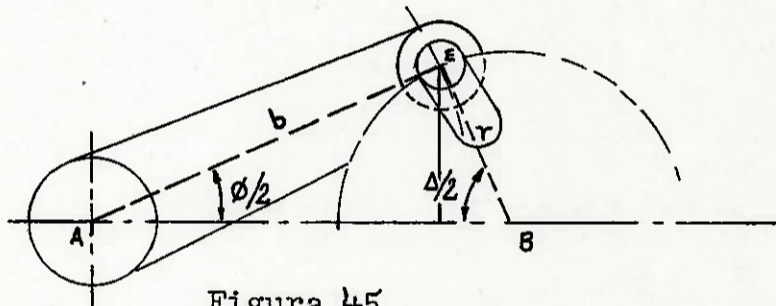
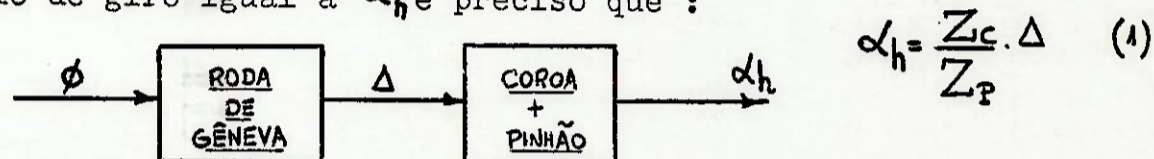


Figura 45

Pela figura 45, temos que :

$$b \cdot \sin \phi/2 = r \cdot \sin \Delta/2 \quad (2)$$

Sabendo-se que $\overline{AH} = \overline{C_1C_2} = m = 72\text{mm}$, temos, ainda, as seguintes relações:

$$m = b \cdot \cos \phi/2 + r \cdot \cos \Delta/2 + a \quad (3)$$

onde a = distância entre os centros das rodas dentadas

$$a = \frac{m}{2} (Z_c + Z_p) \quad (4)$$

As engrenagens que serão utilizadas são de nylon devido ao seu baixo peso e boa aparência visual.

Elas foram conseguidas na Burmat S.A., que dispunha de 3 tamanhos diferentes, todas de módulo $m = 0,5$.

engrenagem nº 1 $Z_1 = 58$

engrenagem nº 2 $Z_2 = 40$

engrenagem nº 3 $Z_3 = 22$

Assim sendo, temos a possibilidade de utilizar uma das 3 reduções: $\frac{58}{22} = 2,63$; $\frac{58}{40} = 1,45$; $\frac{40}{22} = 1,82$

Optamos pelo segundo par de rodas dentadas (Z_1 e Z_2) que possibilita uma redução satisfatória sem utilizar um pinhão tão pequeno quanto o nº 3.

Temos, assim, da relação (1): $\Delta = 91,5^\circ \frac{40}{58} = 63,1^\circ$

De (4) vem que: $a = \frac{0,5}{2} (58 + 40) = 24,5 \text{ mm}$

Substituindo esses valores em (2) e (3) obtemos um sistema de duas equações e duas incógnitas que, resolvido, fornecerá os valores de b e τ .

$$\begin{cases} b \cdot \sin 10,5^\circ = \tau \cdot \sin 31,55^\circ & (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 72 = b \cdot \cos 10,5^\circ + \tau \cdot \cos 31,55^\circ + 24,5 & (3) \end{cases}$$

Isolando-se b em (2) e substituindo esta expressão em (3) vem que:

$$\tau = 12,92 \text{ mm}$$

Substituindo esse valor em (2), encontramos:

$$b = 37,11 \text{ mm}$$

Para facilitar a construção, vamos adotar $\tau = 13 \text{ mm}$ e $b = 37 \text{ mm}$.

Com esses novos valores, temos que,

de (2): $37 \cdot \sin 10,5^\circ = 13 \cdot \sin \Delta/2$

$$\Delta = 62,5^\circ$$

$$\text{em (1)} \quad \alpha_h = \frac{58}{40} \cdot 62,5 = 90,6^\circ$$

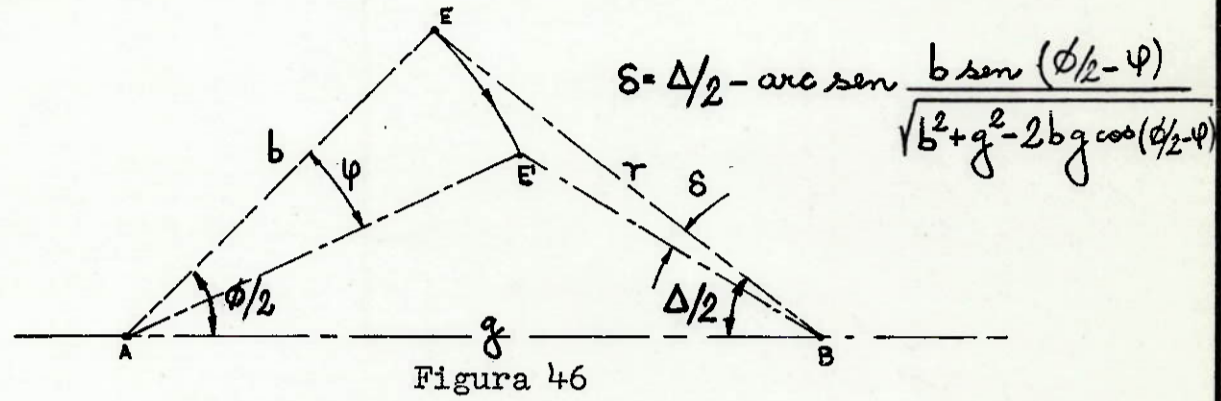
Como o valor ideal de $\alpha_h = 91,5$, temos um erro igual a

$$\varepsilon = \frac{91,5 - 90,6}{91,5} = 0,98\% \approx 1\% \quad (\text{admissível})$$

A profundidade do rasgo será $p = (b+r) - g = (b+r) - (m-a)$

$$\text{Logo } p = (37+13) - (72-24,5) \rightarrow p = 2,5 \text{ mm}$$

Podemos tabelar a posição angular da haste anguladora em função da rotação do braço motor usando-se a relação calculada a partir da figura 46



ψ (graus)	δ (graus)	α_h (graus)
0	0	0
2	4,6	6,7
4	9,9	14,4
6	16,0	23,1
8	22,5	32,7
10	29,5	42,8
10,5	31,3	45,3
12	36,5	52,9
14	43,3	62,8
16	49,6	72,0
18	55,3	80,2
20	60,3	87,4
21	62,5	90,6

B. Manutenção do contato com o prato

Se a barra alimentadora AC_1 fosse simplesmente articulada no ponto A, a medida que ela se deslocasse angularmente no sentido horário segundo o ângulo ψ , o ponto C_1 se afastaria da superfície do prato, fazendo com que a colher perdesse o contato com a mesma. Se isto ocorresse, não haveria captura do alimento. É preciso, portanto, que a barra alimentadora, durante o deslocamento angular ϕ_1 ($\phi_1 = 10,5$) mantenha a ponta da colher em contato com o prato. Isto é, conseguido introduzindo-se a barra alimentadora numa guia giratória fixa à torção do mecanismo. Assim, a medida que a barra gira, ela desliza no interior dessa guia devido à ação da gravidade propiciando o contato desejado.

Se necessário, podemos introduzir uma mola de compressão, cuja finalidade seria a de auxiliar a barra na realização desse deslocamento axial b , determinado graficamente no item C da seção II.2, que corresponde a 31 mm para $l_a = 250$ mm.

Esta mola, no entanto, deve ser suficientemente fraca de modo a não introduzir um considerável esforço resistente a ser superado na fase final do curso de retorno do dispositivo.

Observe-se ainda que, conforme variamos l_a o valor de b altera-se. Esta alteração, embora pequena, (ver seção II.1, item B.3) não deve ser desprezada e, para compensá-la devemos possibilitar a regulação da posição do batente de fim de curso.

Outro aspecto que merece atenção é o relativo a possibilidade de deslizamento, em virtude de algum choque, da barra alimentadora em sentido contrário ao desejado.

Isto poderia ocorrer após o travamento do mecanismo na sua configuração de paralelogramo, e, resultaria numa descoordenação geométrica do dispositivo, derrubando a comida e causando transtornos de toda espécie. Assim, é preciso que após ter terminado o curso de captura do alimento, a barra alimentadora seja impedida, por algum meio, de deslocar-se axialmente, só voltando a fazê-lo na parte final (ál-

timos $10,5^\circ$) do curso de retorno.

II.4 Sub-sistema de inclinação da colher

Objetivando-se aumentar a liberdade da pessoa na busca do alimento no prato, poderíamos utilizar o movimento de inclinação da cabeça para inclinar a barra alimentadora e ampliar a zona de ação da colher.

Olhando-se frontalmente o dispositivo (figura 47), podemos fazer a barra alimentadora deslocar-se de um ângulo γ para ambos os lados de sua posição média num plano perpendicular ao plano do mecanismo.

Para isso, devemos sujeitar todos os elementos da torre a um eixo perpendicular ao plano do movimento.

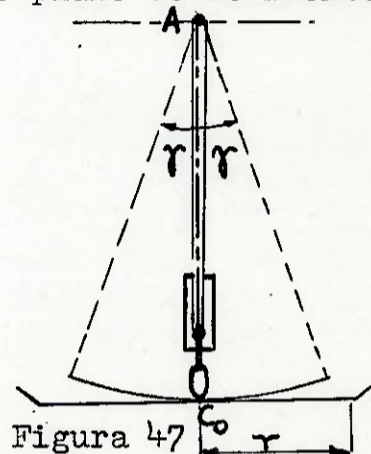


Figura 47

O giro desse eixo estaria associado à inclinação da cabeça. O ângulo necessário para alcançar todo o diâmetro do prato é pequeno.

se tomarmos $\gamma = \text{arc.tg} \frac{r}{l_a + \Delta h_0}$

Com $r = 65\text{mm}$ e $\Delta h_0 = 74\text{mm}$ temos, para l_a variando de 200mm a 350mm.

l_a (mm)	γ (graus)
200	13,3
250	11,3
275	10,6
300	9,9
325	9,2
350	8,7

Mesmo o maior ângulo obtido ($\gamma = 13,3^\circ$) está bastante longe do máximo ângulo de inclinação que a cabeça pode executar (em média 42° , segundo a tabela 1 da seção I.2.2). Serão necessários encostos nas articulações da barra acopladora para que estas não sejam demasiadamente solicitadas nos

movimentos de inclinação.

Deve ser verificada a não interferência da coluna da torre no movimento de inclinação do mecanismo.

II.5 Sub-sistema de rotação do prato

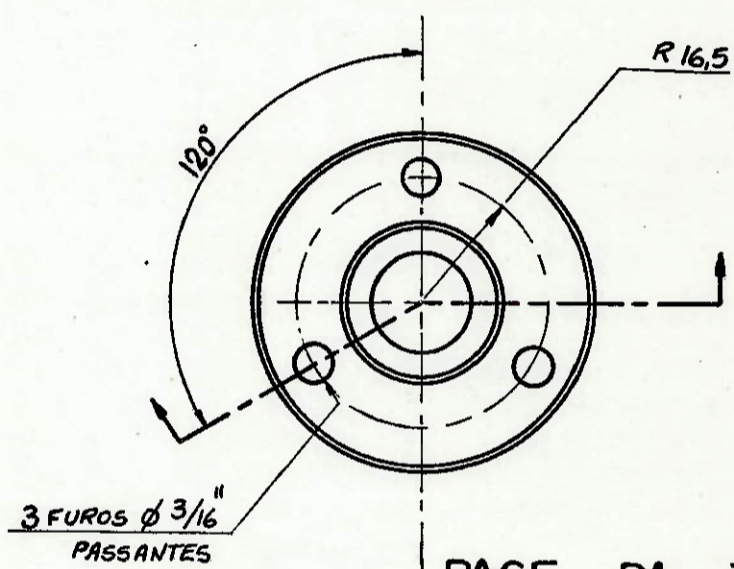
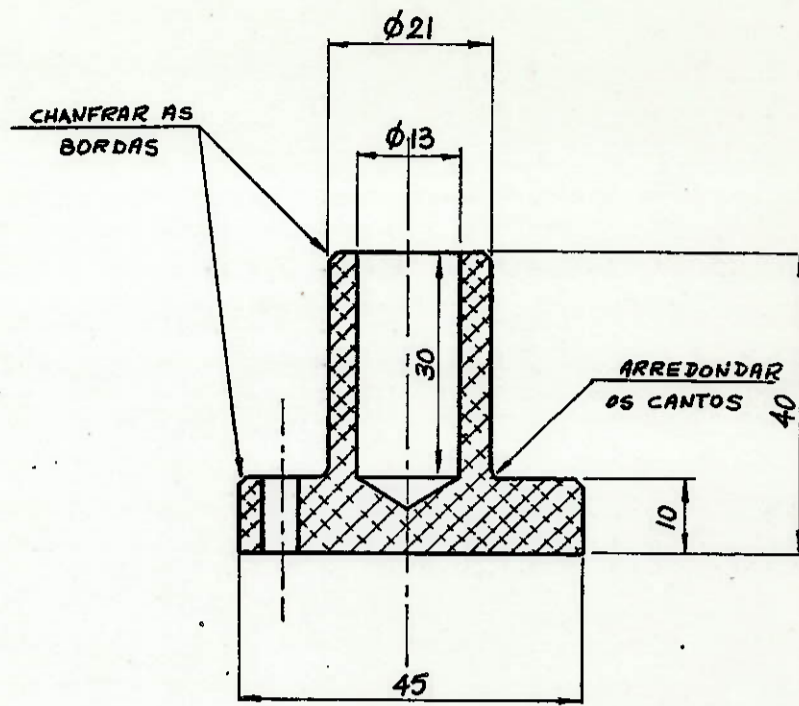
A importância desse sub-sistema já foi discutida na parte final da seção I.3 (ver desenho nº 8).

O elemento mecânico central é uma catraca que desloca-se de um certo ângulo a cada ciclo de operação do dispositivo.

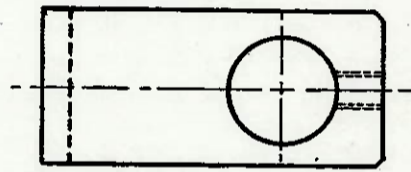
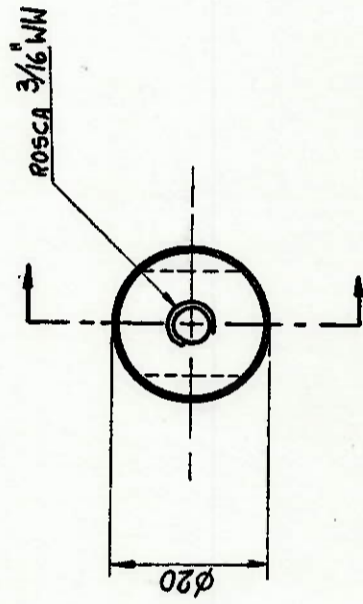
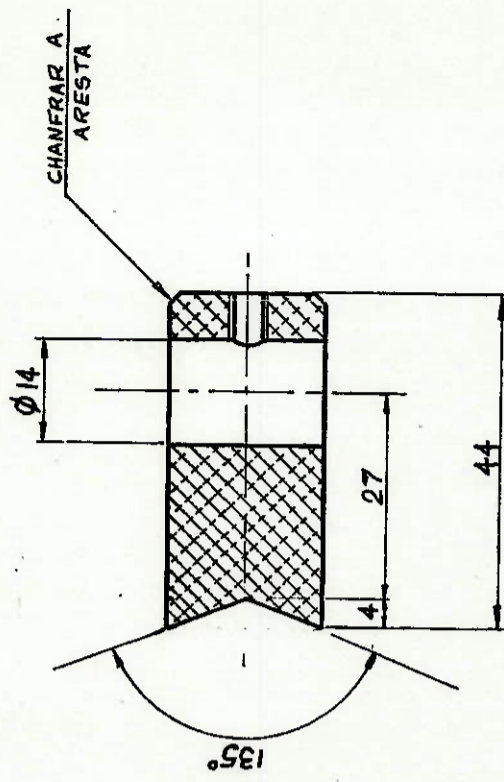
—————X—————

BIBLIOGRAFIA

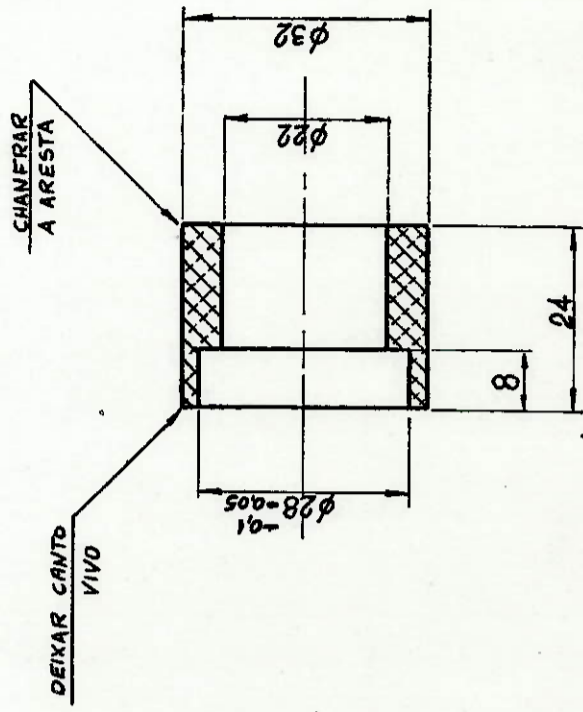
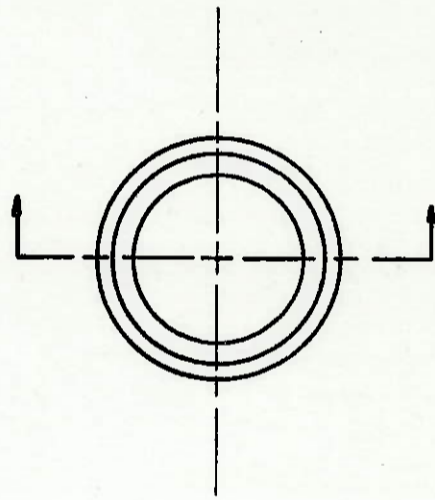
- Applied Linkage Synthesis - D.C.Tao.
- Anatomia - Henry Gray & Charles Mayo Goss .
- Apostila AACD - II Curso Básico de Terapia Ocupacional em Deficiência Física.
- Fisiologia Articular - vol.3 - I.A.KAPANDJI .
- Ingenious Mechanisms for Designers and Inventors - vol. II.



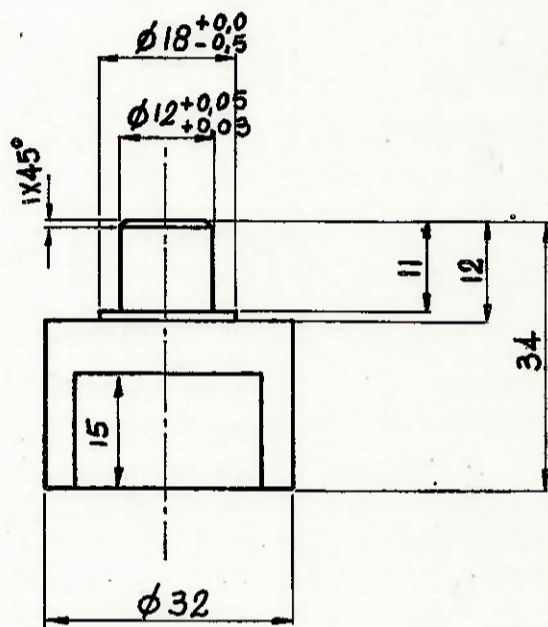
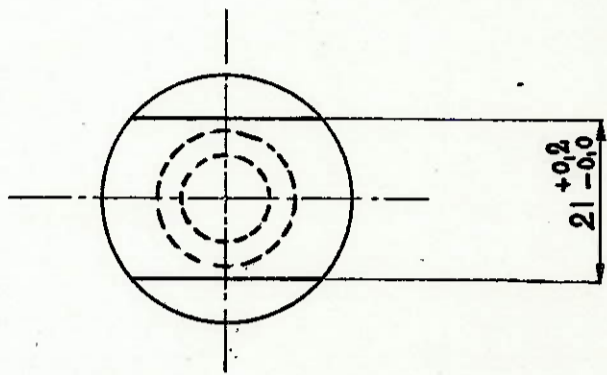
BASE DA TORRE
material: alumínio
quant. 1 peça



BUCHA REGULADORA DA TORRE
material: alumínio
quant. 1 peça



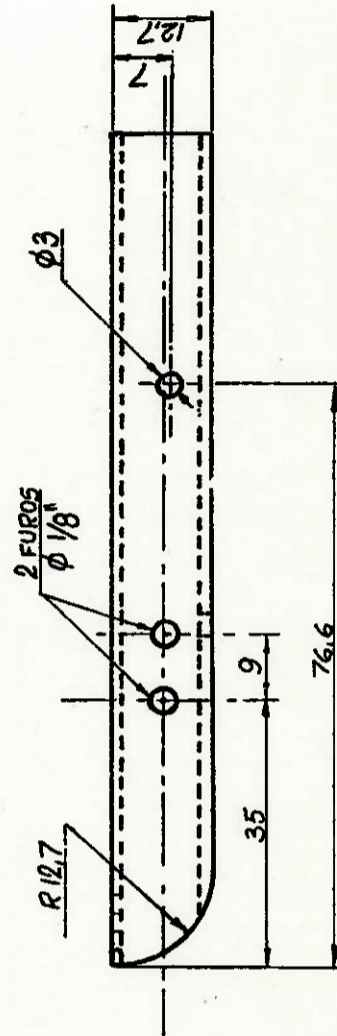
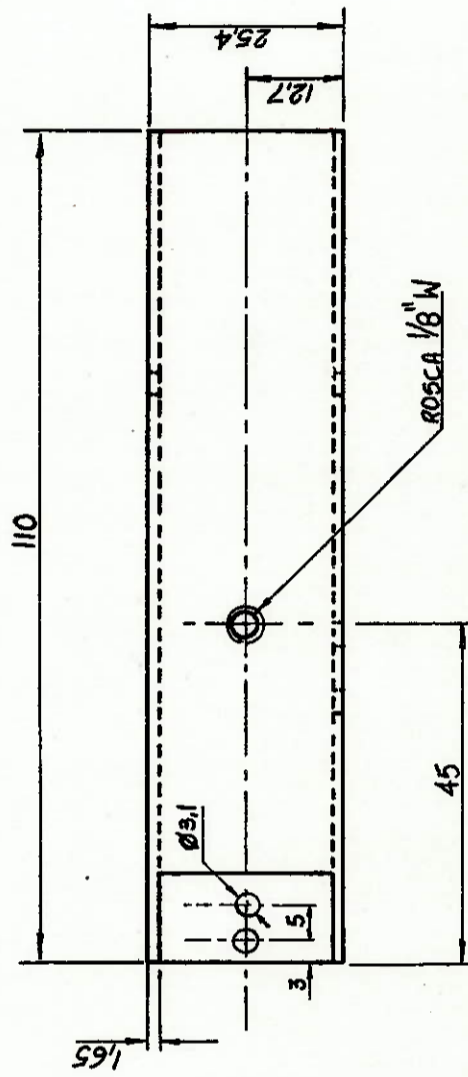
SUPORTE DO ROLAMENTO
material: alumínio
quant. 1 peça



EIXO DE FLEXÃO LATERAL

material: poliamida 6 (nylon)

quant. 1 peça

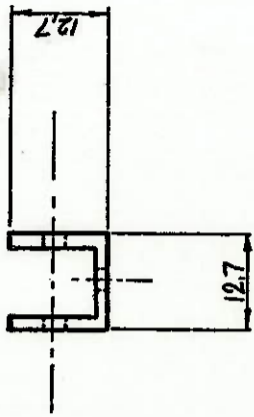
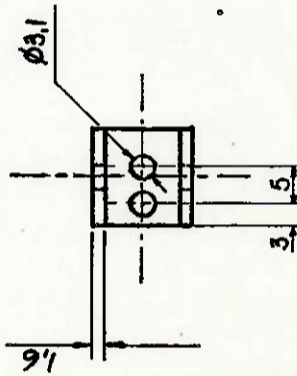
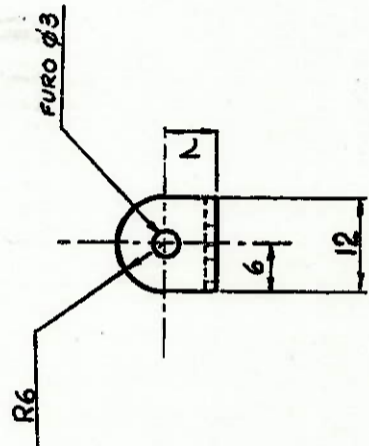


PORTA-COLHER

mat. alumínio

quant. 1 peça

esc. 1:1

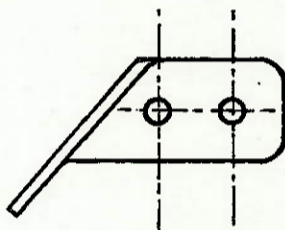
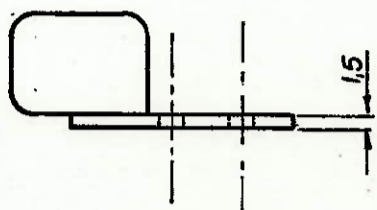


ENCAIXE DA ART. CENTRAL

mat. alumínio

quant. 1 peça

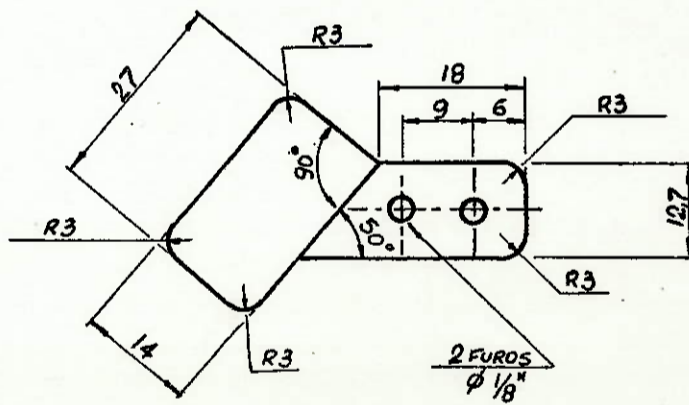
esc. 1:1

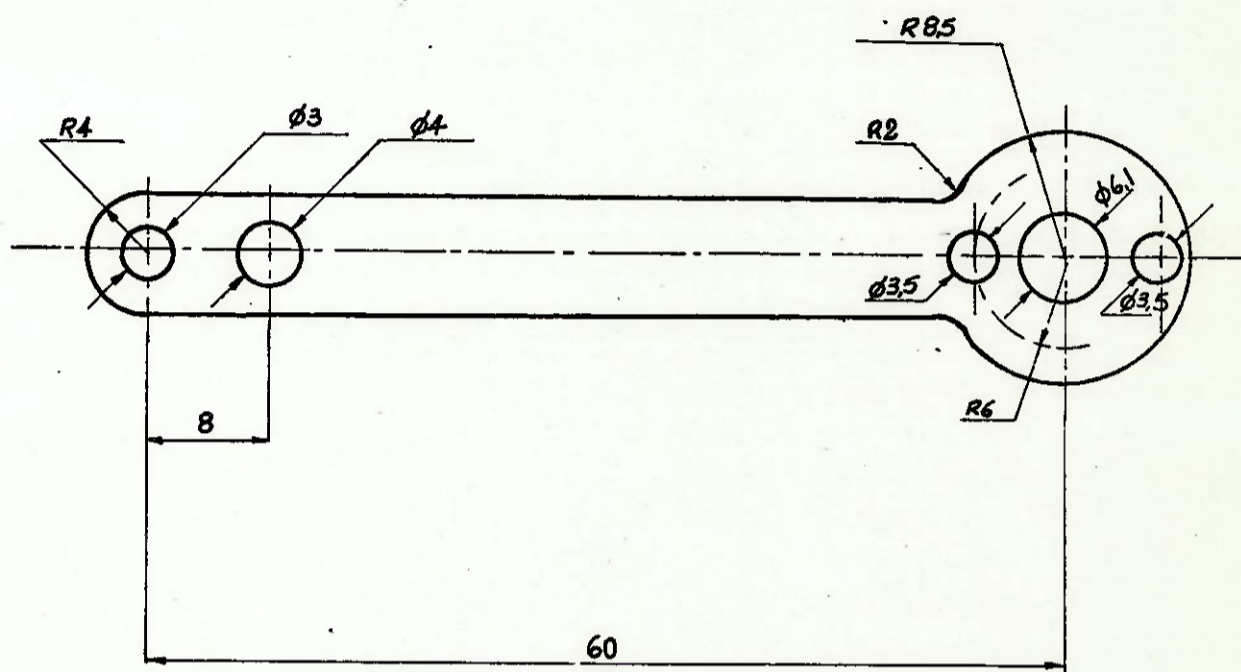


ORELHA

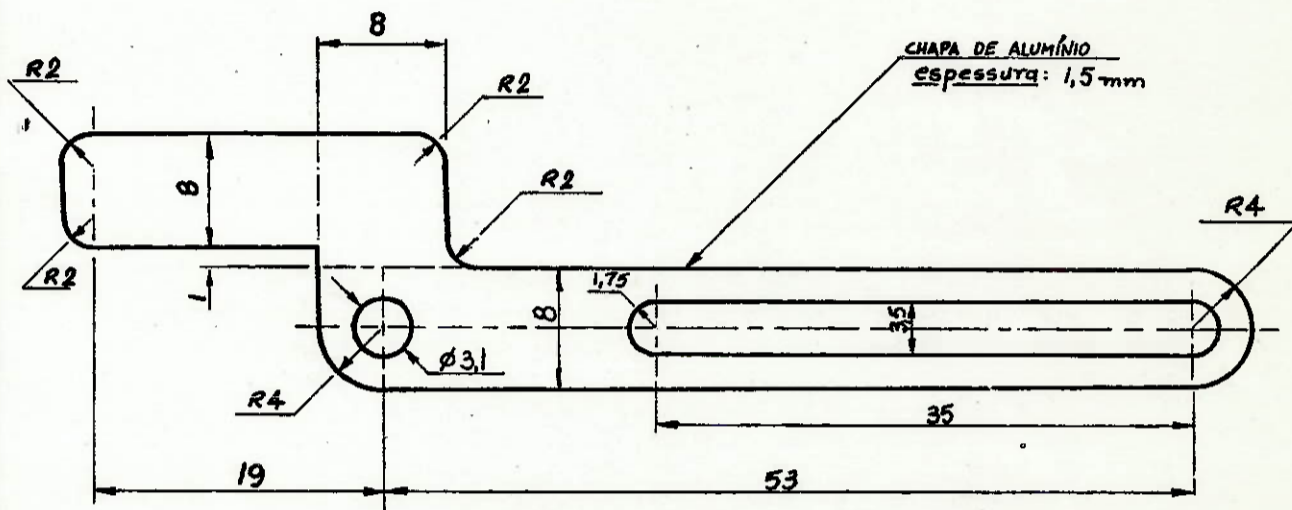
mat. aluminio
quant. 1 peça
esc. 2:1

Desenvolvimento da chapa





HASTE ANGULADORA FIXA
 mat. chapa MSG 20
 quant. 1 peça
 esc. 2:1

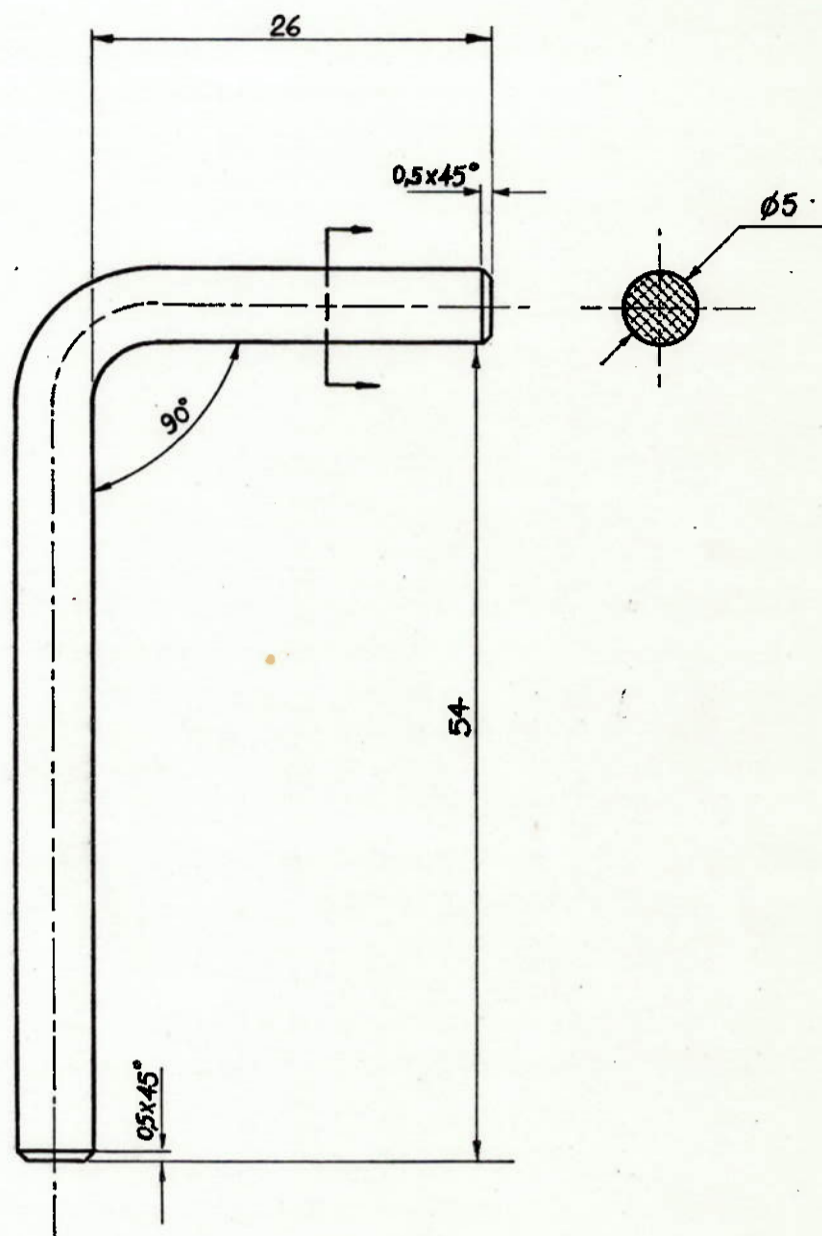


HASTE ANGULADORA MÓVEL

mat. alumínio

quant. 1 peça

esc. 2:1

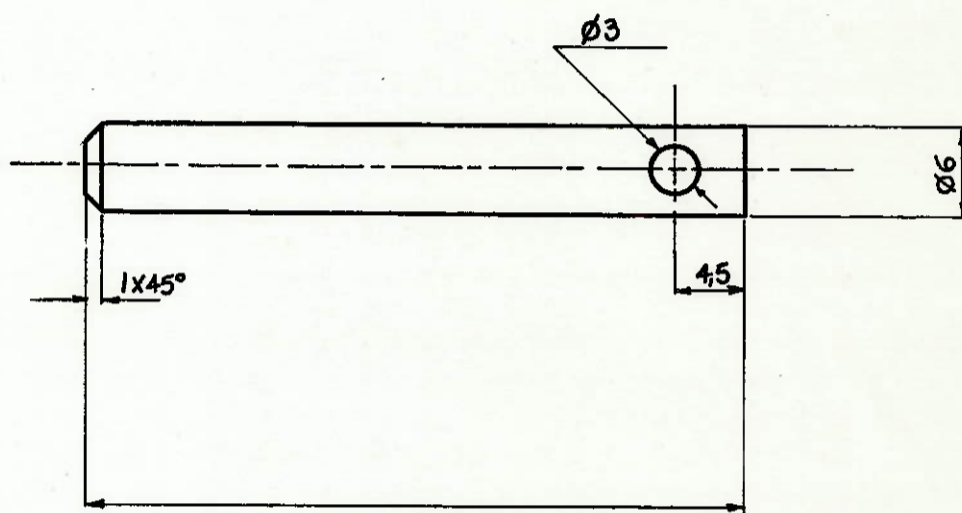


HASTE DE ACIONAMENTO

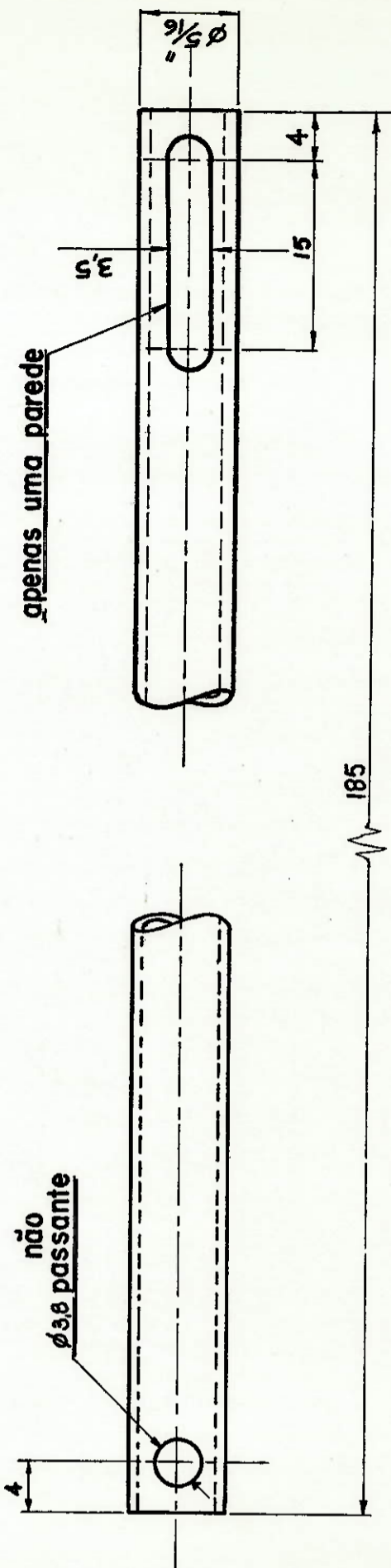
mat. alumínio

quant. 1 peça

esc. 2:1



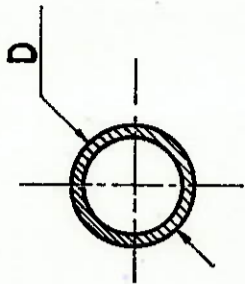
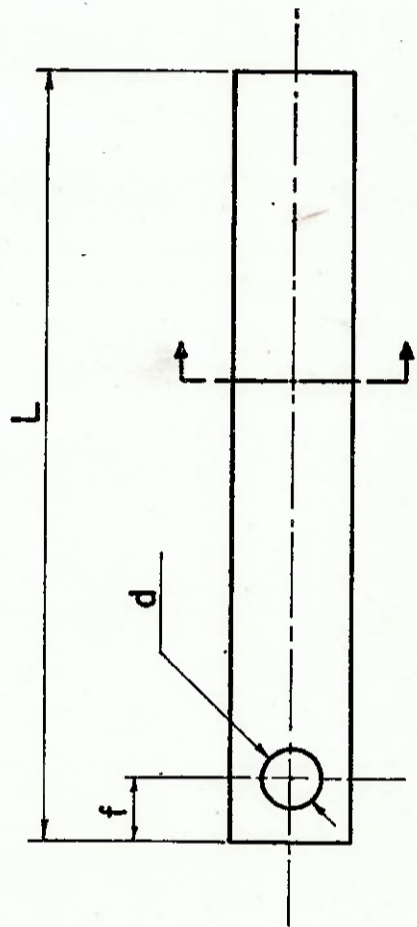
BARRA RETENTORA
mat. alumínio
quant. 1 peça
esc. 2:1



BARRA ALIMENTADORA EXTERNA

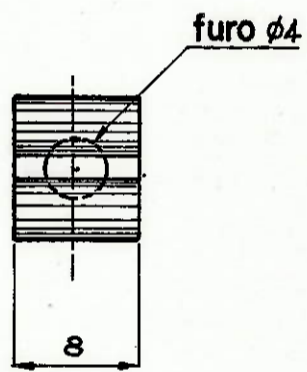
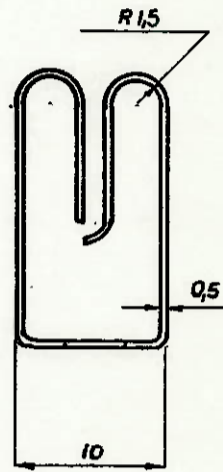
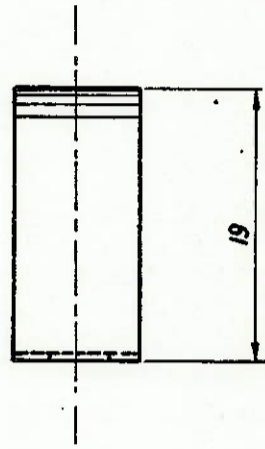
material: alumínio

esc. 2:1

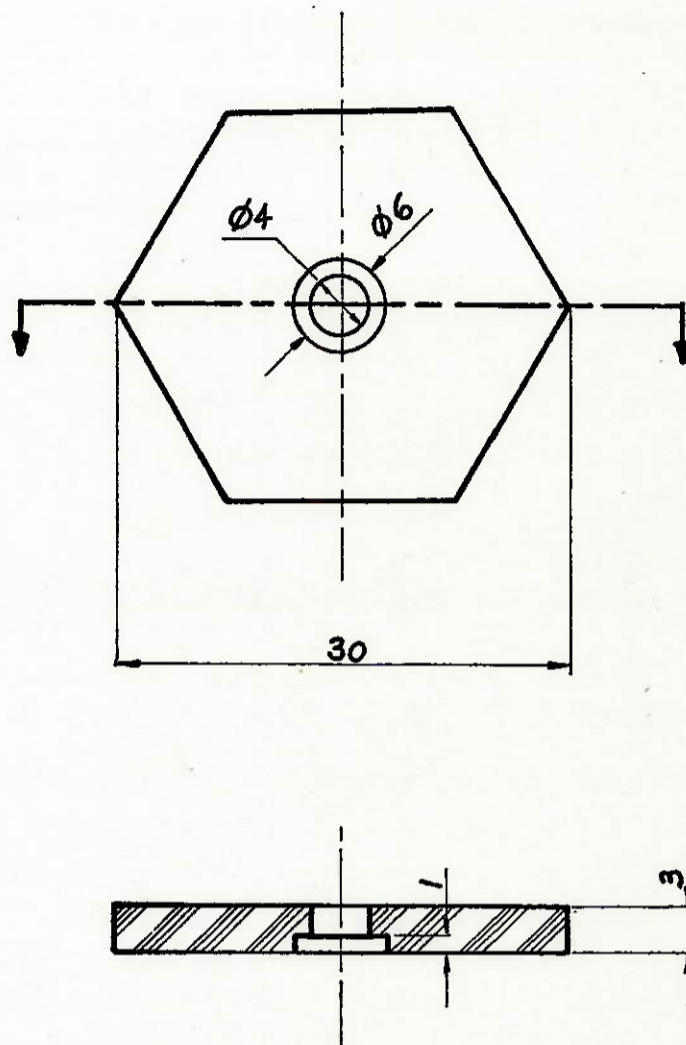


NOME	QTDE.	D	L	f	d
COLUNA DA TORRE	1	1/2"	420	-	-
BARRA ACOPLADORA INTERNA	1	1/4"	360	-	-
" EXTERNA	1	5/16"	180	4	3,8
" INTERMEDIÁRIA INTERNA	1	1/4"	155	-	-
" EXTERNA	1	5/16"	150	4	3,8
" ALIMENTADORA INTERNA	1	1/4"	225	-	-
TUBO REVERSOR	1	5/16"	51	4	3,8
TUBO DISTANCIADOR	1	5/16"	29	4	3,8
COLUNA DA MESA	2	1/2"	75	10	7

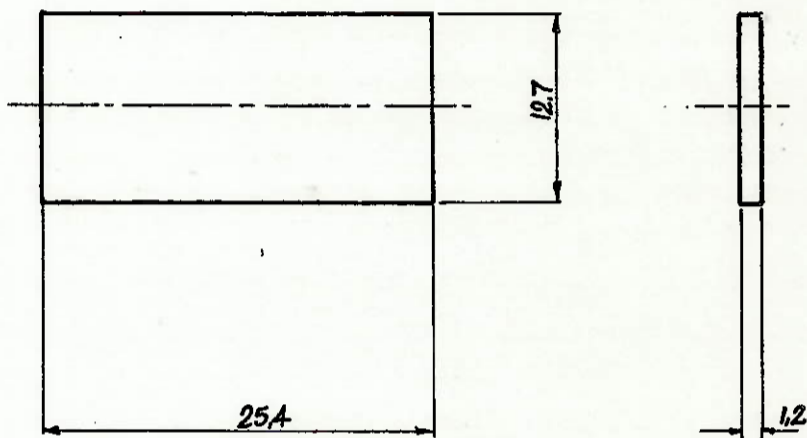
TUBOS DE ALUMÍNIO



TRAVA
mat. cobre niquelado
quant. 1 peça
esc. 2:1



SUPORTE DO EIXO
mat. polietileno
quant. 1 peça
esc. 2:1

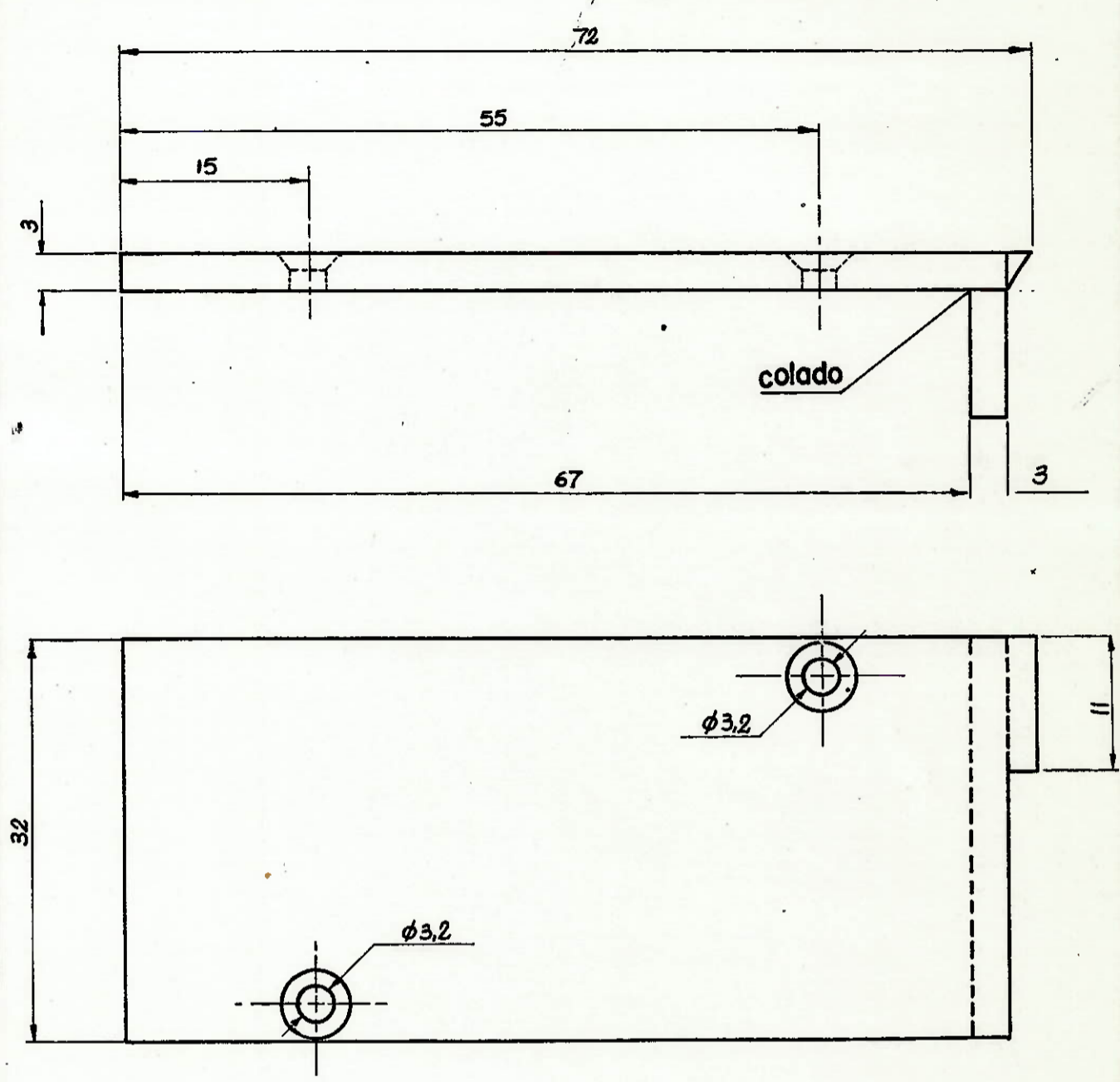


TAMPA TRASEIRA

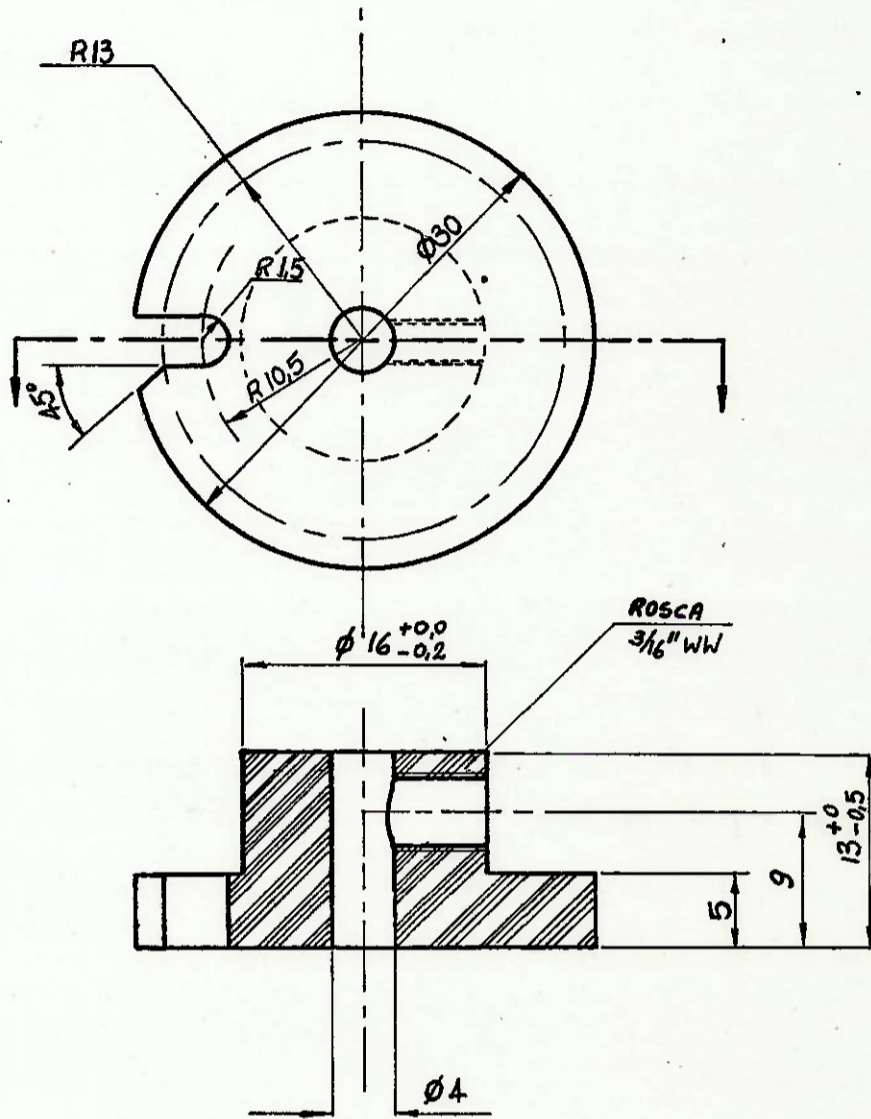
mat. nylon

quant. 1 peça

esc. 21



TAMPA DA TORRE
 mat. polietileno
 quant. 1 peça
 esc. 2:1

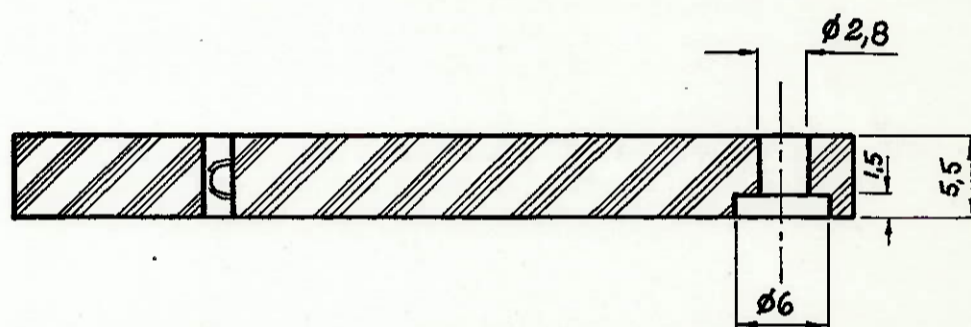
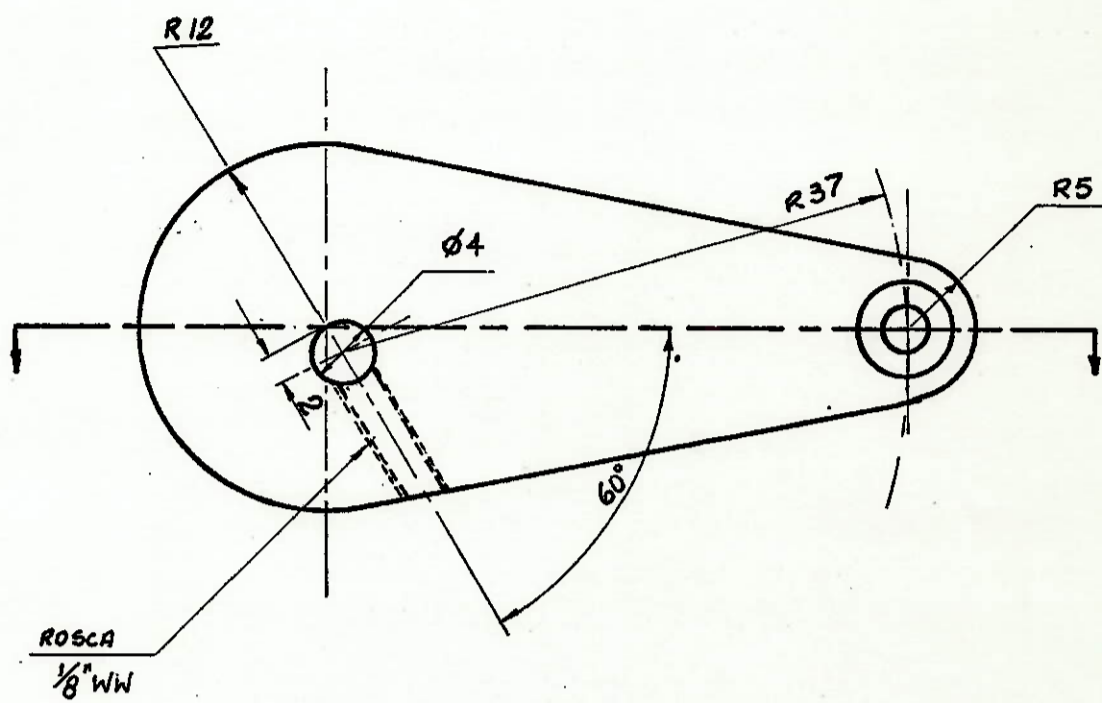


RODA DE GÊNEVA

material: poliamida 6 (nylon)

quant. 1 peça

escala: 2:1

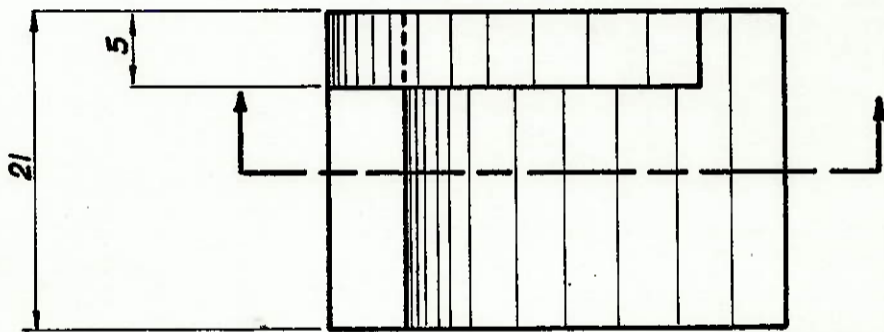
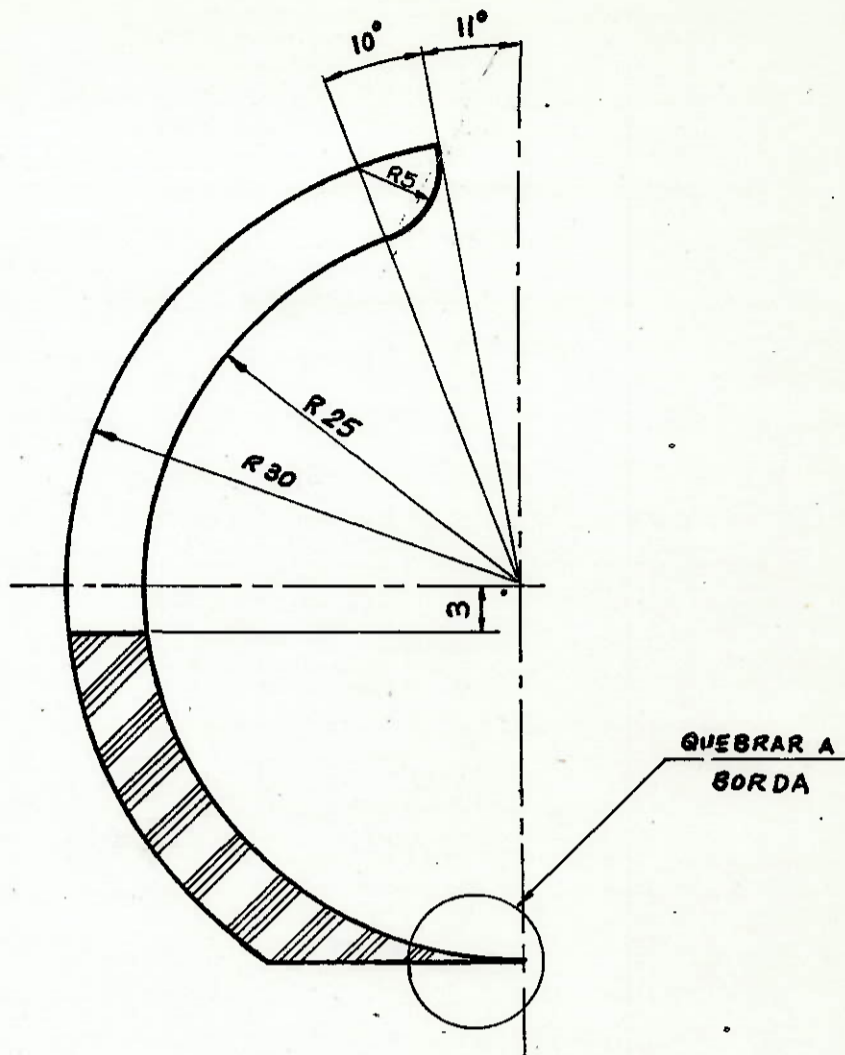


BRAÇO MOTOR

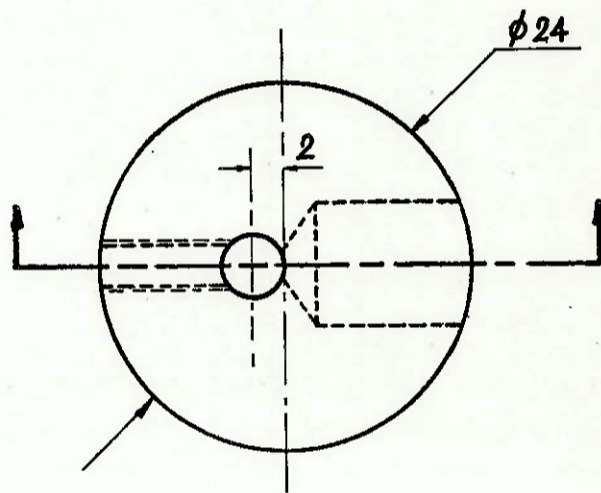
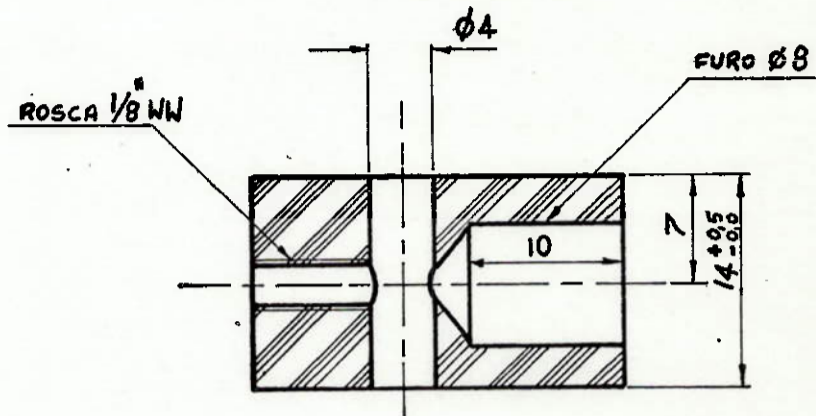
mat. nylon

quant. 1 peça

esc. 2:1



ARCO DE RETENÇÃO
 mat. nylon
 quant. 1 peça
 esc. 2:1

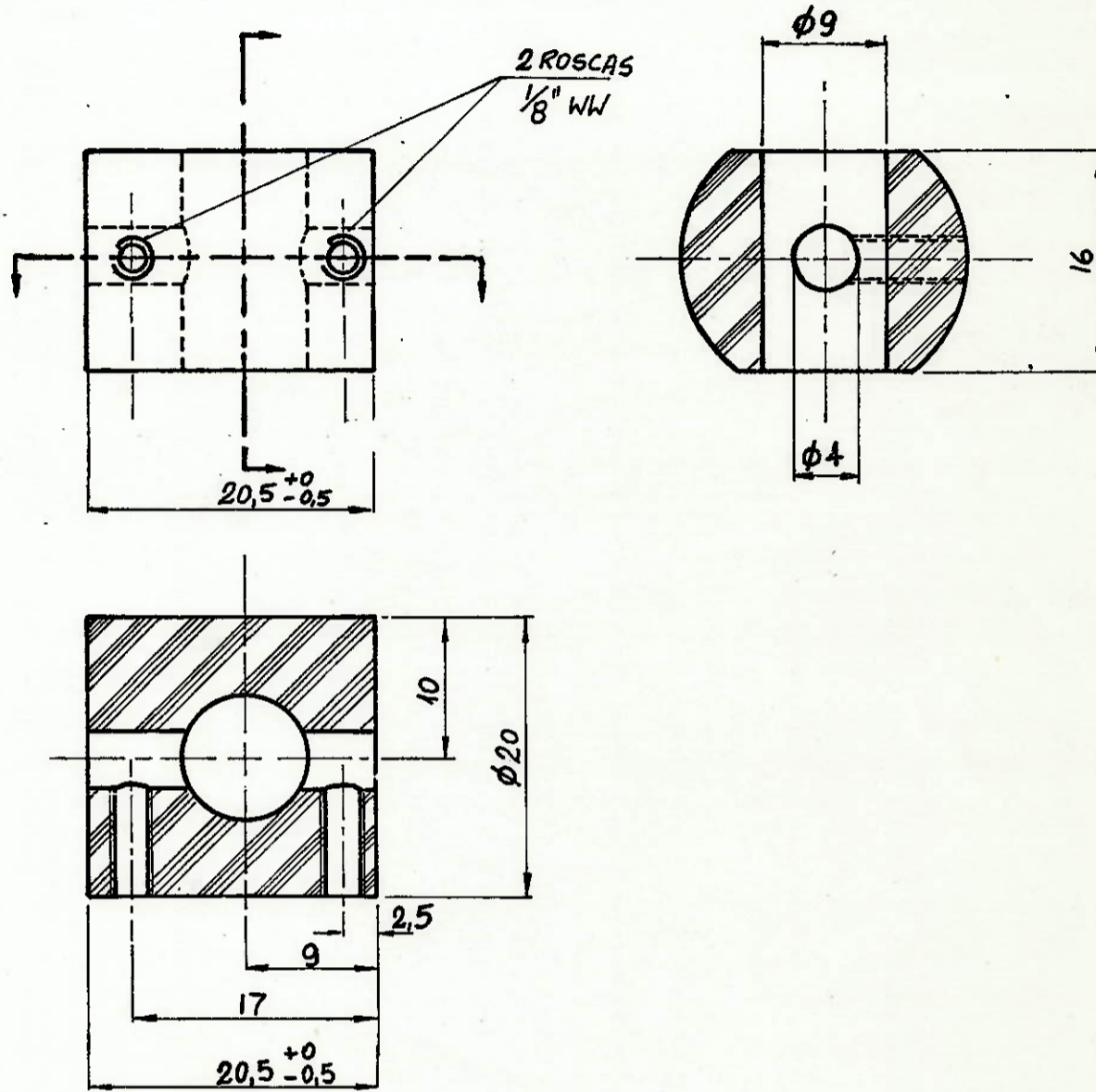


BUCHA DE ACIONAMENTO

mat. nylon

quant. 1 peça

esc. 2:1

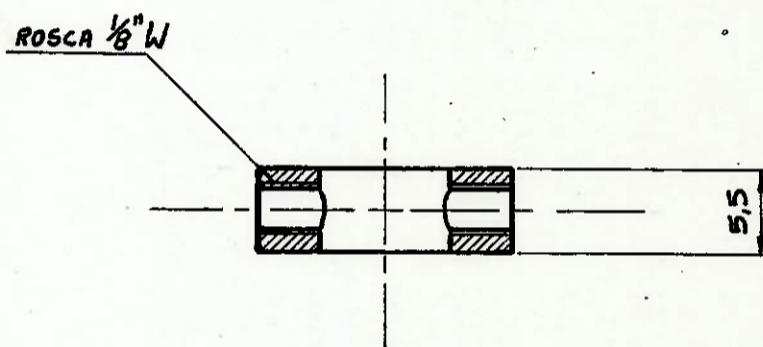
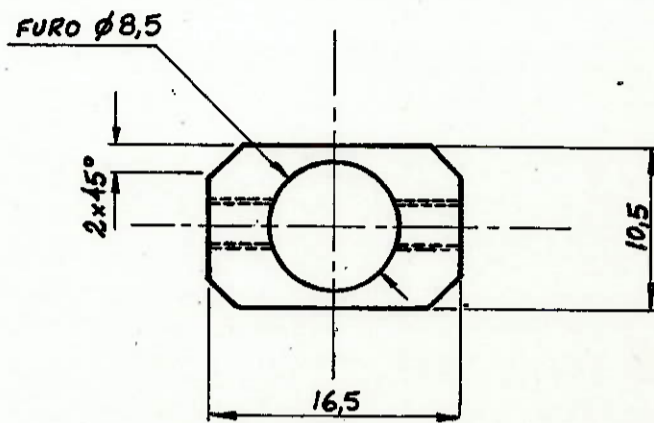


GUIA GIRATÓRIA

mat. nylon

quant. 1 peça

esc. 2:1

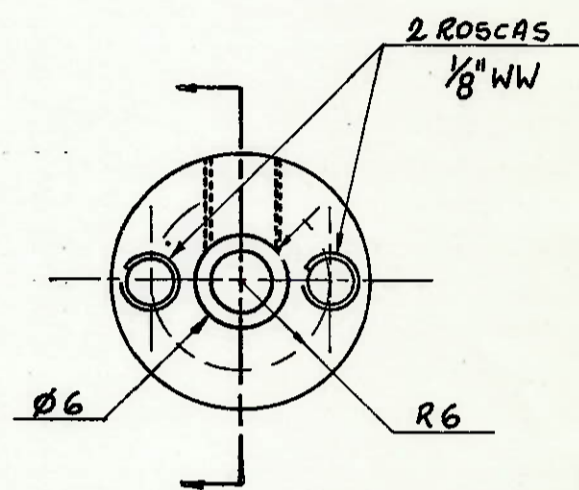
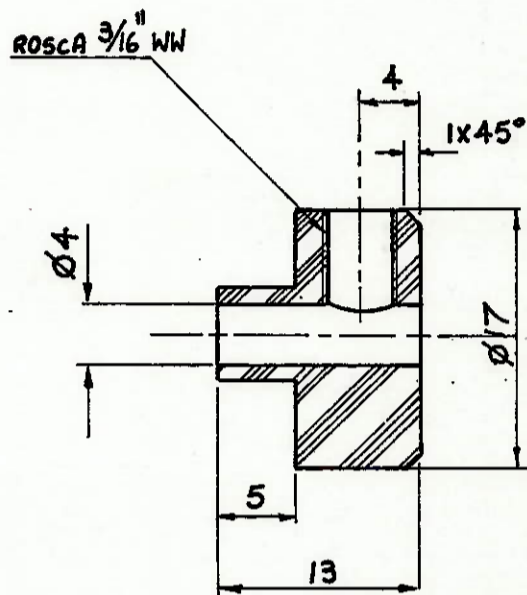


BATENTE AXIAL

mat. nylon

quant. 1 peça

esc. 2:1

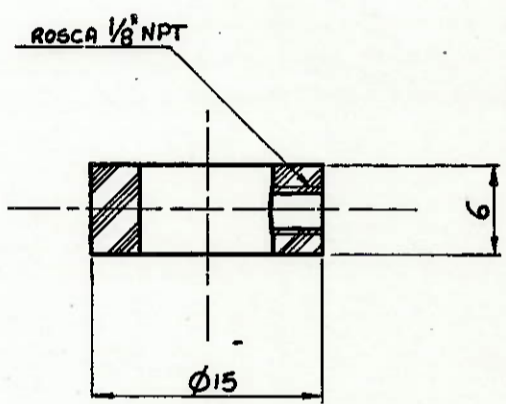
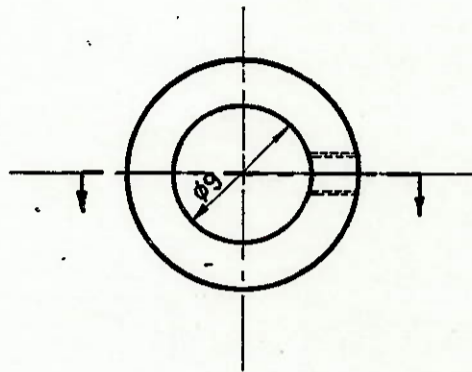


BUCHA ANGULADORA

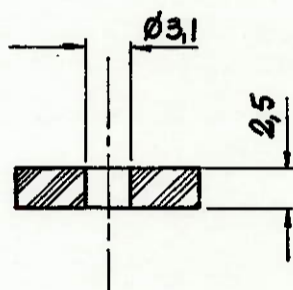
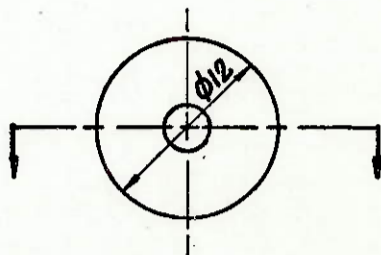
mat nylon

quant 1 peça

esc. 2:1



SUPORTE DA MOLA
mat. nylon
quant. 1 peça
esc. 2:1

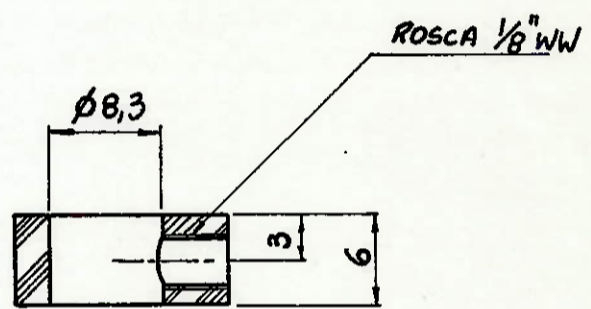
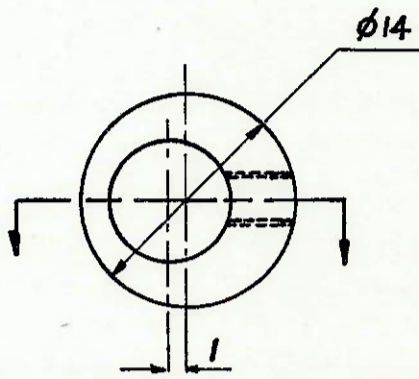


ARRUELA ESPAÇADORA

mat. nylon

quant. 1 peça

esc. 2:1

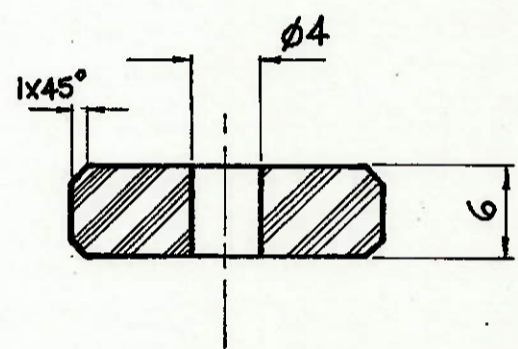
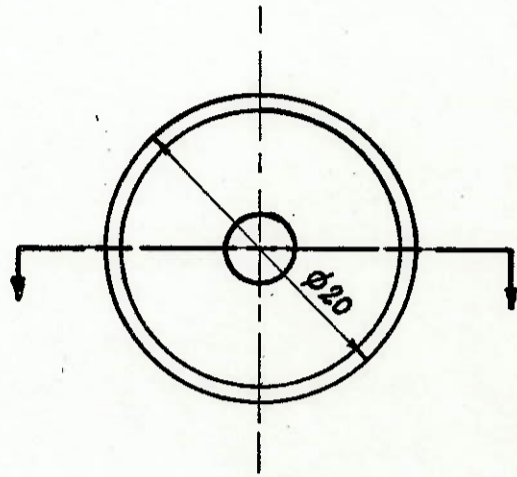


ANEL DE REGULAGEM

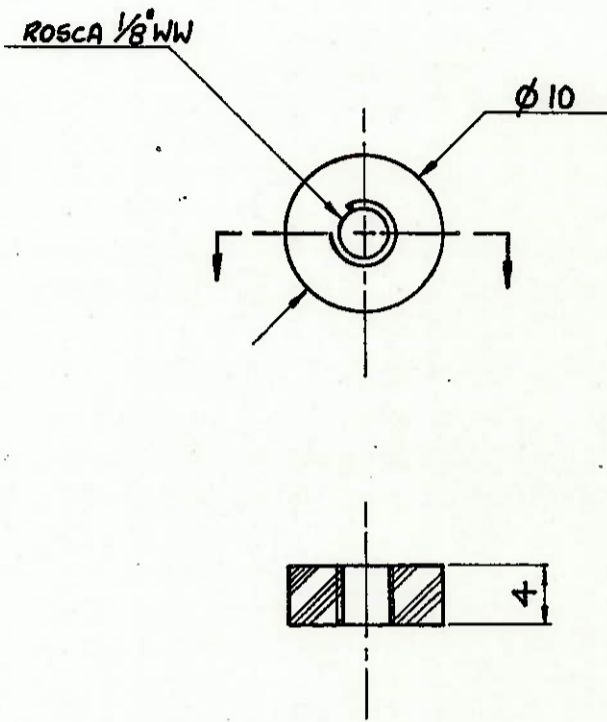
mat. nylon

quant. 5 peças

esc. 2:1



ANEL DE ENCOSTO
mat. nylon
quant. 3 peças
esc. 2:1

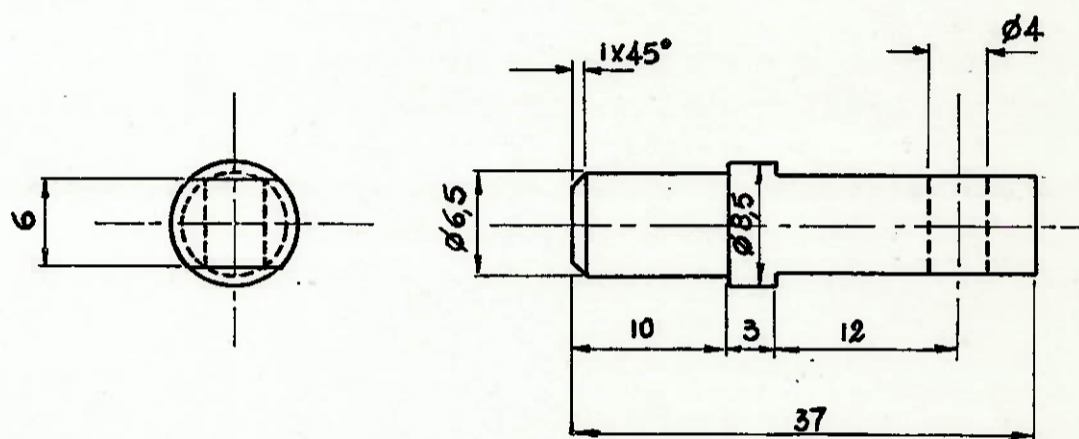


PASTILHA

mat. nylon

quant. 1 peça

esc. 2:1

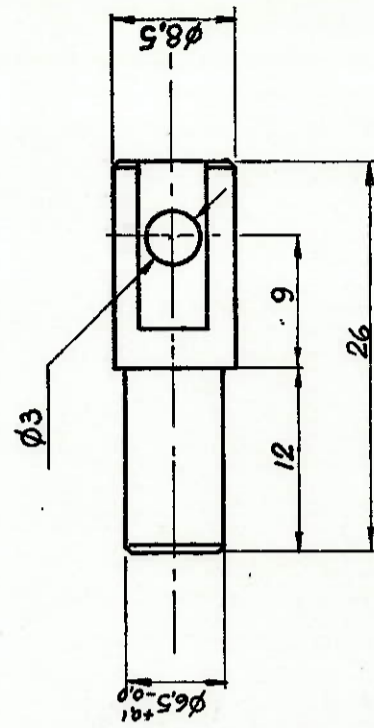


ARTICULAÇÃO DA ACOPLADORA

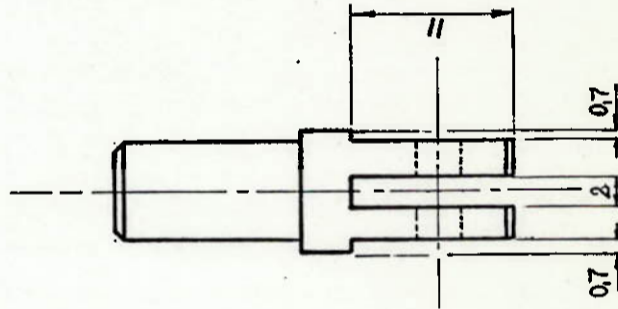
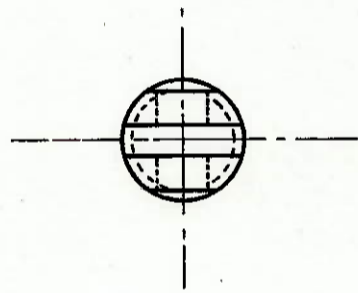
mat. nylon

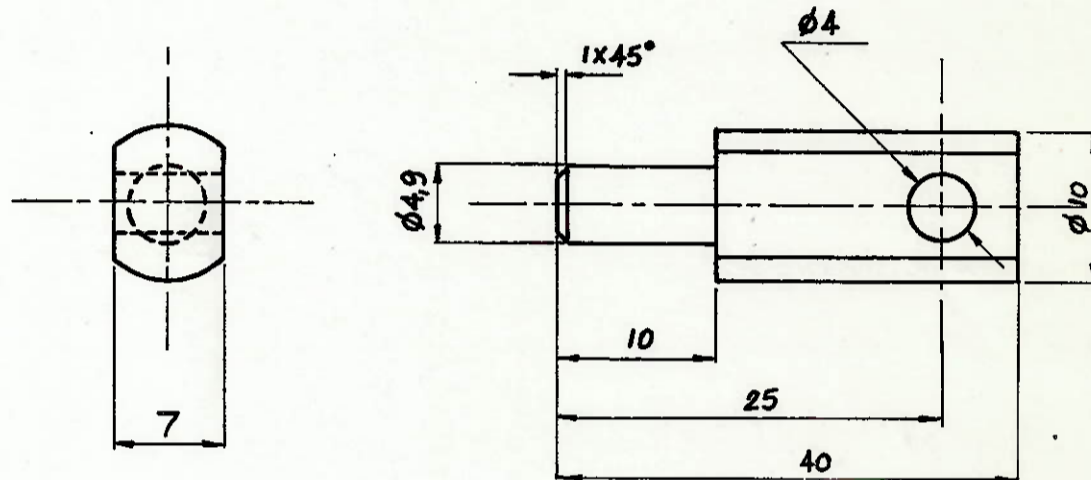
quant. 1 peça

esc. 2:1



ARTICULAÇÃO DA TRAVA
 mat. poliamida 6 (nylon)
 quant. 1 peça
 e escala: 2:1



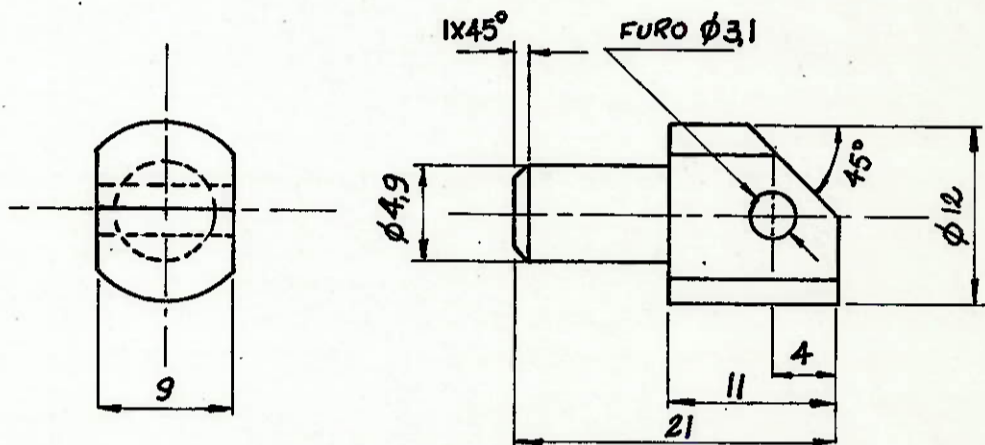


ARTICULAÇÃO DA CABEÇA

mat. nylon

quant. 1 peça

esc. 2:1



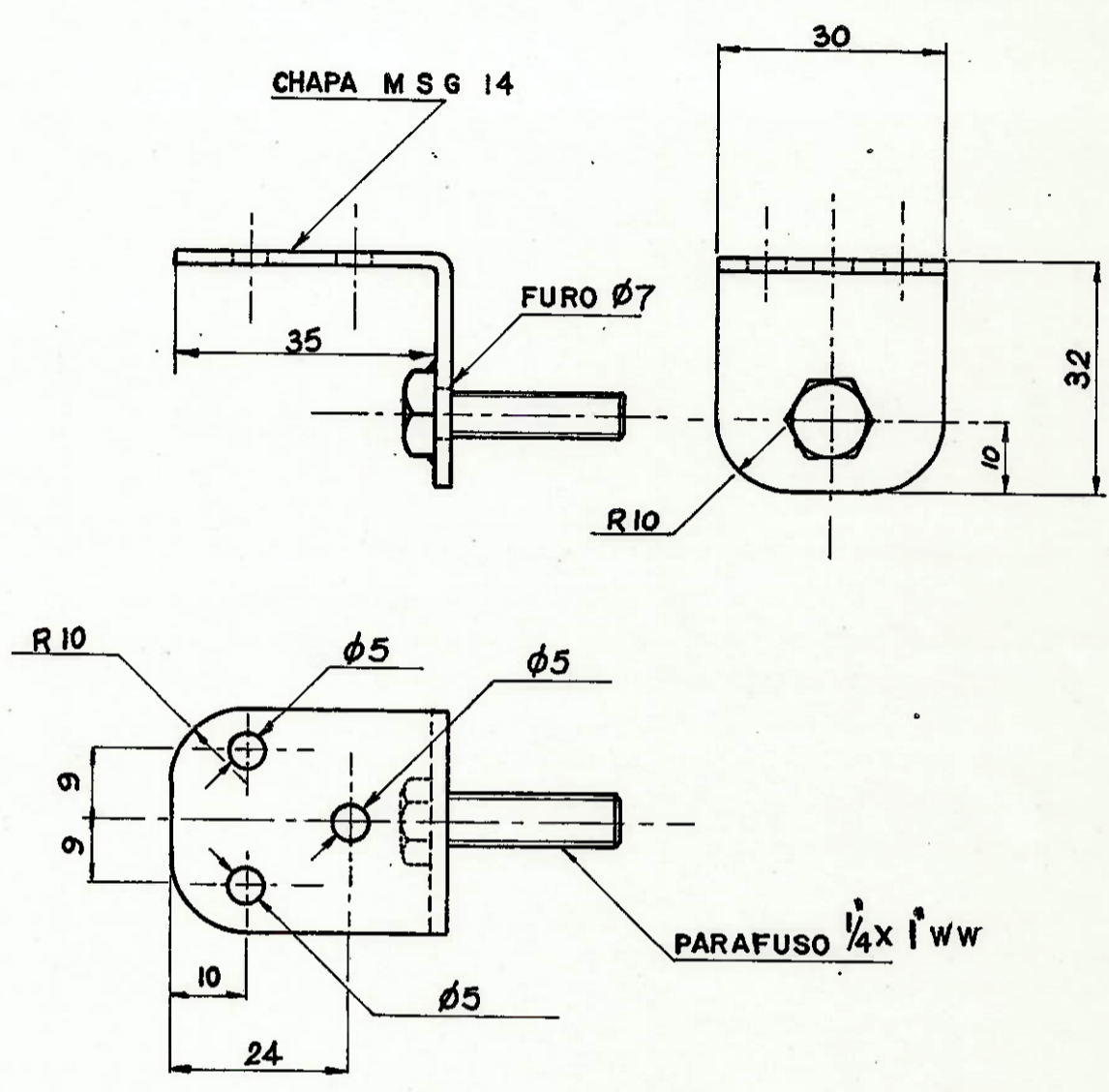
ARTICULAÇÕES DO PORTA-COLHER

mat. nylon

quant. 2 peças

esc. 2:1

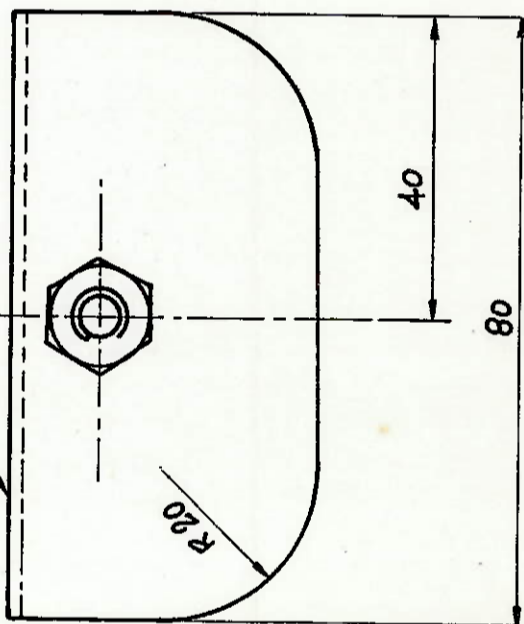
Obs. Apenas uma peça necessita do chanfro de 45°



ARTICULAÇÃO DA MESA
 quant. 2 peças

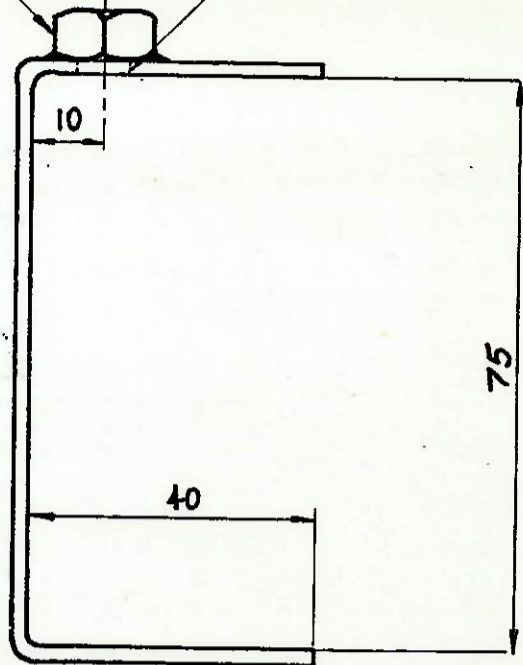


CHAPA MSG 14



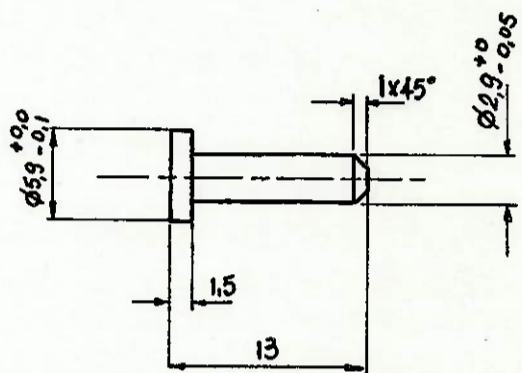
PORCA 5/16 WW

FURO $\phi 7$



SUPORTE DA MESA

quant: 2 peças

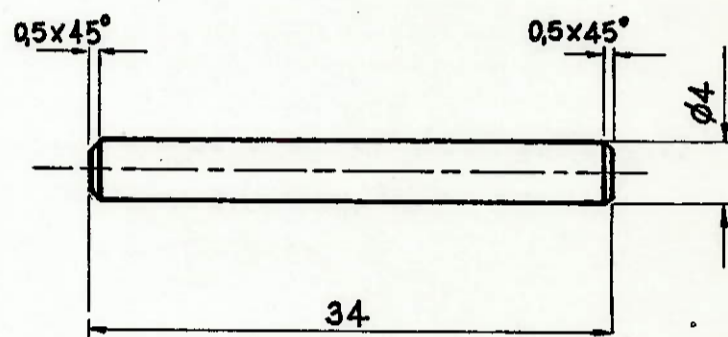


PINO MOTOR
mat. aço inox
quant. 1 peça
esc. 2:1

ATENÇÃO

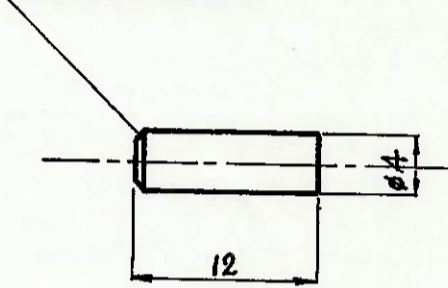
Os eixos e pinos desenhados a seguir são de aço inoxidável e estão na escala 2:1.

Cada desenho equivale a uma só peça.

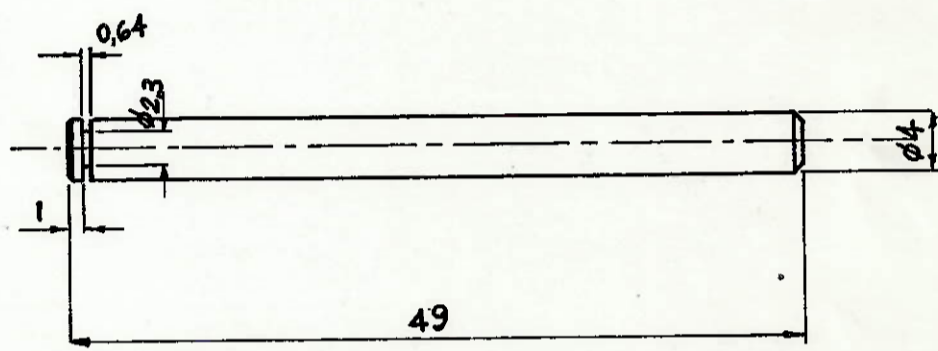


SEMI-EIXO DIREITO

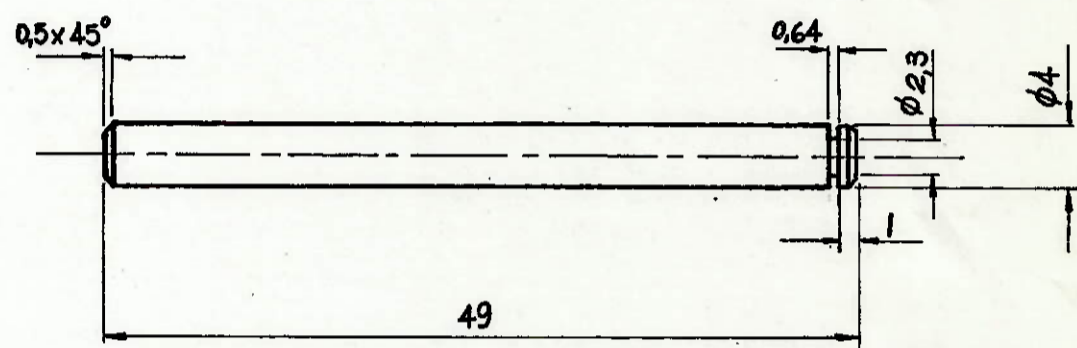
CHANFRAR BORDAS



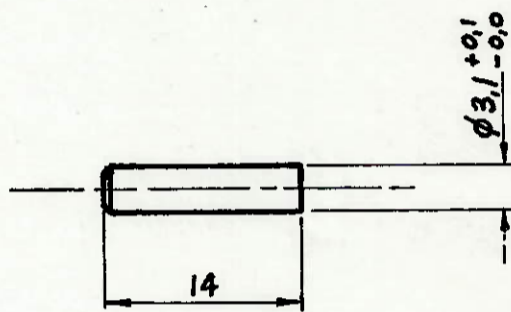
SEMI-EIXO ESQUERDO



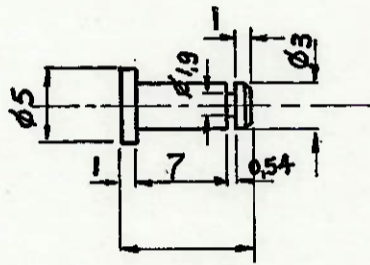
EIXO ANGULADOR



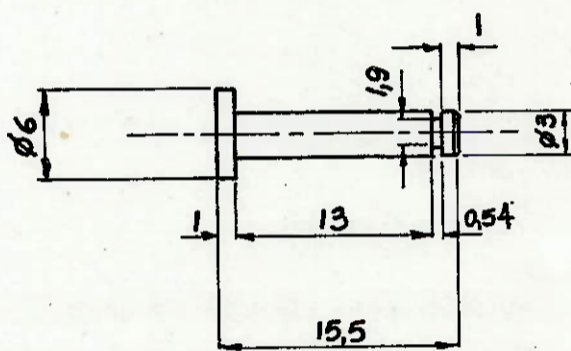
EIXO INTERMEDIÁRIO



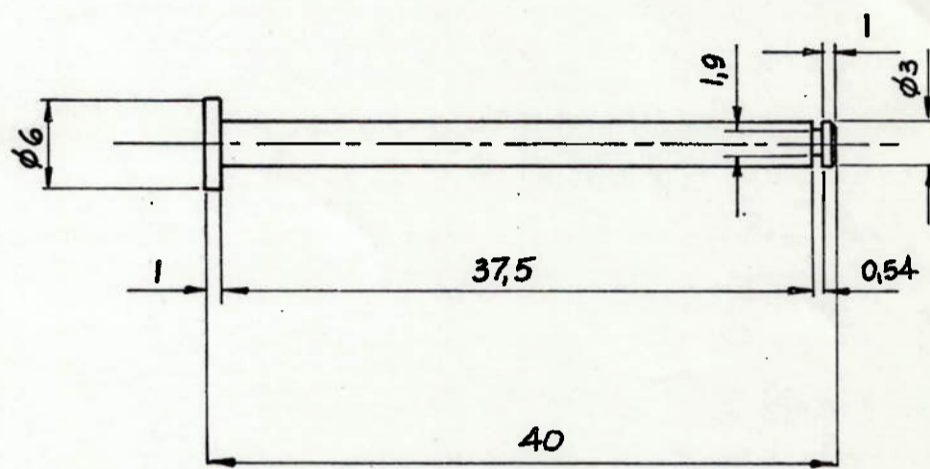
PINO RETENTOR



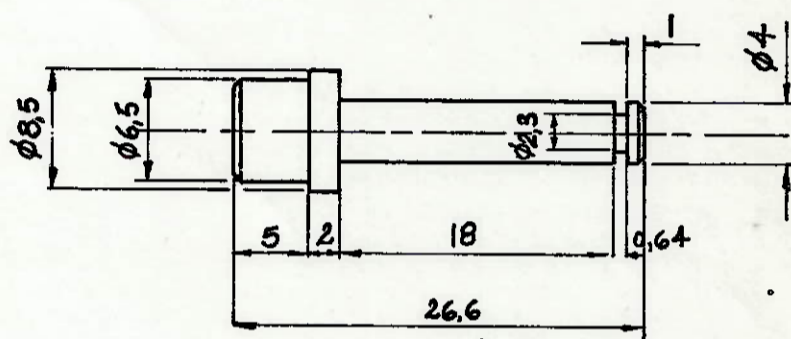
PINO DA ARTICULAÇÃO



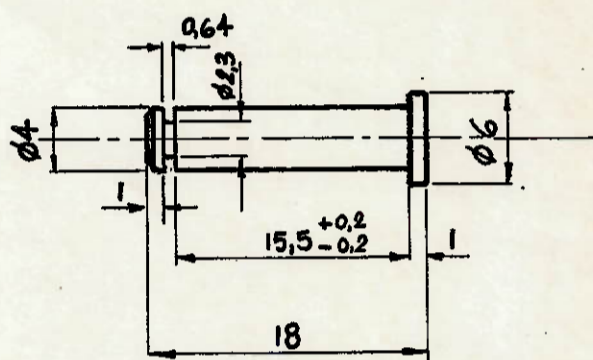
EIXO CENTRAL



EIXO LATERAL



EIXO EMBUTIDO



EIXO DA CABEÇA