

Fausto Kenzo Chinen

nota final 8,8
(oito e oito)
hkm

Sistema portátil de varredura por ultra-som para inspeção
de defeitos em estruturas mecânicas

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do Título de
Engenheiro.

Área de concentração:
Engenharia Mecatrônica

Orientador:
Prof. Dr. Julio Cezar Adamowski

São Paulo
2006

210 229 451
(120 x 150)
(m)

TF.06
24415

DEDALUS - Acervo - EPMN



31600012461

FICHA CATALOGRÁFICA

1574263

Chinen, Fausto Kenzo

Sistema portátil de varredura por ultra-som para inspeção de defeitos em estruturas mecânicas / F.K. Chinen. -- São Paulo, 2006.

p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos.

1.Ensaio não destrutivo 2.Ultrassonografia I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos III.t.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Julio Cezar Adamowski, pela orientação e pelo constante estímulo transmitido durante o trabalho.

À Agência Nacional de Petróleo, pelo apoio financeiro em forma de bolsas através do programa PRH-19.

Aos amigos Andres Choi, Erick Wakamoto Takarabe, Ramon Vieira Canales, Paulo Roberto Godoi de Oliveira, Rodrigo Bellizia Polastro, Rodrigo de Barros Cunha, Sandro Luis Vatanabe e Vitor Pereira Faria pelo apoio e suporte.

À minha família, minha namorada e a todos que colaboraram direta ou indiretamente na execução deste trabalho.

Resumo

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema portátil de varredura para ensaios não destrutivos por ultra-som. Para isto, compreende o desenvolvimento de um dispositivo de varredura em dois eixos, sendo ambos atuados por atuadores eletromecânicos, um sistema de aquisição digital de sinais, um circuito eletrônico pulso-eco, um controlador microprocessado para controlar a varredura, software de controle e processamento de sinais. Tal sistema tem como características principais a portabilidade e a flexibilidade quanto às estruturas ensaiadas. A portabilidade se deve principalmente a um fluxo de água forçado entre a peça ensaiada e o transdutor de ultra-som, formando uma camada de acoplamento acústico. Após o desenvolvimento do sistema, foram realizados experimentos em peças com defeitos artificiais para determinar a precisão da varredura. Assim, obteve-se um sistema que pode ser utilizado em muitas situações onde ensaios não destrutivos convencionais são inviáveis.

Lista de Figuras

Figura 1 - Tanque de imersão	5
Figura 2 - Manipulador 3d do sistema de varredura.....	6
Figura 3 – Janela de escolha de placa de aquisição.....	7
Figura 4 – Janela de configuração de varredura	7
Figura 5 – Janela de configuração de sinal com opção de prévia do sinal expandida.....	8
Figura 6 – Janela de configuração de trigger do sinal.....	8
Figura 7 – Janela de configuração avançada da aquisição.....	9
Figura 8 – Estrutura do transdutor em vista isométrica	10
Figura 9 – Modelo físico do sistema de movimentação secundária	11
Figura 10 – Diagrama de corpo livre do sistema de movimentação secundária ...	12
Figura 11 – Diagrama de forças para mola em melhor caso.....	13
Figura 12 – Diagrama de forças para mola em pior caso.....	13
Figura 13 - α máximo	14
Figura 14 – Estrutura principal em vista isométrica.....	16
Figura 15 – Vista da estrutura guia	17
Figura 16 – Mocreontrolador BL1800 Jackrabbit.....	18
Figura 17 – Esquema de fluxo de dados pelo sistema.....	19
Figura 18 – Foto do driver de motores de passo.....	19

Sumário

1.	Introdução.....	2
2.	Motivação	2
3.	Projeto	3
4.	Software de Aquisição de Sinais e Interface com Usuário	5
5.	Projeto Mecânico	9
5.1.	Aspectos gerais.....	9
5.2.	Dimensionamento	10
5.2.1.	Estrutura do transdutor	10
5.2.2.	Motor do eixo secundário.....	11
5.2.3.	Estrutura principal	15
5.2.4.	Estrutura guia.....	16
5.3.	Desenhos técnicos.....	17
6.	Microcontrolador.....	17
7.	Eletrônica de Acionamento e Sensoriamento.....	18
8.	Conclusão.....	20
9.	Referências Bibliográficas	21
	Apêndice A - Desenhos Técnicos de Fabricação	22
	Apêndice B – Tabela de Peças.....	53
	Apêndice C – Desenhos Técnicos de Montagem	56
	Apêndice D – Desenhos Técnicos de Conjunto.....	65

1. Introdução

Ensaaios não destrutivos são maneiras de realizar teste em peças sem danificá-las, sendo uma ótima maneira de melhorar a manutenção preventiva de peças importantes, determinando onde existem falhas mecânicas internas que podem se tornar sérias. Ensaaios não destrutivos por ultra-som são muito utilizados na indústria.

Um modo de utilizar ondas de ultra-som para detectar falhas mecânicas é realizar varreduras com um transdutor de ultra-som, fazendo com que este emita um pulso em vários pontos conhecidos, adquirindo o sinal refletido ou refratado e analisando-o com base em modelos testados e comprovados.

Este trabalho de conclusão de curso visa projetar e implementar um sistema portátil para realizar varreduras de ultra-som em peças como uma pá de geradores de energia eólica, onde não é possível transportar a peça a um laboratório nem utilizar um tanque convencional de varredura, dadas as proporções da peça. Além disto, o projeto prevê a utilização de dispositivos que podem ser utilizados em praticamente qualquer computador, controlando a varredura através deste e armazenando os dados no mesmo.

2. Motivação

A necessidade da utilização de ensaios não destrutivos é decorrente de vários fatores tais como economia de peças, possibilidade de realização do ensaio no local da instalação dado que a peça pode não precisar ser consertada ou substituída e economia em gastos logísticos quando se deve transportar a peça a ser ensaiada a um local próprio de testes.

A portabilidade do sistema traz, além da economia de gastos logísticos, maior acessibilidade para a indústria a tais recursos e maior exposição para os ensaios, visto que estes podem ocorrer fora de laboratórios.

3. Projeto

O projeto pode ser dividido em algumas partes principais para melhor desenvolvimento:

- Dispositivo mecânico:

Um dispositivo com rodas que se movimenta sobre a peça ensaiada atuado por um motor de passo e um sistema movido por outro motor de passo que realiza a varredura no eixo perpendicular ao movimento principal através de correia sincronizadora. Esta liga o motor a um patim que corre sobre uma guia linear. Neste patim é fixado um dispositivo mecânico secundário que visa manter o transdutor constantemente perpendicular à superfície da peça ensaiada a uma distância fixa.

Este dispositivo mecânico secundário tem dois graus de liberdade angulares e um translacional, podendo sua posição ser definida por um plano, que no caso é o plano da superfície aferida. Para que isto ocorra, uma mola empurra o transdutor e seu acoplador contra a superfície da peça, definindo uma posição em distancia constante à peça, sempre em direção normal à mesma.

- Transdutor de ultra-som e Acoplador

O transdutor de ultra-som é composto por uma cerâmica piezoelétrica cuja frequência natural de vibração é de ultra-som. O transdutor também tem uma camada de "backing" no lado de trás da cerâmica que atenua o sinal nessa direção, uma vez que o sinal importante é o da frente. Além disso, o transdutor também possui terminais que são usados como entrada ou saída de sinal.

O acoplador do transdutor é uma borracha de silicone em uma estrutura de nylon. A borracha age como uma linha de atraso para evitar a superposição das múltiplas reflexões da superfície da peça com os ecos de interesse. A estrutura, além de unir a borracha ao transdutor, possui uma

entrada de água e várias saídas em volta da borracha para que se forme um fino filme de água entre o acoplador e a peça quando a mola força o contato, agindo como camada de acoplamento acústico entre a borracha e a peça, além de reduzir o atrito.

- Eletrônica de acionamento e sensoriamento

Drivers de motor de passo são utilizados para acionar os motores do dispositivo. O driver que controla o movimento principal atua em malha fechada com um encoder incremental. Já o driver que controla o movimento secundário atua em malha aberta. Os sinais que controlam os drivers são gerados em um microcontrolador que também lê o encoder através de uma placa específica, fechando a malha principal.

Um pulsador é utilizado para alimentar o transdutor com um pulso de tensão sempre que detectar um sinal de trigger, proveniente do microcontrolador.

Um amplificador é necessário para que o sinal seja condicionado de forma que a aquisição seja suficientemente precisa.

- Microcontrolador

Um microcontrolador centraliza as informações de varredura e emite os sinais de comando para o driver e para o pulsador. O microcontrolador se comunica serialmente com um PC para obter dados da varredura.

- Computador

Um PC comum realiza a interface com o usuário, configura a aquisição se comunicando com o sistema de aquisição de sinais, configura a varredura se comunicando com o microcontrolador e armazena os dados dos sinais digitalizados pelo sistema de aquisição de sinais.

- Sistema de aquisição de sinais

O sistema de aquisição de sinais configurado pelo PC adquire o sinal condicionado pelo amplificador e envia o sinal digitalizado para o PC. Em

geral é uma solução fechada disponível comercialmente ou feita sob encomenda.

4. Software de Aquisição de Sinais e Interface com Usuário

Foram estudadas várias formas de aquisição sinais para ultra-som, sendo duas placas da National Instruments NI5112PCI e NI5102USB e uma feita sob encomenda, utilizando a plataforma PC-104, sendo a taxa de aquisição máxima de cada uma 100MS/s, 20MS/s e 100MS/s, respectivamente.

Para a NI5112PCI foi desenvolvido um software de configuração de aquisição e de controle da varredura, sendo testada e utilizada com o sistema de varredura existente no laboratório, mostrado abaixo.

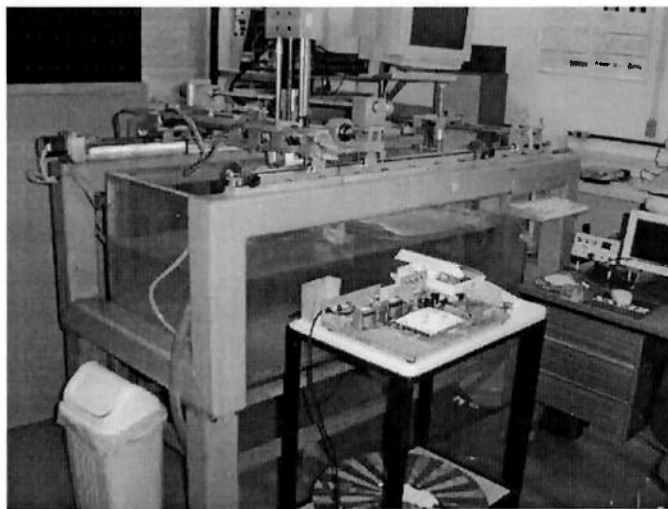


Figura 1 - Tanque de imersão

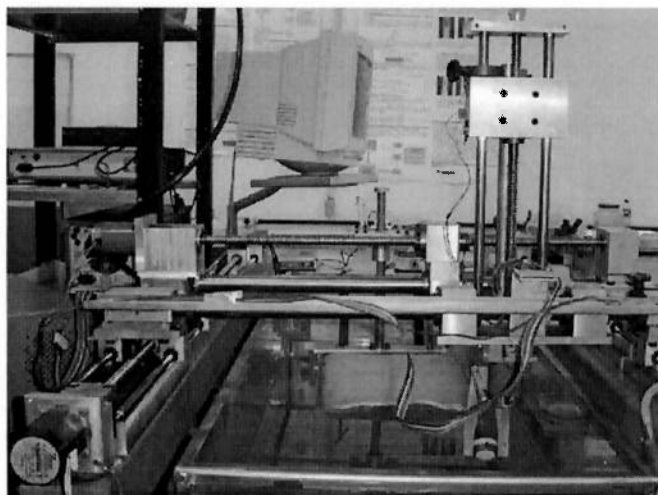


Figura 2 - Manipulador 3d do sistema de varredura

Foi estudada a possibilidade da utilização da placa para PC-104, auxiliando os alunos Erick Wakamoto Takarabe e Ramon Vieira Canales no desenvolvimento do software de aquisição para o sistema. Porém, com a entrega da placa NI5102USB que pode ser utilizada em um PC comum, passou-se a trabalhar no desenvolvimento de um software de configuração de aquisição e controle de varredura que ofereça suporte à NI5112PCI e à NI5102USB. A utilização da placa com interface USB era interessante pois a placa de aquisição com interface Ethernet ainda não foi entregue, sendo mais seguro para o andamento do projeto admitir a utilização de uma placa já existente no laboratório.

No entanto, após completado o software de controle de varredura e aquisição de sinais, constatou-se que a placa não responde tão rápido como desejado. Ensaios em laboratório concluíram que para um sinal de 1000 pontos a 10MS/s, o tempo para uma aquisição completa é de cerca de 100ms, muito superior ao tempo máximo pretendido que é de cerca de 1ms.

Como o software programado é compatível tanto com a placa NI5112PCI quanto com a NI5102USB, decidiu-se por utilizar a placa NI5112PCI, abrindo mão de parte da portabilidade a placa com interface USB traria para que a varredura ocorra cerca de 100 vezes mais rápida. Se for desejável futuramente a utilização

de outro sistema de aquisição de sinais, como a placa com interface Ethernet, poderão ser feitas facilmente adaptações ao software para compatibilizar o mesmo à placa.

O software que está em fase de finalização foi baseado no programa utilizado no manipulador 3d, sendo também programado em C++. Exemplos de telas da interface com o usuário são mostradas abaixo:

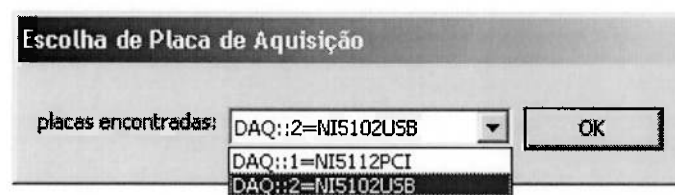


Figura 3 – Janela de escolha de placa de aquisição

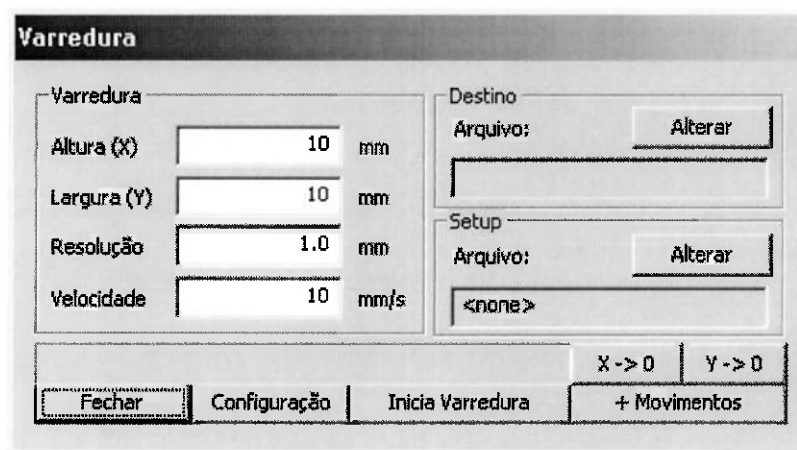


Figura 4 – Janela de configuração de varredura

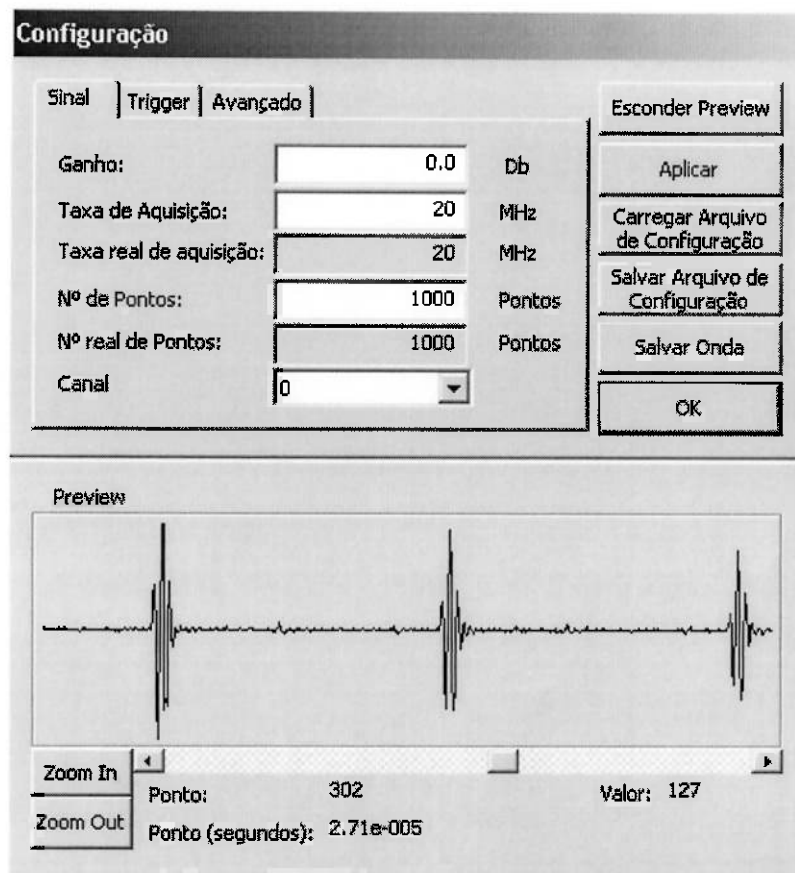


Figura 5 – Janela de configuração de sinal com opção de prévia do sinal expandida

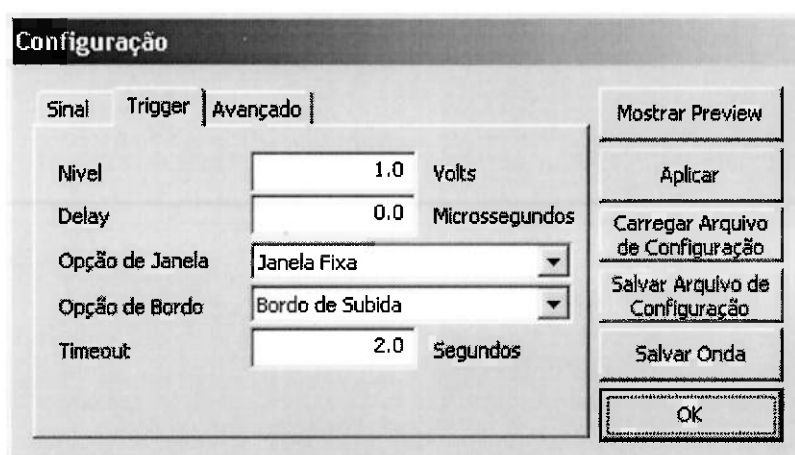


Figura 6 – Janela de configuração de trigger do sinal

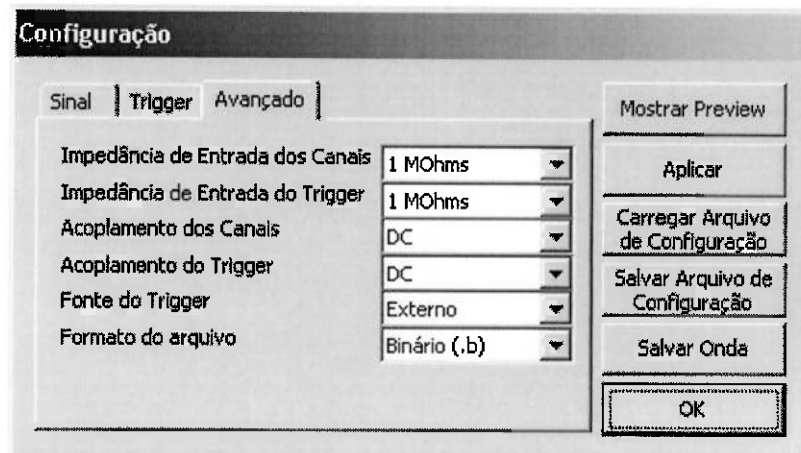


Figura 7 – Janela de configuração avançada da aquisição

5. Projeto Mecânico

5.1. Aspectos gerais

Em discussão com o professor orientador, decidiu-se que o dispositivo teria uma guia de dimensões de 2.5m a 6m fixada à peça por grampos ou ventosas ligadas a uma bomba de vácuo. Sobre esta guia correria uma estrutura onde haveria um motor que moveria uma roda em contato com a guia, além de uma haste ligando a estrutura em questão à estrutura principal.

A estrutura principal seria dotada de três rodas sendo uma delas responsável pela rotação de um encoder fixado também na estrutura. Nesta estrutura estaria fixada uma guia linear cujo patim seria atuado por um motor de passo através de uma correia sincronizadora. Nesta patim seria fixado uma estrutura secundária para manter o transdutor em contato com a peça ensaiada.

Decidiu-se que o curso do eixo secundário seria 150mm. O dispositivo deveria funcionar em qualquer direção, desde que o raio de curvatura da superfície não seja menor que 1m. Foi adotada como velocidade máxima 50mm/s com tempo de aceleração mínimo de 0.1s

5.2. Dimensionamento

5.2.1. Estrutura do transdutor

Foi projetada a estrutura do transdutor de forma a ter espaço para acoplamento de correia de movimentação assim como espaço para fixar o tubo de bombeamento de água. O projeto visou peças simples para facilitar a manufatura. Desta forma, obteve-se uma estrutura com cerca de 0.6kg ao total, sendo que o transdutor contribuiu com cerca de 360g.

Uma vista isométrica do modelo em CAD da estrutura é mostrada a seguir.

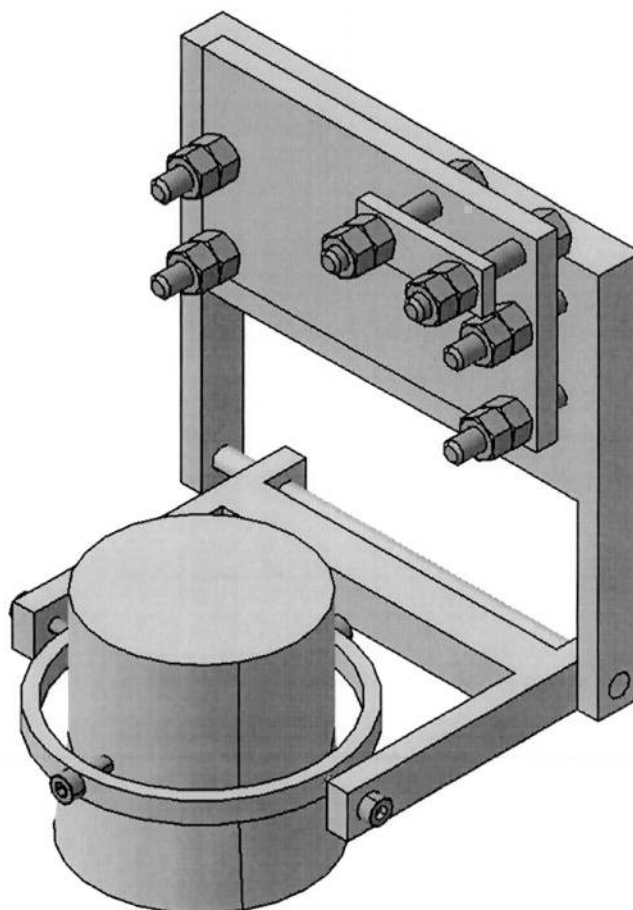


Figura 8 – Estrutura do transdutor em vista isométrica

5.2.2. Motor do eixo secundário

Para dimensionar o motor, foi elaborado um modelo mostrado a seguir.

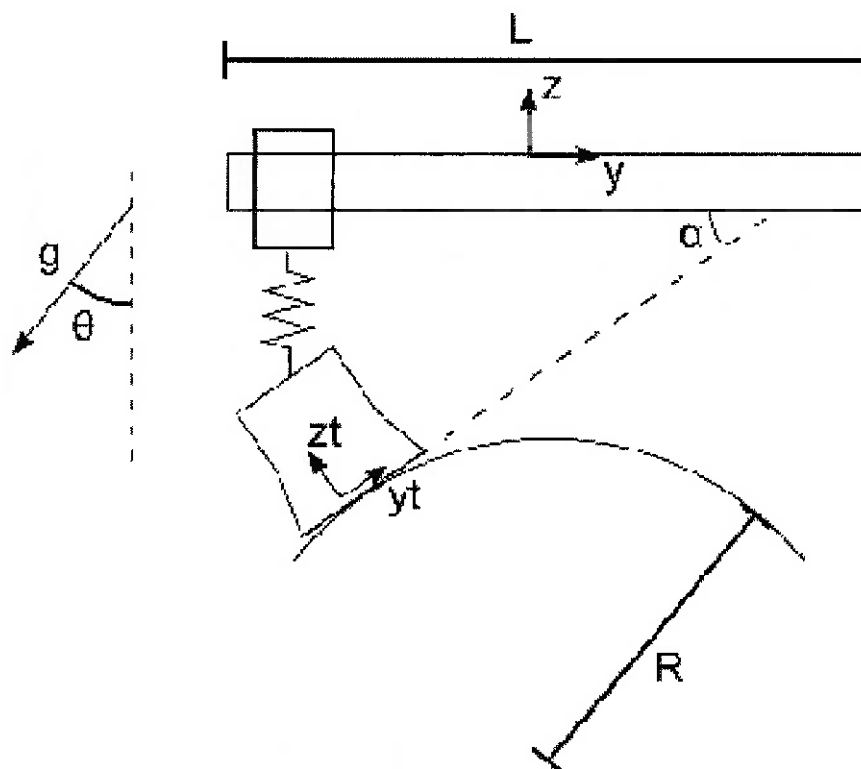


Figura 9 – Modelo físico do sistema de movimentação secundária

Onde o sistema de coordenadas x (omitido), y , z é solidário à guia com y paralelo à guia e x paralelo à direção de movimento principal do dispositivo. x_t (omitido), y_t , z_t é um sistema solidário ao transdutor com x_t paralelo a x e z_t perpendicular à superfície da peça. α é o ângulo entre y_t e y e θ é o ângulo entre a direção da aceleração da gravidade e z . R é o raio de curvatura da superfície da peça e L é o comprimento da guia.

Do modelo, é extraído o diagrama de corpos livres a seguir.

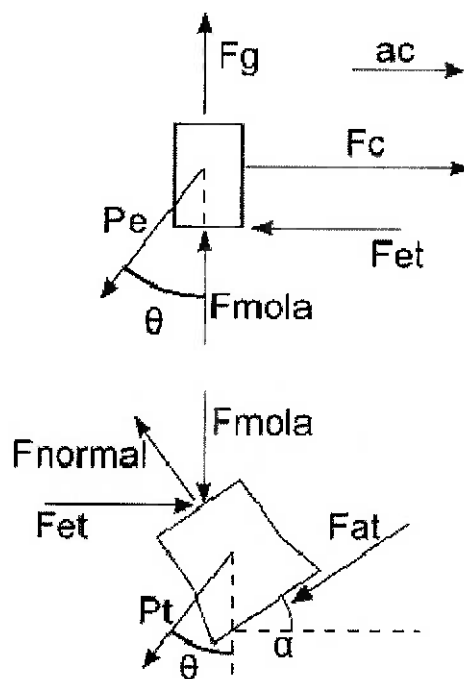


Figura 10 – Diagrama de corpo livre do sistema de movimentação secundária

Onde:

a_c é a aceleração do sistema

F_{at} é a força de atrito com a superfície

F_c é a força exercida pela correia

F_{et} é a força entre a estrutura e o transdutor

F_g é a força aplicada pela guia

F_{mola} é a força exercida pela mola

F_{normal} é a força normal de contato com a superfície

P_e é o peso da estrutura

P_t é o peso do transdutor

Foi necessário, inicialmente, o cálculo da força da mola que empurra o transdutor contra a peça. Para isto, executou-se experimentos visando determinar a força mínima que a mola deve aplicar sobre o transdutor de forma que a camada de acoplamento não contenha bolhas de ar.

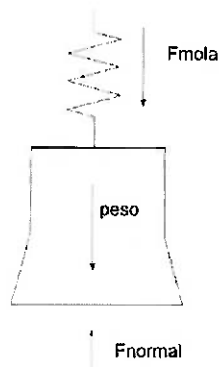


Figura 11 – Diagrama de forças para mola em melhor caso

Mediu-se o peso (3.5N) e F_{mola} (3N), concluindo que a força normal mínima é 6.5N.

Para que o mesmo efeito ocorra em qualquer condição, analisa-se o pior caso ($\alpha = 0$ e $\theta = 180^\circ$).

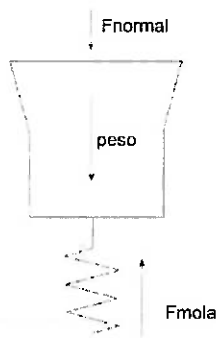


Figura 12 – Diagrama de forças para mola em pior caso

Fazendo com que a força normal seja igual à mínima (6.5N), obtemos uma força na mola de 10N.

Com L e R podemos calcular α máximo.

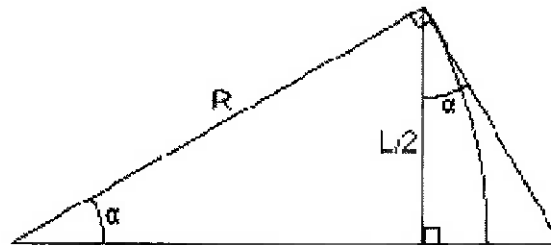


Figura 13 - α máximo

Então temos: $\alpha_{\max} = \sin^{-1}\left(\frac{L}{2R}\right)$

Com α podemos calcular a aceleração do transdutor na direção z:

$$acz = ac \cdot \tan(\alpha)$$

Isolando as forças no transdutor:

Em y: $F_e - F_{at} \cdot \cos(\alpha) - F_n \cdot \sin(\alpha) - P_t \cdot \sin(\alpha) = M_t \cdot ac$

Em z: $-F_{mola} - F_{at} \cdot \sin(\alpha) + F_n \cdot \cos(\alpha) - P_t \cdot \cos(\alpha) = M_t \cdot acz$

Isolando as forças na estrutura:

Em y: $F_c - F_e - P_e \cdot \sin(\theta) = M_e \cdot ac$

Em z: $F_g - P_e \cdot \cos(\theta) = 0$

Com estas equações e utilizando valores medidos experimentalmente, temos F_c em função dos ângulos α e θ .

Foram medidos:

$P_t=3.5\text{N}$, $P_e=2.8\text{N}$, $\mu=0.51$ (coeficiente de atrito estático máximo)

A aceleração utilizada é de 0.5m/s^2 para acelerar de 0m/s para 0.05m/s em 0.1s .

Para obter F_c máximo, utilizamos α máximo, fazendo com que F_c dependa somente de θ . Assim, isolamos F_c e calculamos $\max(F_c(\theta))$, obtido quando $\theta = 70.15^\circ$: $F_c(70.15^\circ) = 12.7\text{N}$.

Antes de dimensionar o motor, é necessário dimensionar a polia que será utilizada para movimentar a correia. A polia deve ter diâmetro pequeno para diminuir o torque necessário mas grande suficiente para que o furo dela seja compatível com o eixo do motor. Além disto, é preferível que a precisão do sistema possibilite que uma resolução de 1 passo/mm seja obtida utilizando meios passos do motor que usualmente tem resolução de 200 passos/revolução = 400 meios passos/revolução. Desta forma, escolheu-se uma polia de passo de 5mm com 16 dentes, resultando em uma circunferência de 80mm. Assim, cada meio passo do motor equivale a $80/400 = 0.2\text{mm}$ de precisão com um diâmetro de 25.5mm.

Com a polia escolhida, podemos calcular a rotação máxima e o torque máximo, resultando em 0.625rps e 0.16Nm. Observando catálogos de fabricantes em conjunto com os dados calculados e utilizando fator de segurança 2 por orientação de fabricantes, foi escolhido o modelo HT23 397 da Applied Motion Products.

5.2.3. Estrutura principal

A estrutura principal foi projetada para suportar os componentes do sistema de movimentação secundário, incluindo polias, roletes, guia e motor além de proporcionar o tensionamento da correia. A estrutura principal também suporta alguns componentes do movimento principal: rodas, encoder e a transmissão de uma roda para este e a ligação da estrutura principal à estrutura guia do movimento principal. No projeto, visou-se a facilidade de construção e montagem mantendo também a estrutura razoavelmente compacta e rígida.

Uma vista isométrica do modelo em CAD da estrutura é mostrada a seguir sem as correias.

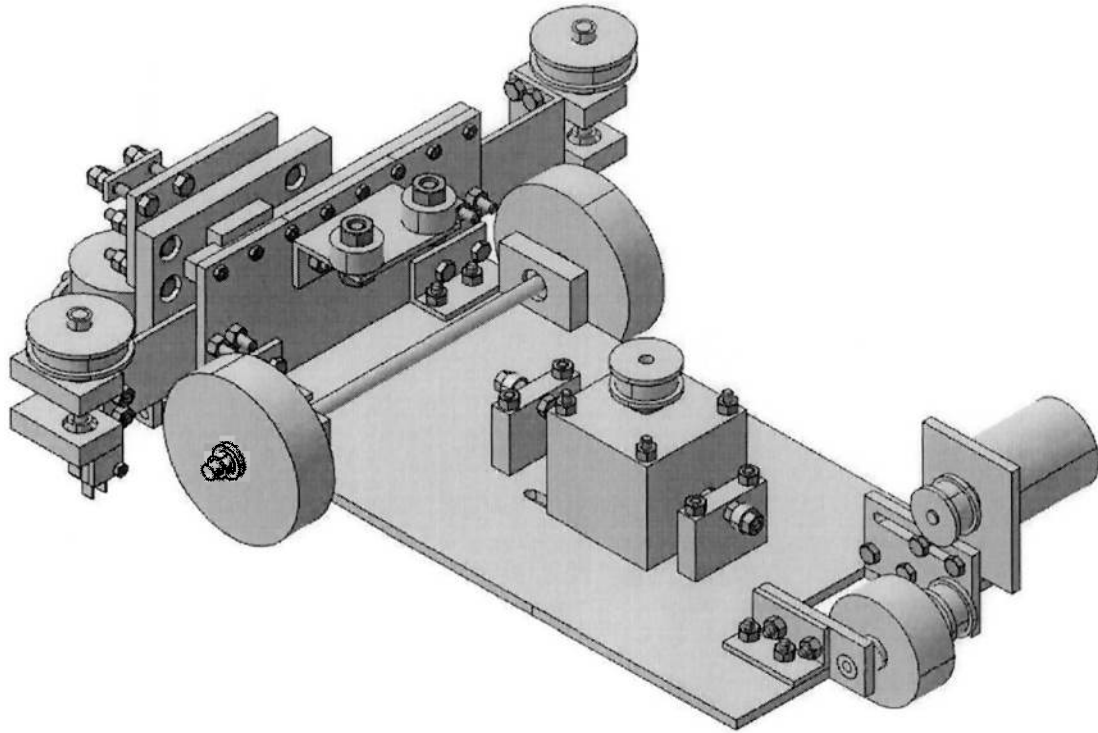


Figura 14 – Estrutura principal em vista isométrica

5.2.4. Estrutura guia

A estrutura guia foi projetada para suportar todo o resto do sistema sem que a deformação na estrutura devido às forças envolvidas afetasse consideravelmente os resultados da varredura. Para isto, foram utilizados roletes largos e uma estrutura rígida. Para a movimentação principal foi considerado o pior caso que é com a estrutura principal subindo a maior inclinação prevista em projeto (45°). Para acelerar a massa de aproximadamente 4.7kg a 0.5m/s² para cima é necessária uma força de 35.6N. Considerando uma roda pequena de 21mm, o torque necessário ao motor de $35.6 \times 0.0105 = 0.37\text{Nm}$. Para este torque serviria o motor M061-FD02 da Superior Electric cujo peso é de aproximadamente

0.5kg, fazendo o torque necessário ser 0.41Nm, suportado por este motor, sendo este motor escolhido.

Uma vista da estrutura guia com motor é mostrada a seguir.

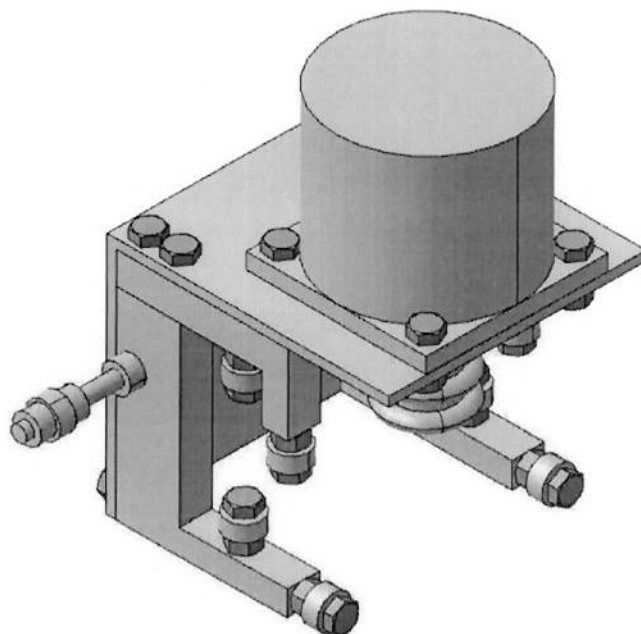


Figura 15 – Vista da estrutura guia

5.3. Desenhos técnicos

Os desenhos técnicos de fabricação, montagem e conjunto são disponibilizados no apêndice deste documento.

6. Microcontrolador

Para o controle dos processos e centralização de informações, é utilizado um microcontrolador BL1800 Jackrabbit da Z-World com um processador Rabbit 2000 da Rabbit Semiconductor. Uma foto do BL1800 é mostrada a seguir.

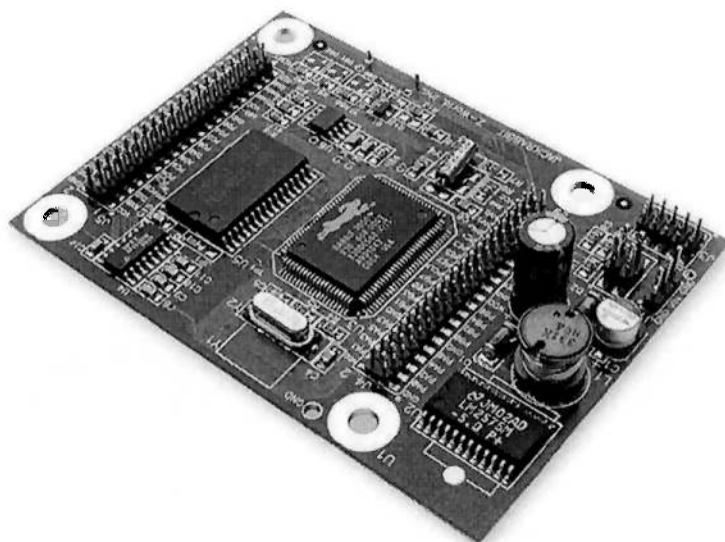


Figura 16 – Microcontrolador BL1800 Jackrabbit

O microcontrolador é programado em linguagem C para se comunicar com o PC serialmente com protocolo RS232, ler dados do encoder e chave de fim de curso e comandar o driver de motores de passo, além de sincronizar a aquisição enviando sinal de trigger utilizado pelo pulsador e pelo sistema de aquisição de sinais.

O código fonte do software de controle implementado no microcontrolador é disponibilizado em apêndice deste documento.

7. Eletrônica de Acionamento e Sensoriamento

Foi utilizada uma eletrônica já presente no laboratório, não sendo necessário o projeto de novos circuitos. A integração dos sistemas é de fácil compreensão, sendo mostrada em esquema a seguir.

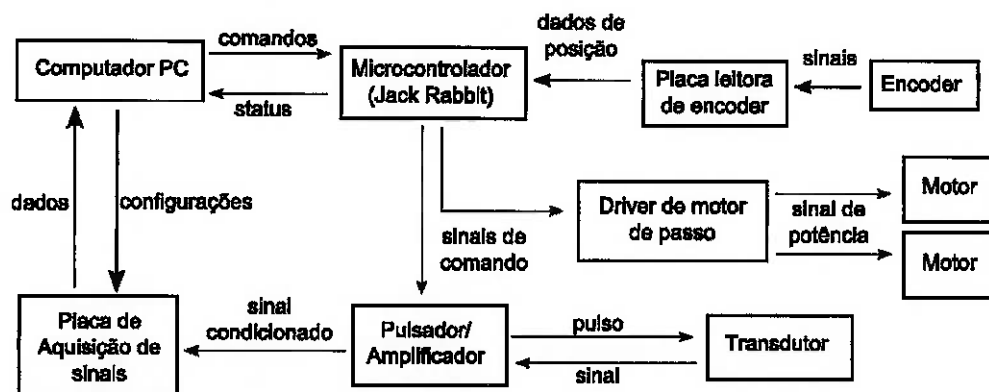


Figura 17 – Esquema de fluxo de dados pelo sistema

Como pode ser observado no esquema, é clara a função do Microcontrolador de centralizar informações, principalmente durante a operação do dispositivo.

A leitura do encoder é realizada por um CI HCTL2016 que é um detector de quadratura que realiza a interface entre o encoder e o microcontrolador. O datasheet do CI é disponibilizado em anexo a este documento.

O driver de motores de passo foi desenvolvido no próprio laboratório de Sensores e Atuadores e pode controlar até dois motores de passo. A seguir é mostrada uma foto da placa.

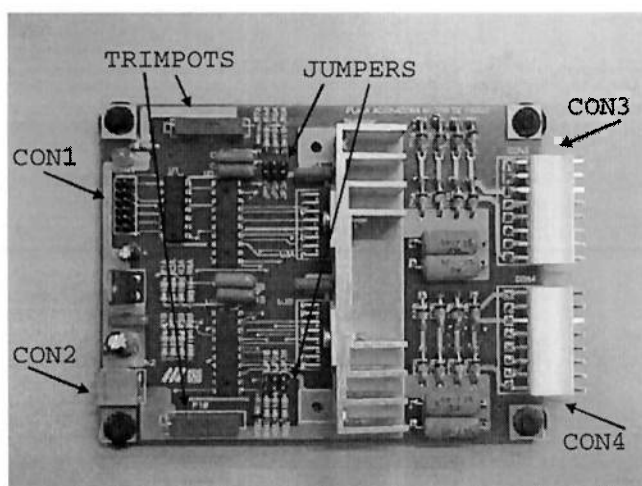


Figura 18 – Foto do driver de motores de passo

8. Conclusão

Testes preliminares indicam funcionamento pleno do sistema com níveis de precisão satisfatórios, podendo ser futuramente ser utilizado em várias situações onde ensaios comuns são inviáveis ou onde seja necessário detalhamento pontual de ensaio.

Com cerca de 5kg de partes mecânicas, o sistema se mostrou de fato portátil, cumprindo os objetivos estabelecidos. O projeto visou simplicidade em montagem e fabricação e pode ser facilmente modificado caso exigências de tamanho ou precisão sejam alteradas futuramente.

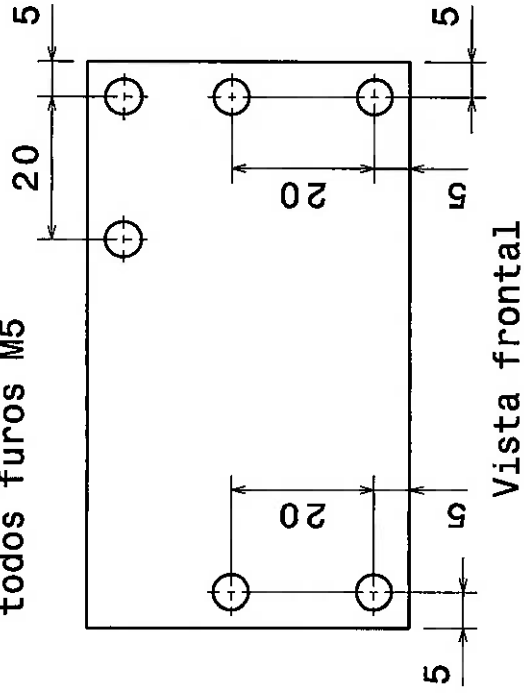
Da mesma forma, o sistema eletrônico contém partes facilmente intercambiáveis, permitindo não só uma rápida reposição de peças que apresentem problemas mas também fácil adaptação do projeto a novas exigências de potência, precisão ou utilização.

9. Referências Bibliográficas

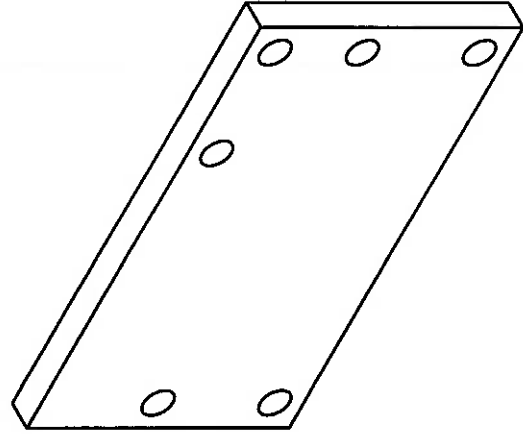
- 1) ADAMOWSKI, J.C., BUIOCHI, F., SOUZA JR., C. V., MATUDA, M.Y., Sistema Computadorizado para Mapeamento de Campo Acústico anais do XIV CONAEND - Congresso Nacional de Ensaios Não Destrutivos - ABEND, Rio de Janeiro, setembro de 1995.
- 2) KINO, G.S., Acoustic Waves: Devices, Imaging, & Signal Processing, Prentice-Hall, 1987 (edição corrigida em 2000).
- 3) SIMON, C. Técnicas de Processamento Digital de Sinais Aplicadas a Ensaios Não Destrutivos por Ultra-Som. 1993. 99p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.

Apêndice A - Desenhos Técnicos de Fabricação

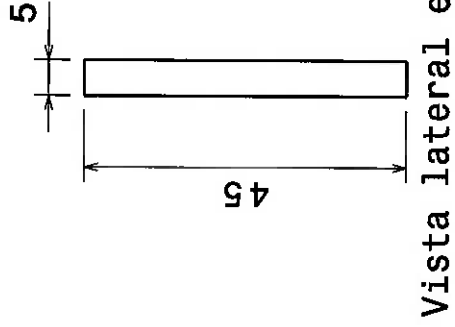
todos furos M5



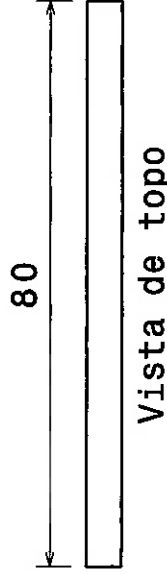
Vista frontal



Vista isométrica



Vista lateral esquerda

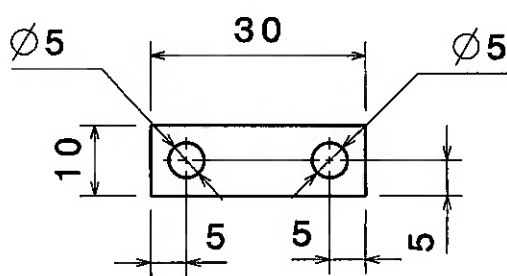


Vista de topo

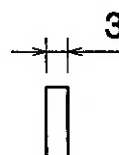
medidas em mm

DATA	19/11/2006
Tamanho	A4
Escala	1:1

Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Título do Desenho		Número
Acoplador de correia		01
		Folha
		1/1



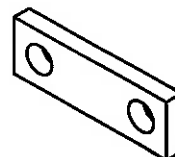
Vista frontal



Vista lateral esquerda



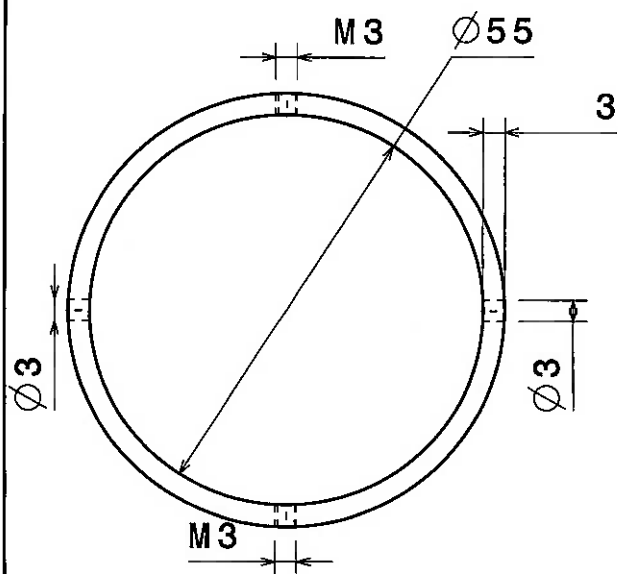
Vista de topo



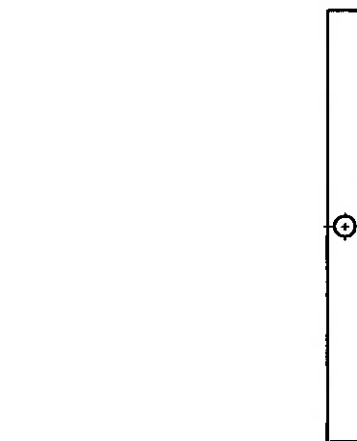
Vista isométrica

medidas em mm

DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Acoplador de mangueira	Número 02	Folha 1/1



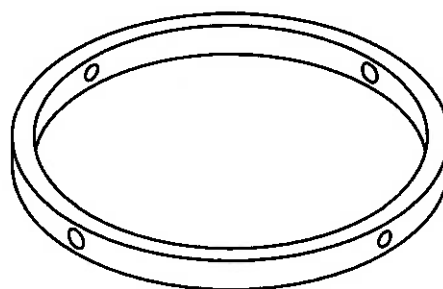
Vista frontal



Vista lateral esquerda



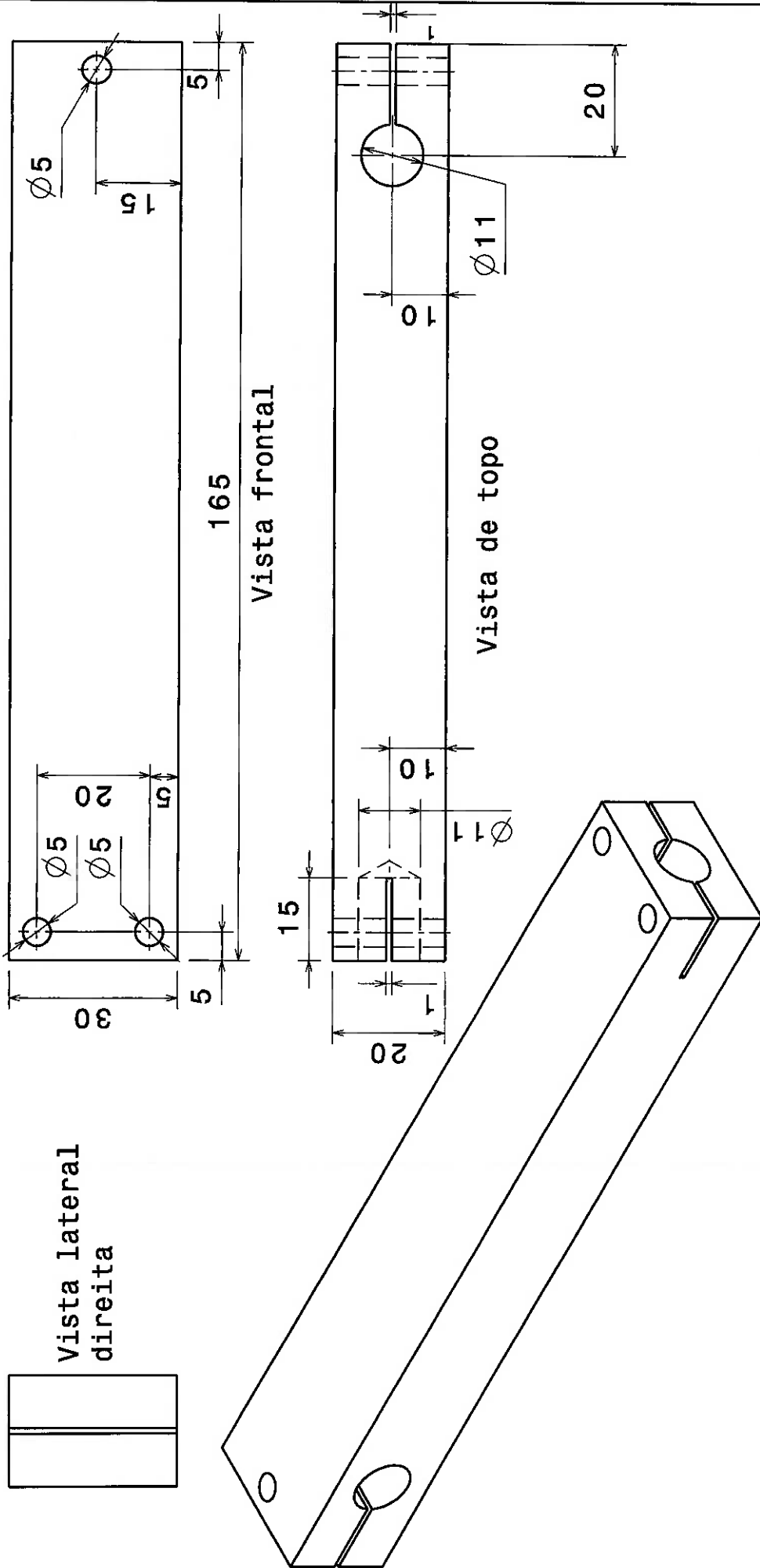
Vista de topo



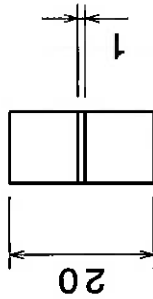
Vista isométrica

medidas em mm

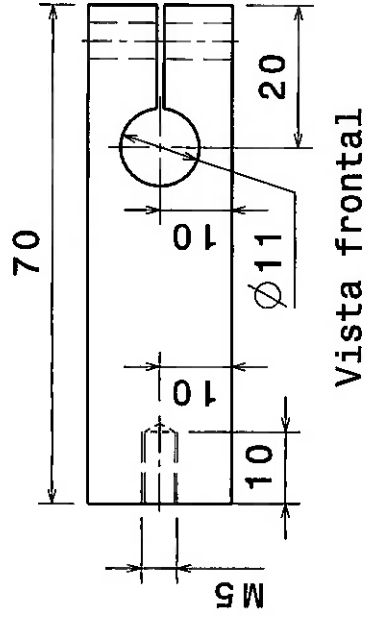
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Anel do transdutor	Número 03	Folha 1/1



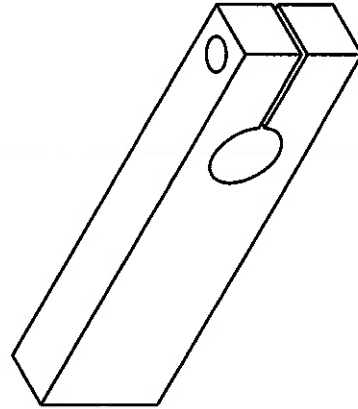
Vista isométrica		Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		Folha 1/1	
DATA 19/11/2006		Título do Desenho Barra de Ligação_1			
Tamanho A4		Número 04		Folha 1/1	
Escala 1:1					
medidas em mm					



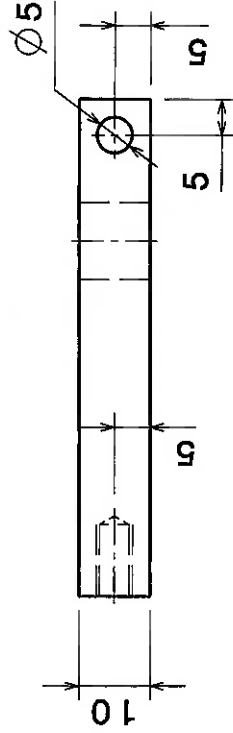
Vista lateral direita



Vista frontal



Vista isométrica



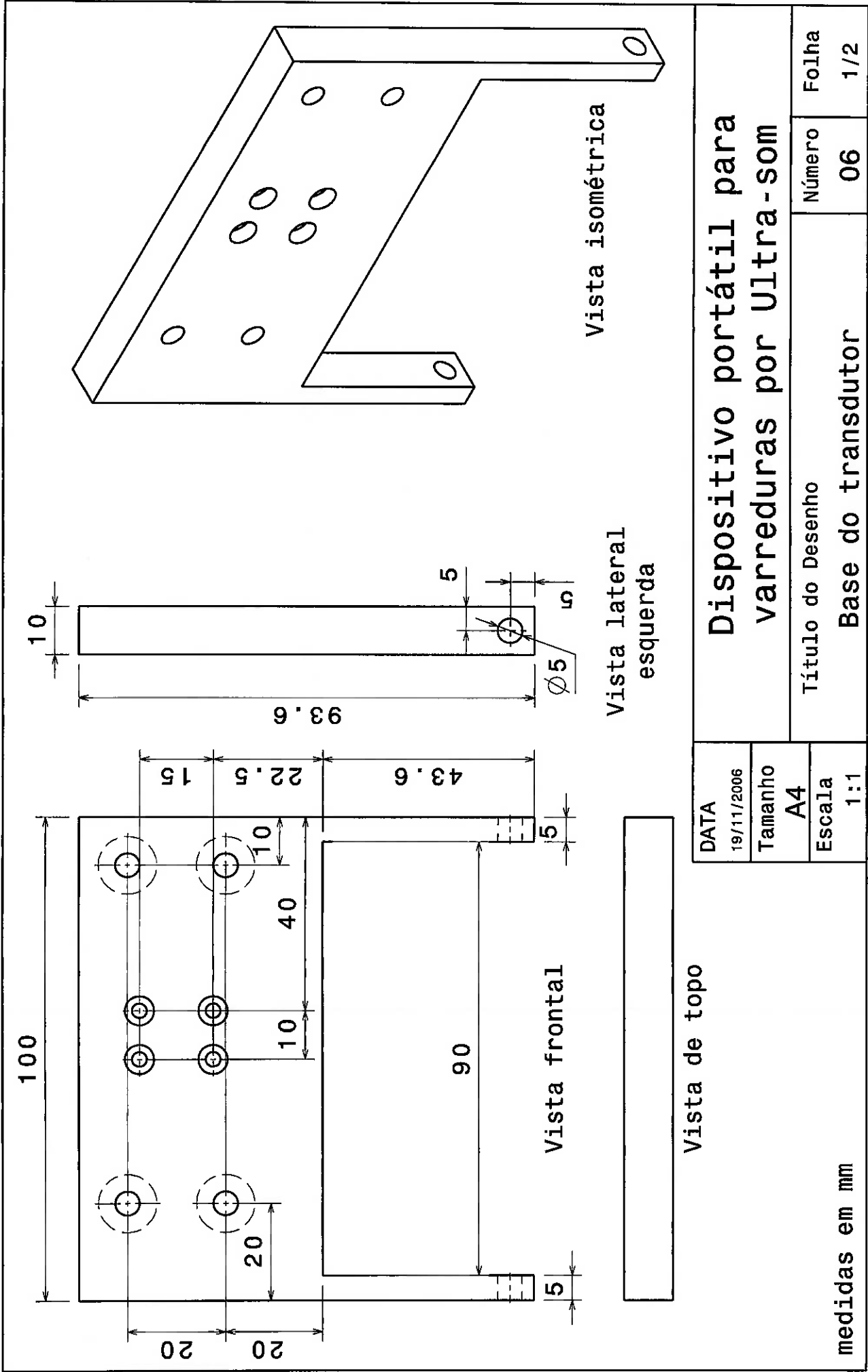
Vista de topo

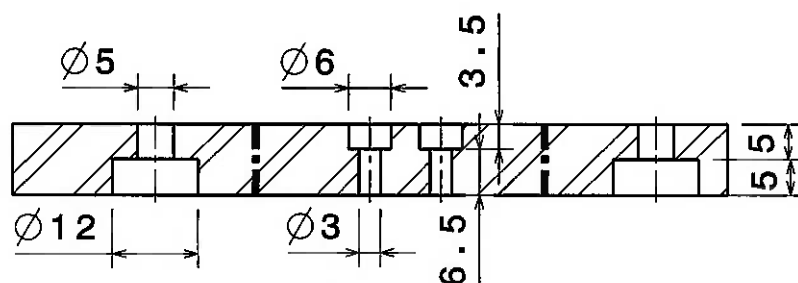
medidas em mm

DATA	19/11/2006
Tamanho	A4
Escala	1:1

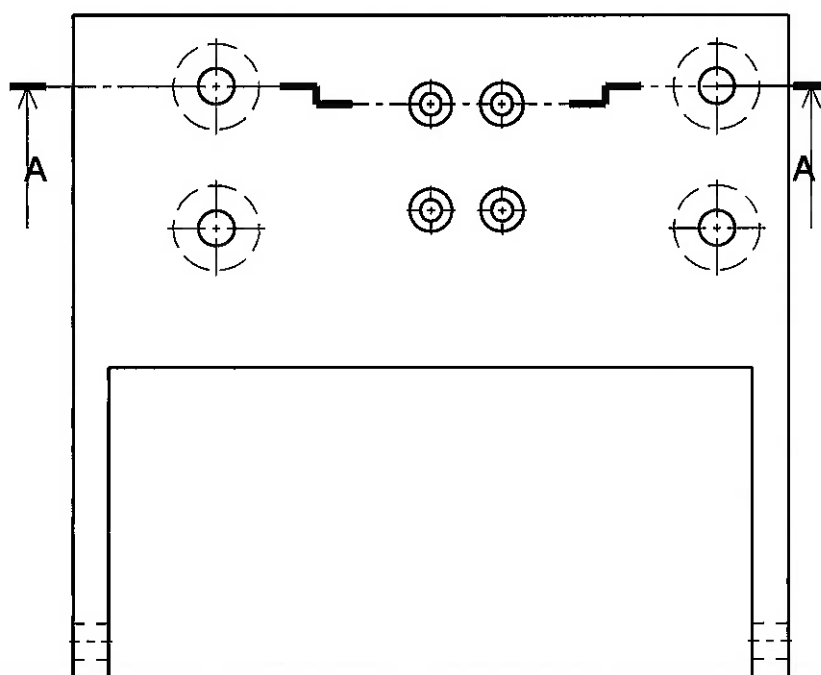
Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som

Título do Desenho	Número	Folha
Barra de Ligação_2	05	1/1





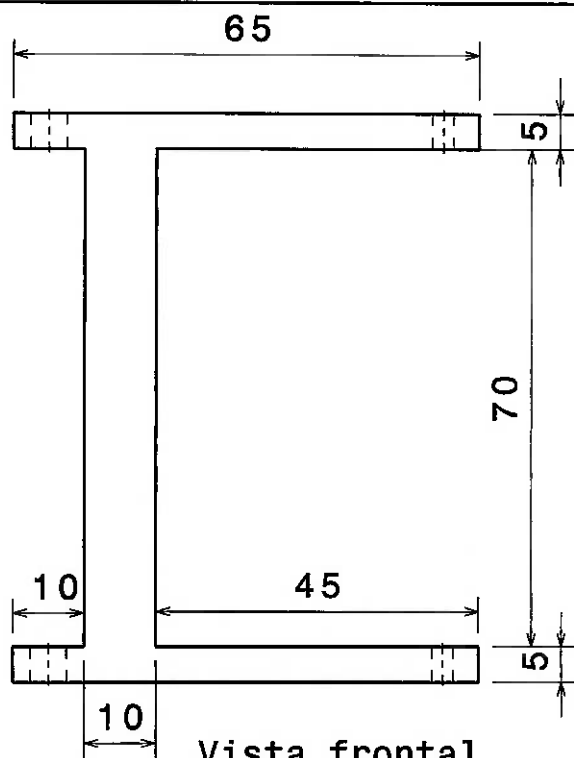
Vista da seção A-A
Detalhe dos furos



Vista frontal

medidas em mm

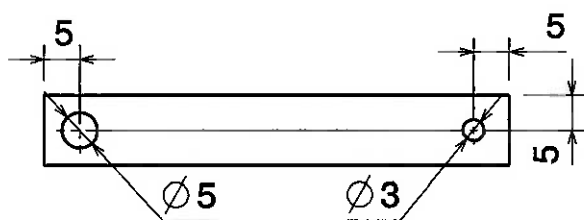
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Base do transdutor	Número 06	Folha 2/2



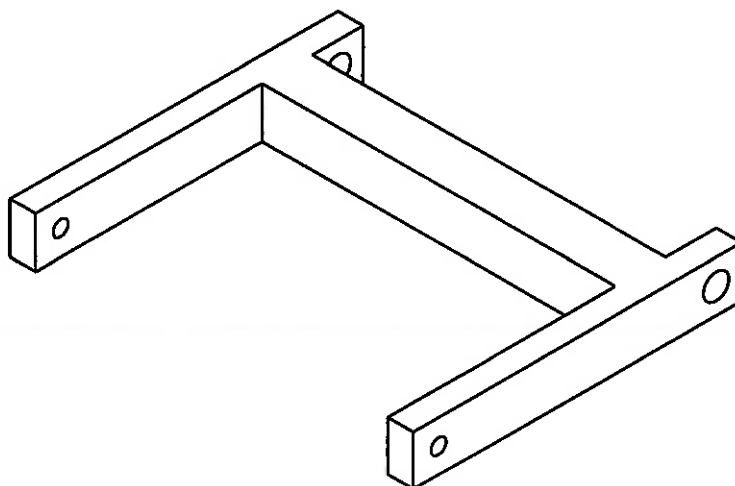
Vista frontal



Vista lateral esquerda



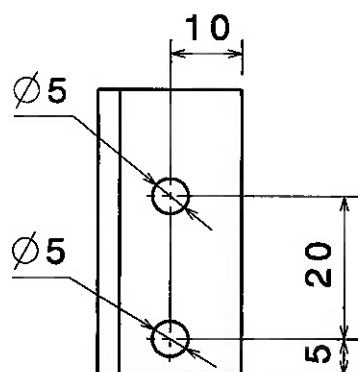
Vista de topo



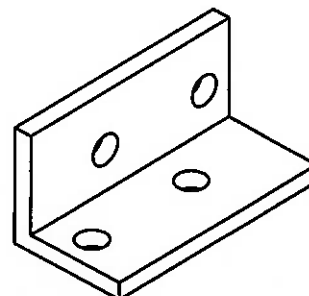
Vista isométrica

medidas em mm

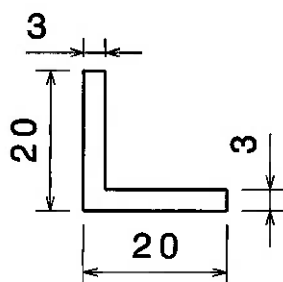
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Braço do transdutor	Número 07	Folha 1/1



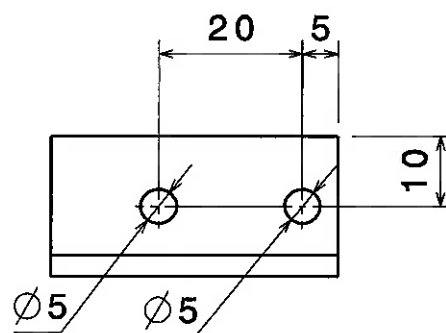
Vista de topo



Vista isométrica



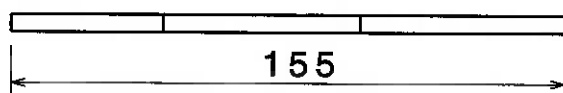
Vista frontal



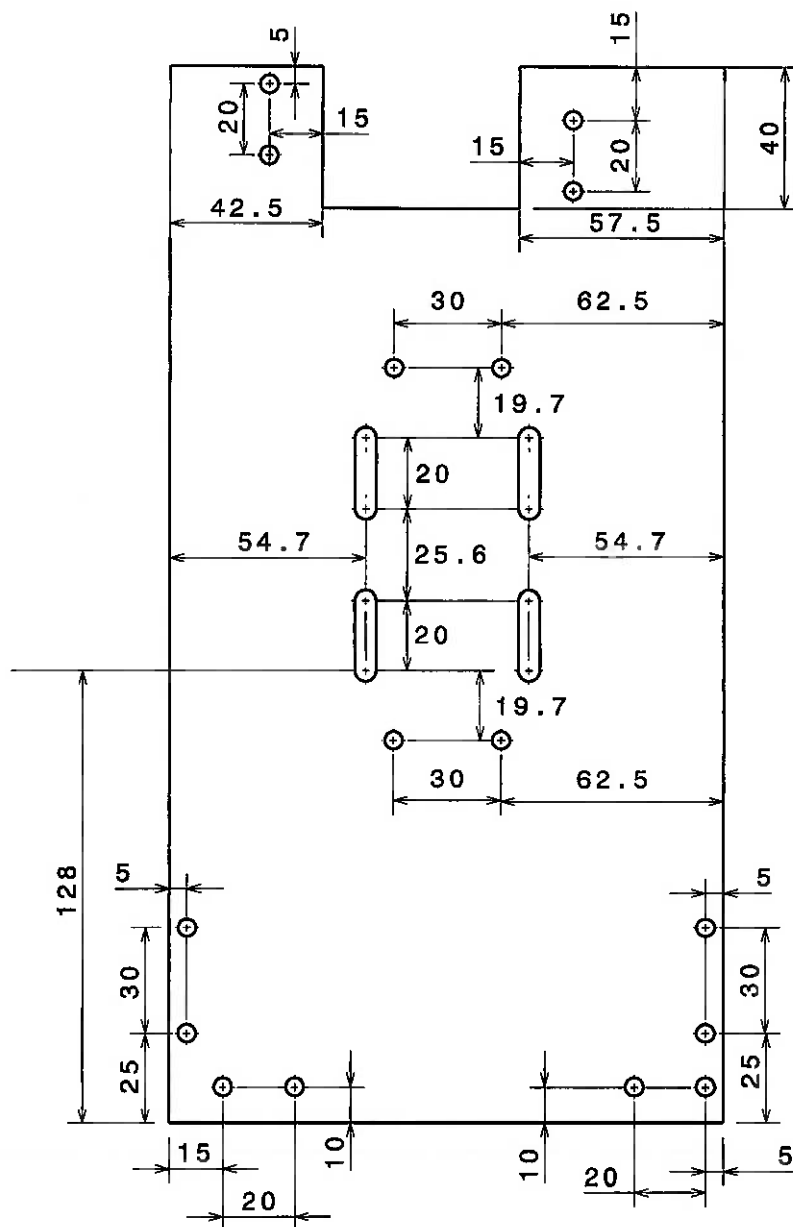
Vista lateral direita

medidas em mm

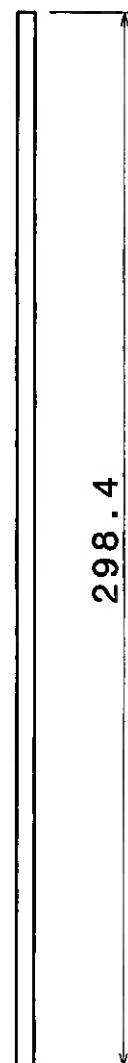
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Cantoneira	Número 08	Folha 1/1



Vista de Topo



Vista Frontal



Vista Esquerda

medidas em mm

Furos M5
Oblongos M6

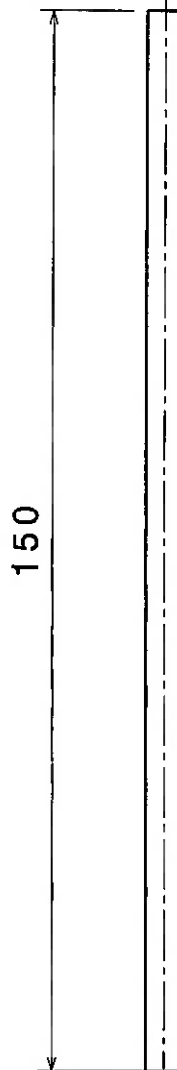
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:2	Título do Desenho Chassis	Número 09	Folha 1/1



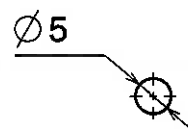
Vista isométrica



Vista lateral direita



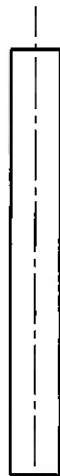
Vista frontal



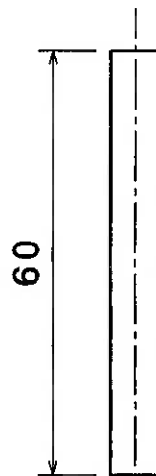
Vista de topo

medidas em mm

DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Eixo da Barra de Ligação	Número 10	Folha 1/1



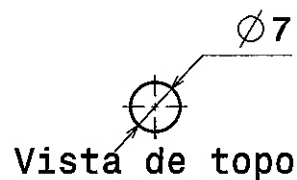
Vista lateral direita



Vista frontal



Vista isométrica



Vista de topo

medidas em mm

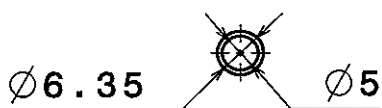
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Eixo da Polia	Número 11	Folha 1/1



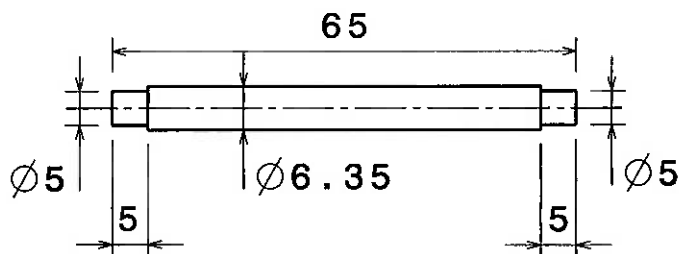
Vista de Base



Vista isométrica



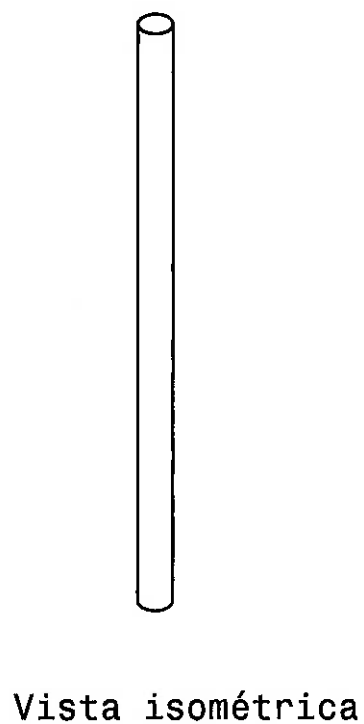
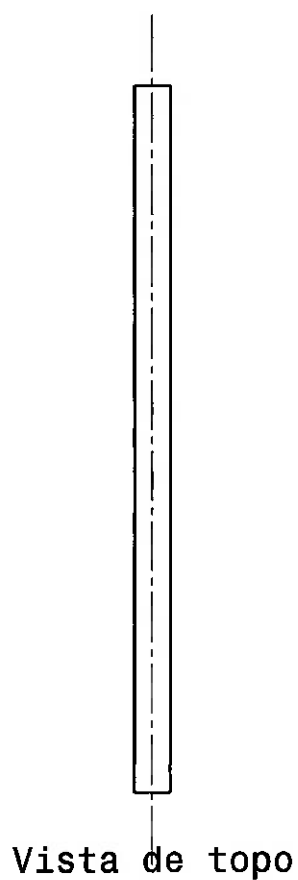
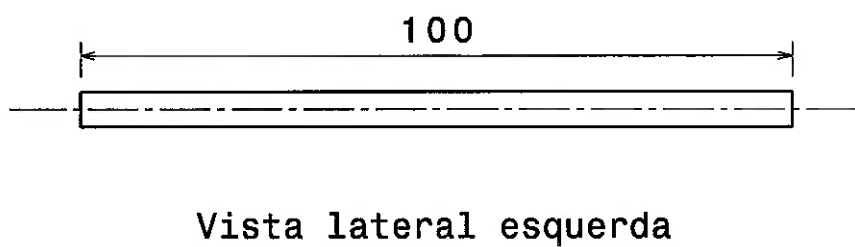
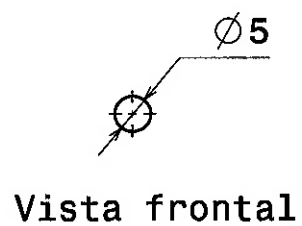
Vista frontal



Vista lateral esquerda

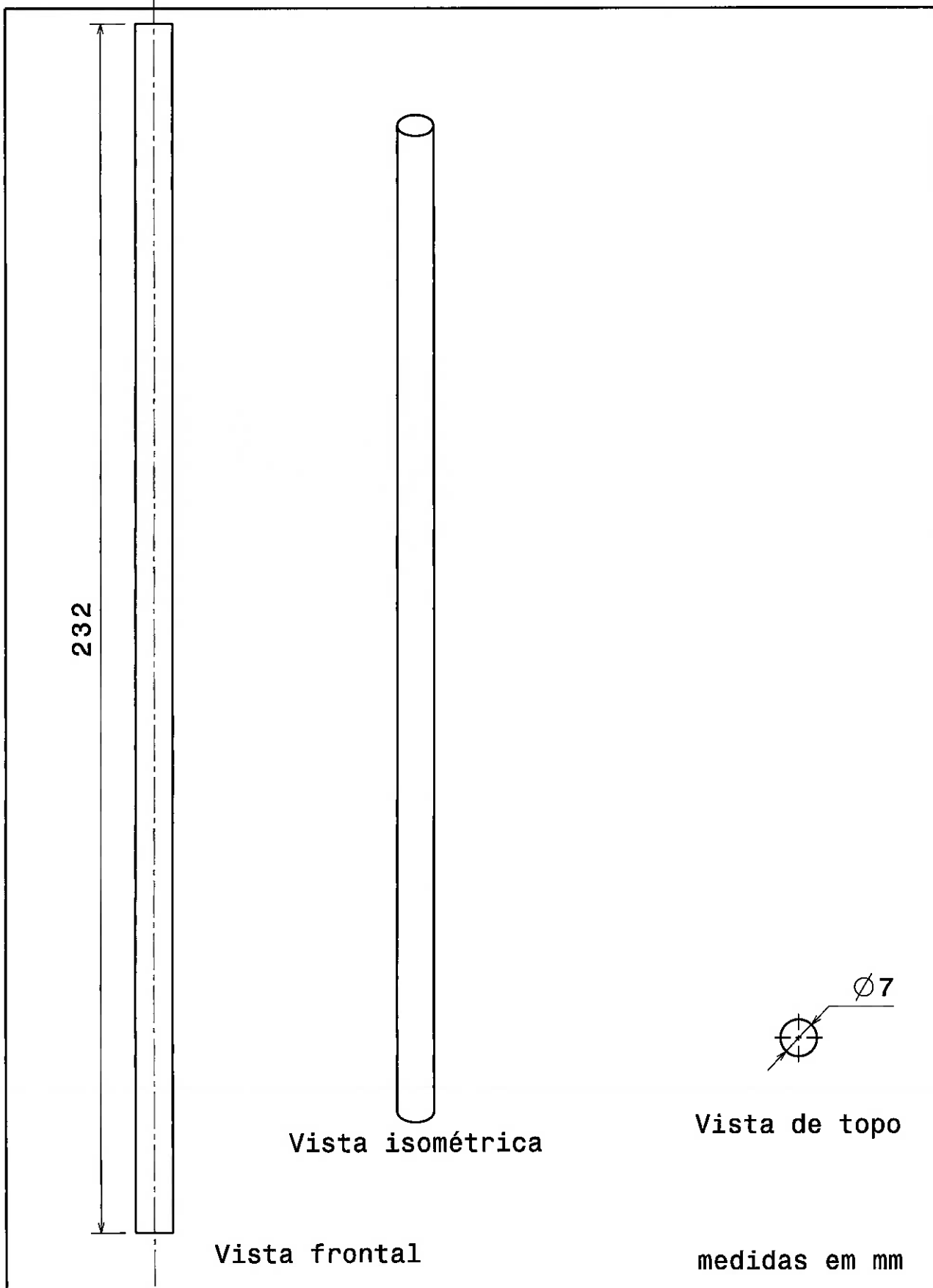
medidas em mm

DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Eixo da roda frontal	Número 12	Folha 1/1



medidas em mm

DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Eixo do braço do transdutor	Número 13	Folha 1/1



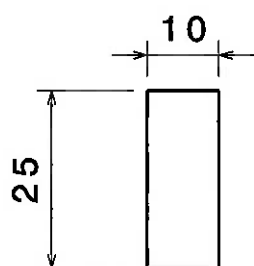
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Eixo traseiro	Número 14	Folha 1/1

Vista lateral direita

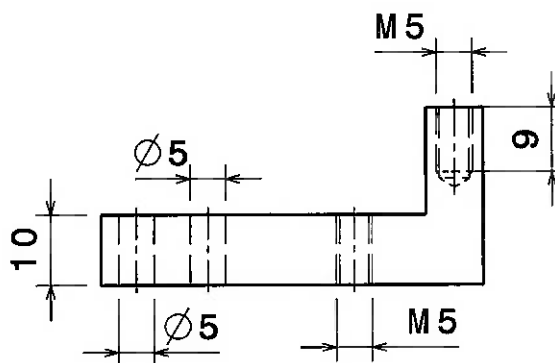
Vista

Vista de topo

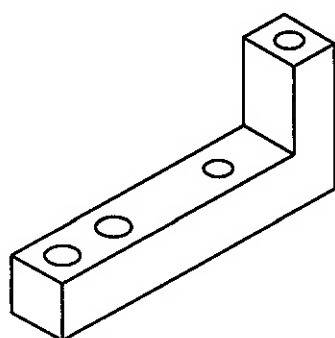
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Guia 1	Número 15	Folha 1/1



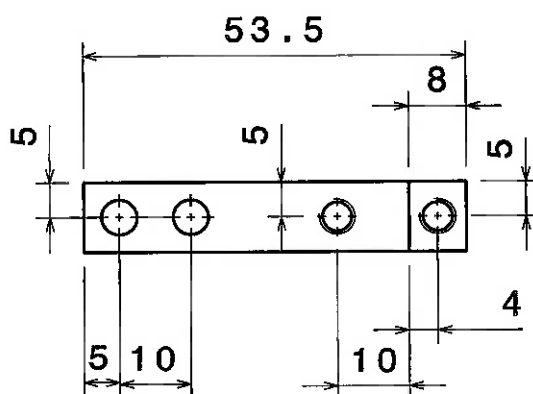
Vista lateral direita



Vista frontal



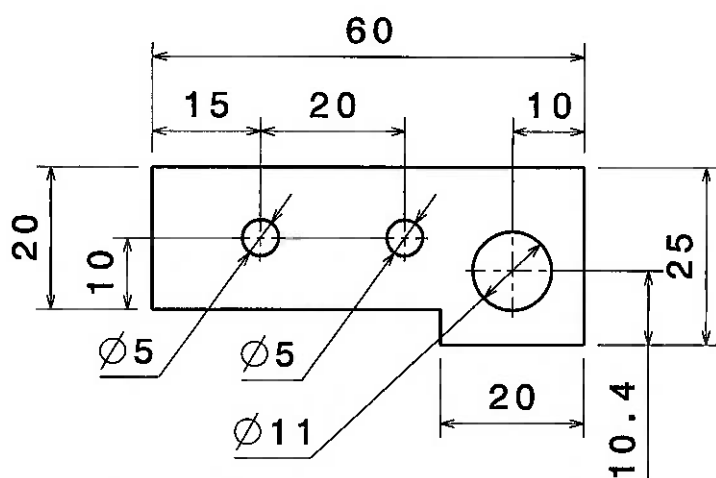
Vista de topo



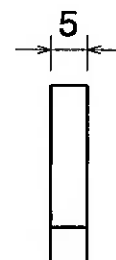
Vista de topo

medidas em mm

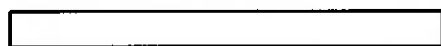
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Guia_2	Número 16	Folha 1/1



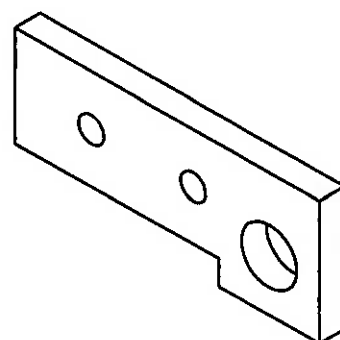
Vista frontal



Vista lateral esquerda



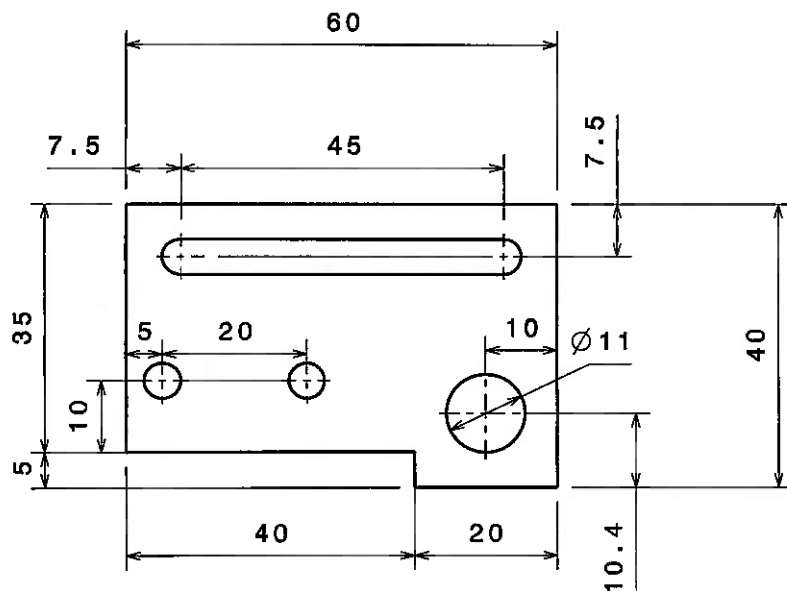
Vista de topo



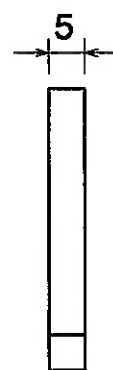
Vista isométrica

medidas em mm

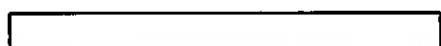
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Mancal direito da roda frontal	Número 17	Folha 1/1



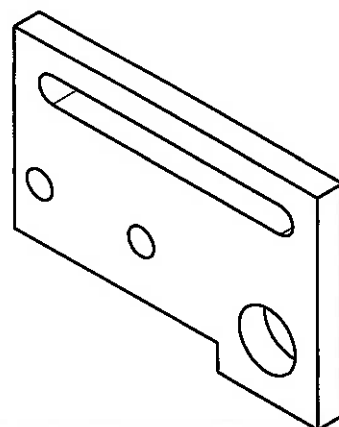
Vista frontal



Vista lateral esquerda



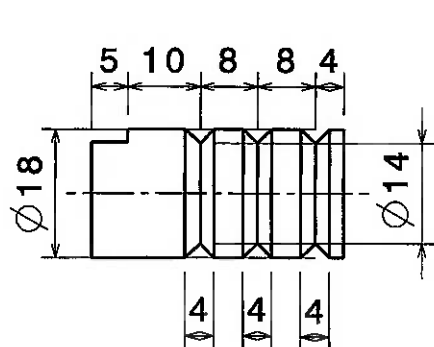
Vista de topo



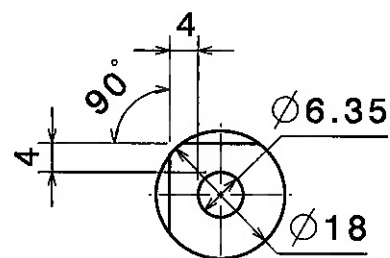
Vista isométrica

furos com diâmetro não especificado e oblongo são M5
medidas em mm

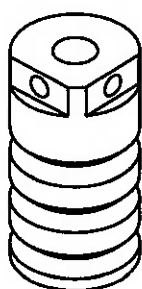
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Mancal esquerdo da roda dianteira	Número 18	Folha 1/1



Vista lateral direita

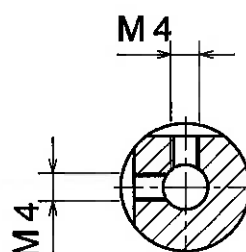
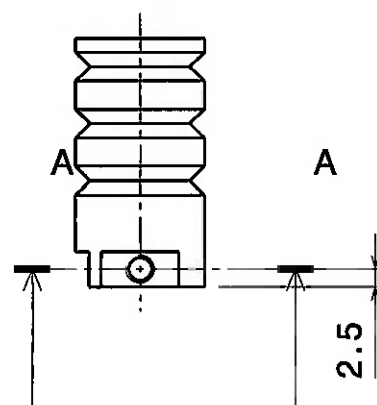


Vista frontal



Vista isométrica

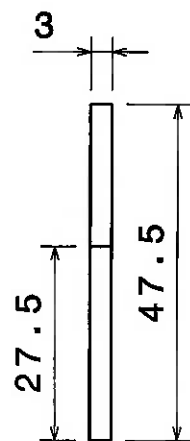
Vista de topo (Top view)



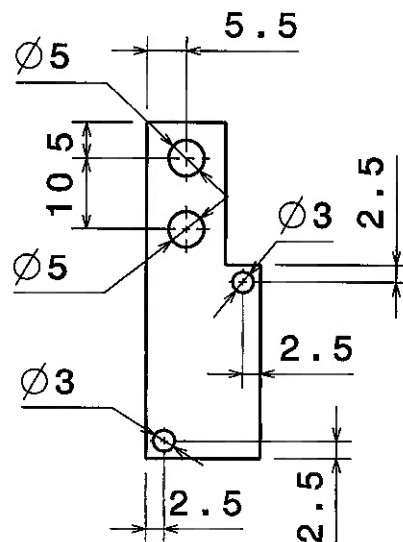
Vista da seção A-A

medidas em mm

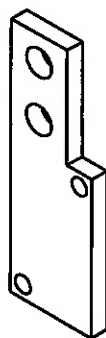
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Roda Personalizada	Número 20	Folha 1/1



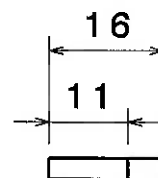
Vista lateral direita



Vista frontal



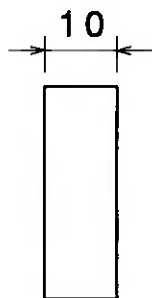
Vista isométrica



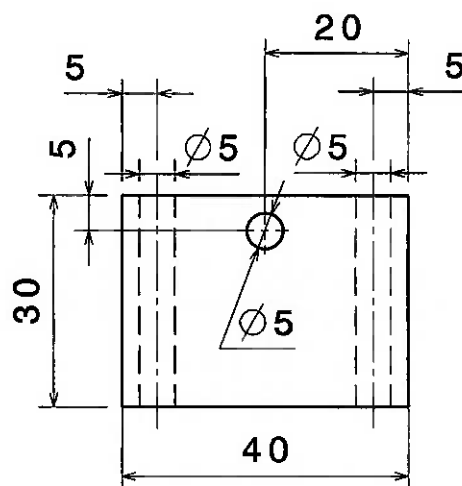
Vista de topo

medidas em mm

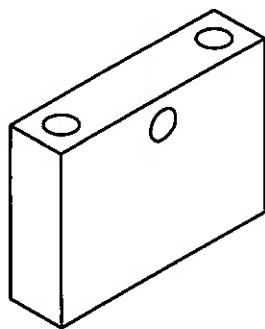
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Suporte da Chave de Fim de Curso	Número 21	Folha 1/1



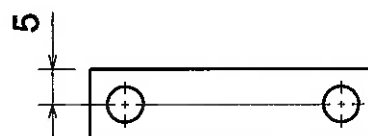
Vista lateral direita



Vista frontal



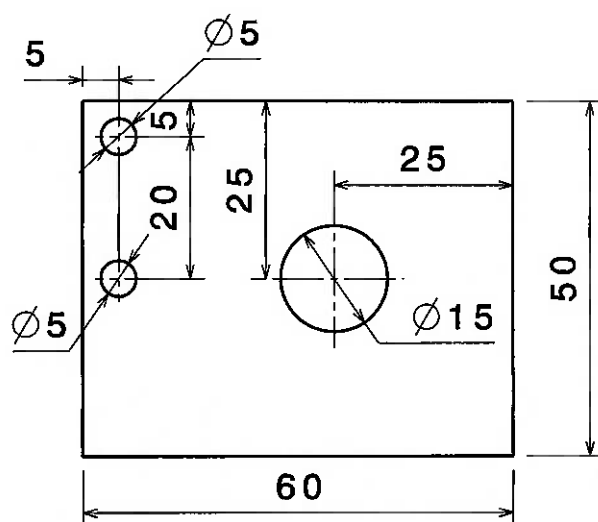
Vista isométrica



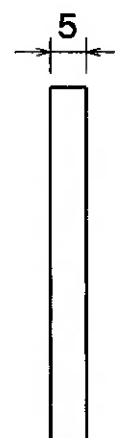
Vista de topo

medidas em mm

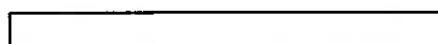
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Suporte de Mancal para Ligação	Número 22	Folha 1/1



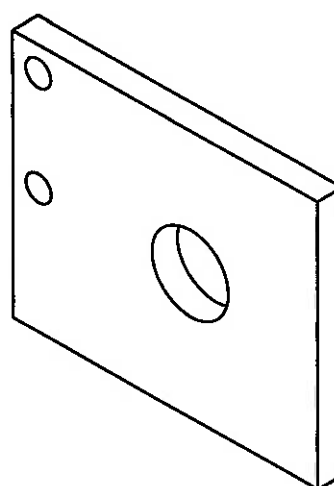
Vista frontal



Vista lateral esquerda



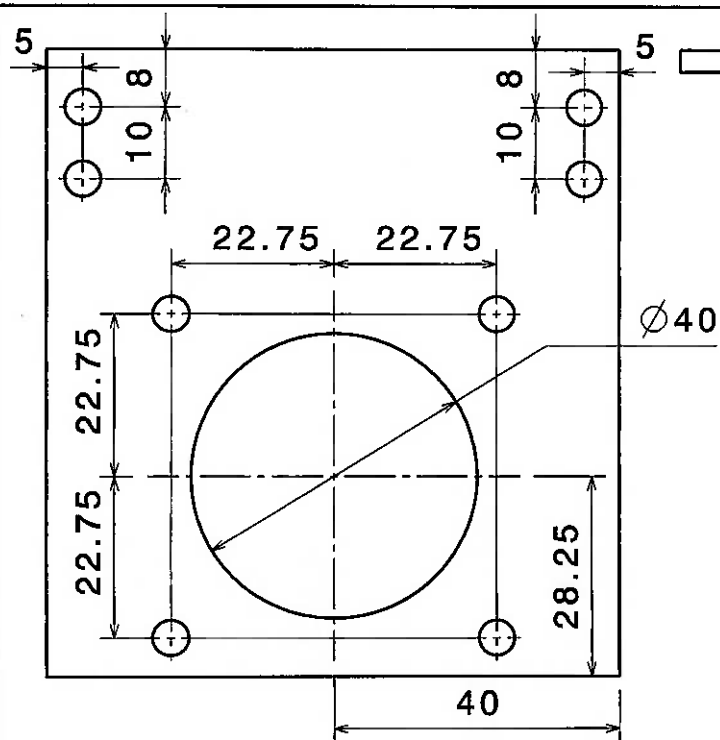
Vista de topo



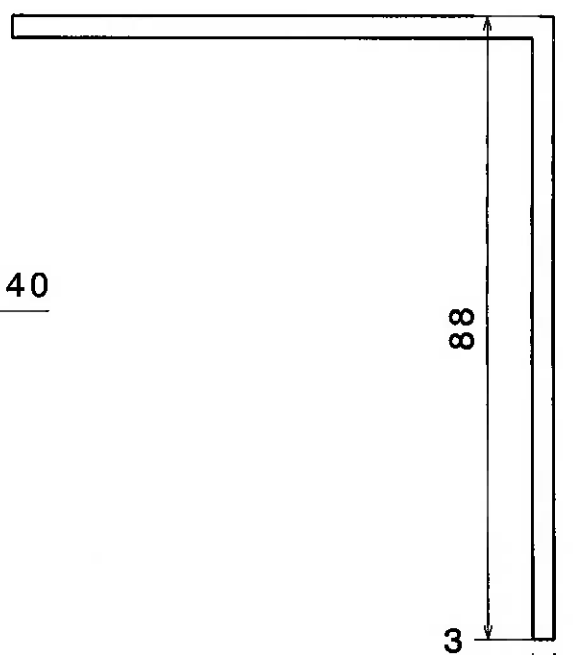
Vista isométrica

medidas em mm

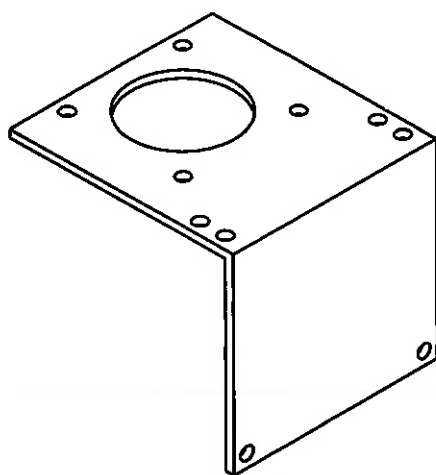
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Suporte do encoder	Número 23	Folha 1/1



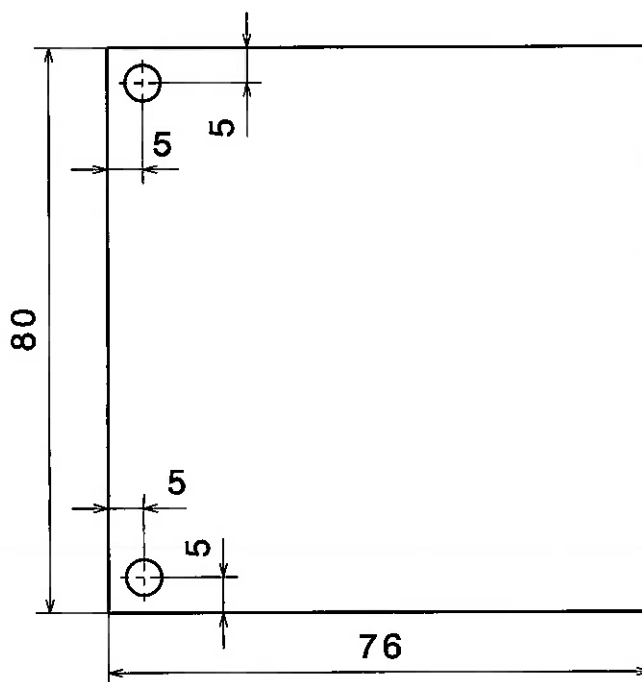
Vista lateral direita



Vista frontal



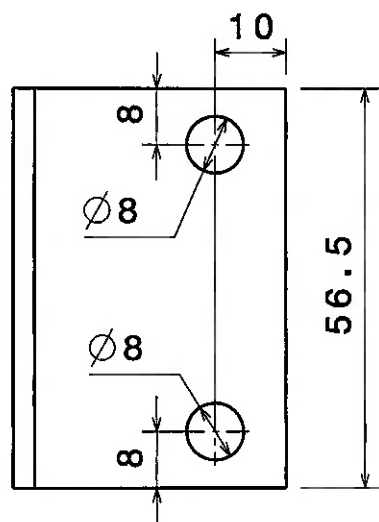
Vista isométrica



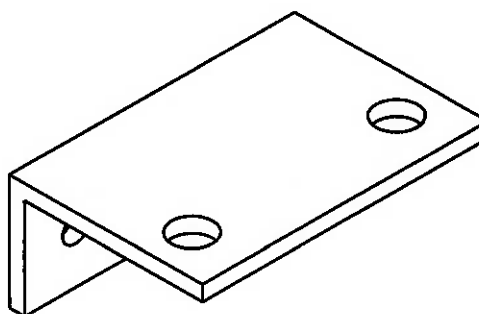
Vista de topo

Furos não especificados são M5
medidas em mm

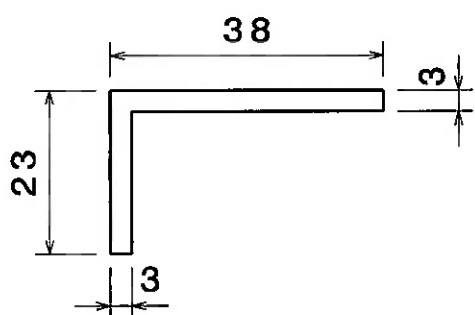
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Suporte do Motor da Guia	Número 24	Folha 1/1



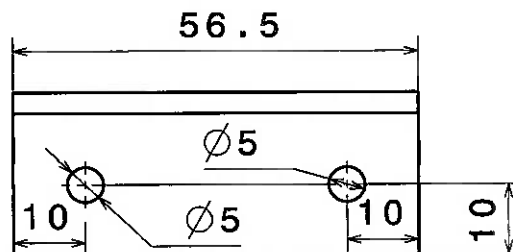
Vista de Base



Vista Isométrica



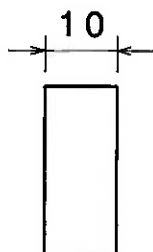
Vista Frontal



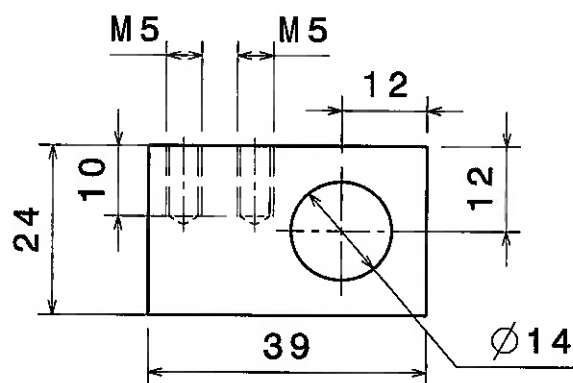
Vista Lateral Direita

medidas em mm

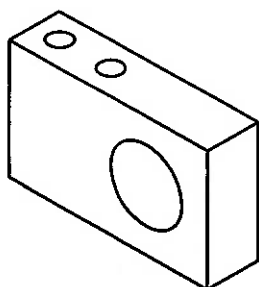
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Suporte dos roletes	Número 25	Folha 1/1



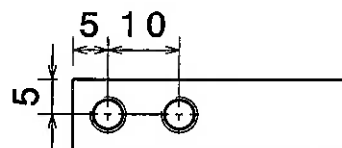
Vista lateral direita



Vista frontal



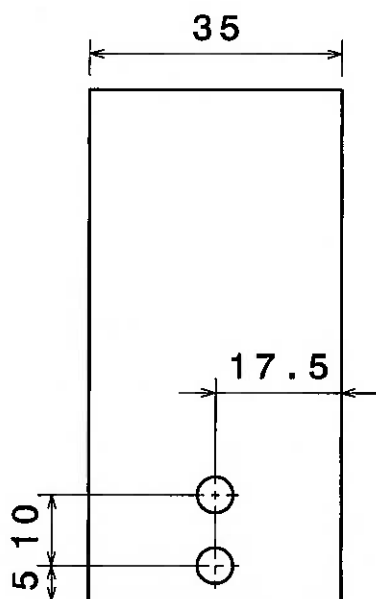
Vista isométrica



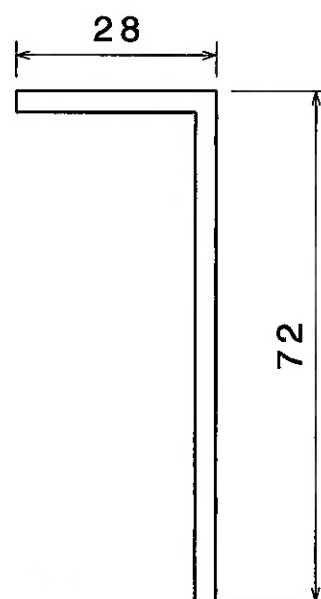
Vista de topo

medidas em mm

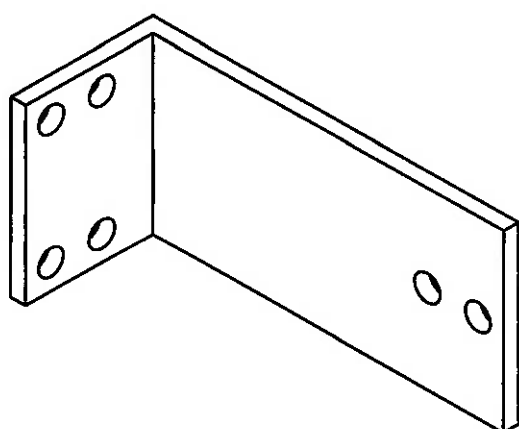
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Suporte para Mancal da Polia	Número 26	Folha 1/1



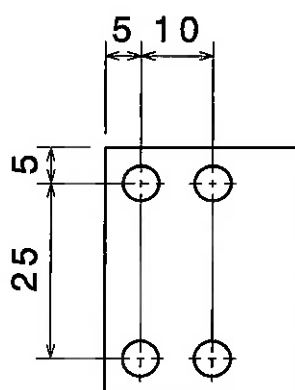
Vista lateral direita



Vista frontal



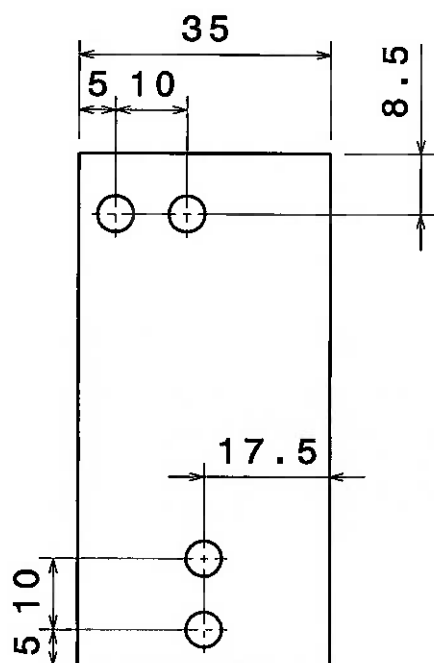
Vista isométrica



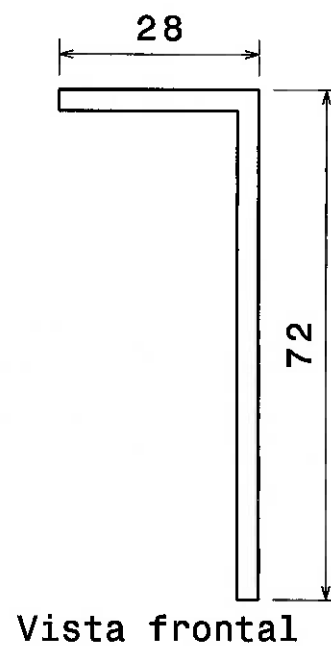
Vista de topo

Furos M5
medidas em mm

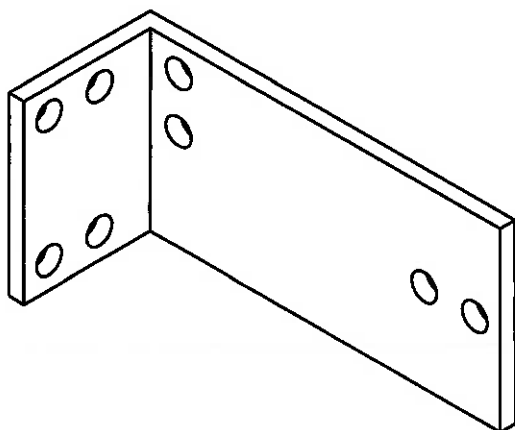
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Suporte para Polia	Número 27	Folha 1/1



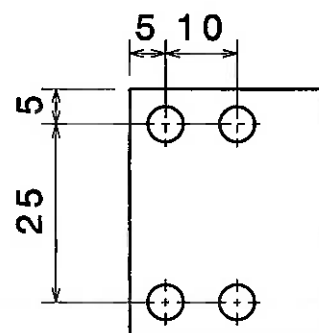
Vista lateral direita



Vista frontal



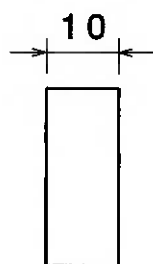
Vista isométrica



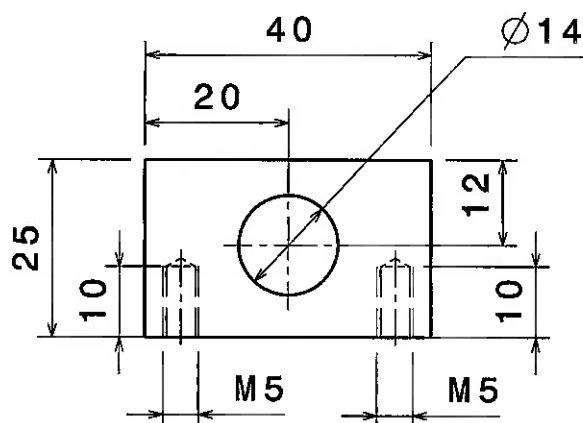
Vista de topo

Furos M5
medidas em mm

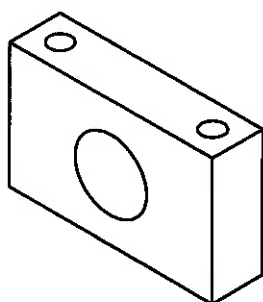
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Suporte para Polia e Chave Fim de Curso	Número 28	Folha 1/1



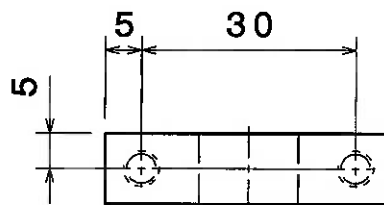
Vista lateral direita



Vista frontal



Vista isométrica



Vista de topo

medidas em mm

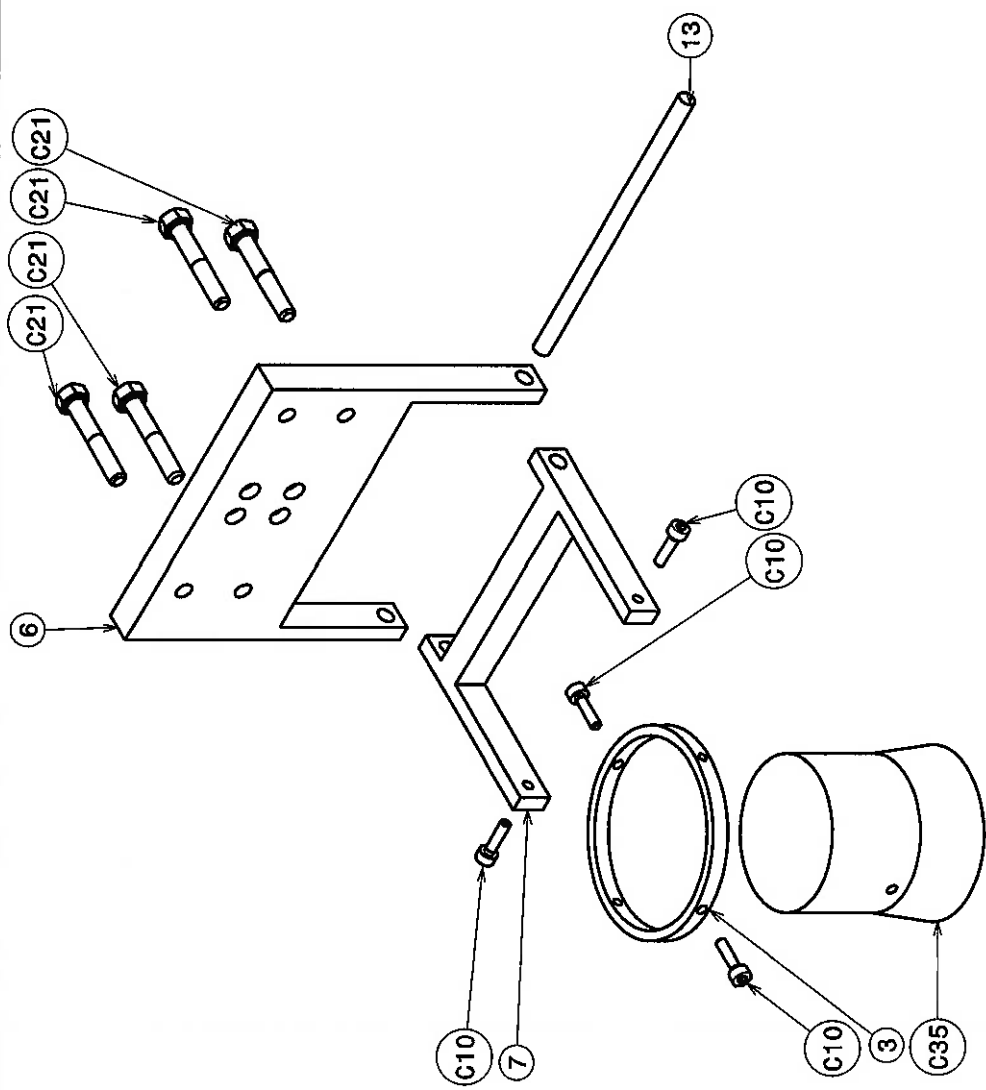
DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:1	Título do Desenho Suporte para rolamento do eixo traseiro	Número 29	Folha 1/1

Apêndice B – Tabela de Peças

ID	Nome da parte	QTD	Matéria Prima
1	Acoplador de correia	1	Placa AL 5mm
2	Acoplador de Mangueira	1	Placa AL 3mm
3	Anel do Transdutor	1	Eixo 61mm
4	Barra de Ligacao_1	2	Placa AL 20mm
5	Barra de ligacao_2	2	Placa AL 10mm
6	Base do Transdutor	1	Placa AL 10mm
7	Braço do Transdutor	1	Placa AL 10mm
8	cantoneira	4	Cantoneira 3mm
9	chassis	1	Placa AL 5mm
10	Eixo da barra de ligação	1	Eixo M5
11	eixo da polia	2	Eixo M7
12	eixo da roda frontal	1	Barra roscada 0.25"
13	Eixo do Braco do Transdutor	1	Eixo M5
14	Eixo traseiro	1	Eixo M7
15	Guia1	2	Placa AL 10mm
16	Guia2	2	Placa AL 10mm
17	Mancal direito da roda frontal	1	Placa AL 5mm
18	Mancal esquerdo da roda frontal	1	Placa AL 5mm
19	Parede Traseira	1	Placa AL 5mm
20	Roda personalizada	1	Eixo M9
21	Suporte da chave FDC	1	Placa AL 3mm
22	suporte de mancal para ligação	2	Placa AL 10mm
23	Suporte do encoder	1	Placa AL 5mm
24	Suporte do motor da guia	1	Cantoneira 3mm
25	Suporte dos roletes	1	Cantoneira 3mm
26	Suporte para mancal da polia	4	Placa AL 10mm
27	Suporte para polia	1	Cantoneira 3mm
28	Suporte para polia e chave FDC	1	Cantoneira 3mm
29	Suporte para rolamento do eixo traseiro	2	Placa AL 10mm

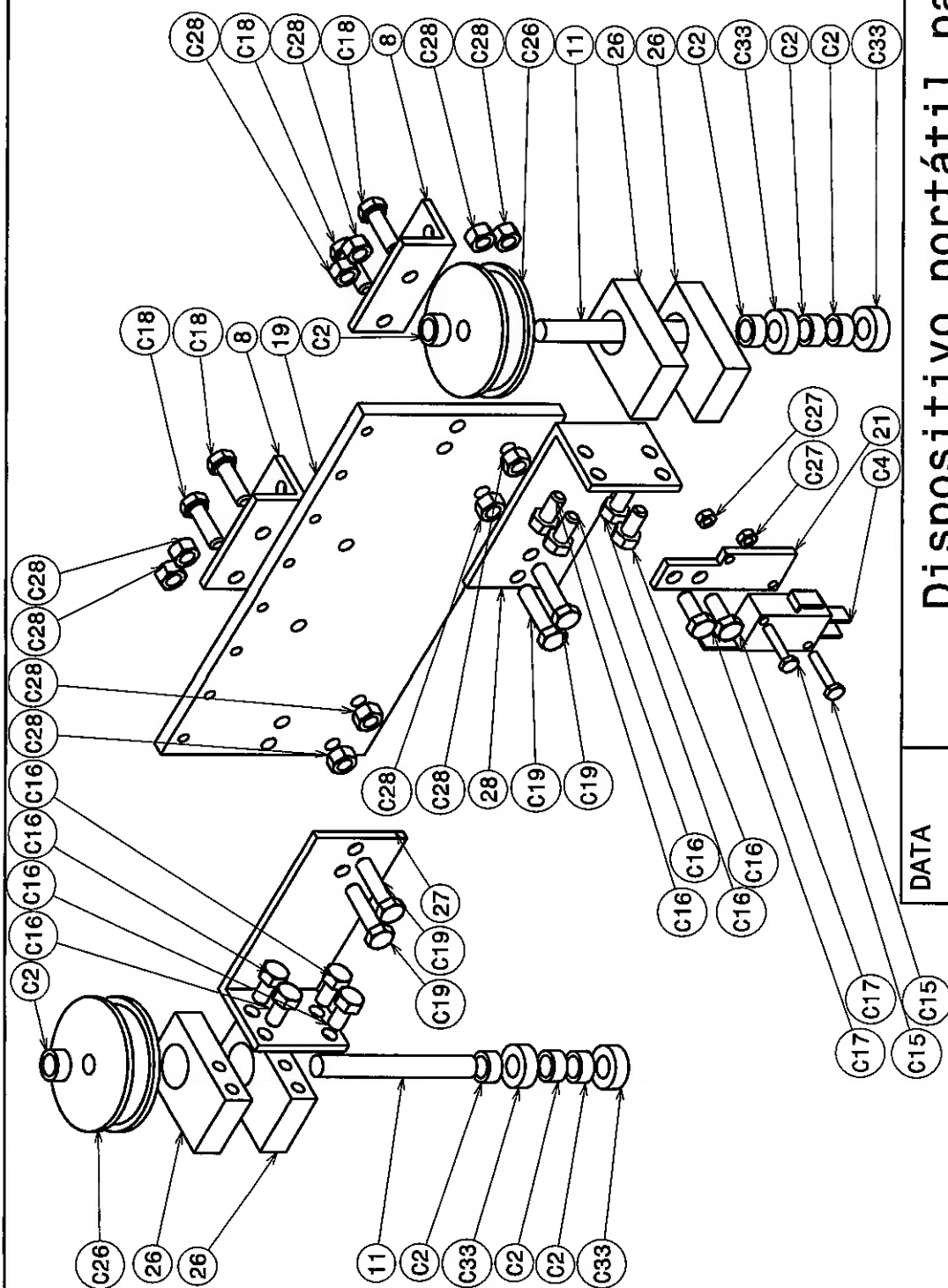
Nome comercial	Modelo	QTD	Estado	Obs:
Anel de Retenção	M5	6		Atrito (talvez usar PAR)
Anel de Retenção	M7	12		Atrito (talvez usar PAR)
Bloco de guia linear	MGN9-C-Z0-CM	1		
Chave de Fim de Curso		1	OK	
Encoder incremental		1		
Guia linear	MGNR9-R155-CM	1		
Motor de passo	M061FD02	2	OK	
O-ring	Di6_Ds5.5	3		Di montado=11
O-ring	Di16_Ds7	1		Di montado=21
Parafuso Allen	M3x12	12		
Parafuso Allen	M3x8	4		
Parafuso Allen	M5x16	2		
Parafuso Allen	M5x65	4		
Parafuso Sem Cabeça	M4x5	2		Com buraco sextavado
Parafuso Sextvado	M3x16	2		
Parafuso Sextvado	M5x10	10		
Parafuso Sextvado	M5x12	6		
Parafuso Sextvado	M5x16	30		
Parafuso Sextvado	M5x20	10		
Parafuso Sextvado	M5x25	10		
Parafuso Sextvado	M5x30	6		
Parafuso Sextvado	M5x40	4		
Parafuso Sextvado	M8x20	2		
Polia sincronizadora	14 5T 8	2	OK	Limar, Furar, Roscar 1
Polia sincronizadora	16 5T 8	1	OK	Limar, Furar, Roscar
Polia sincronizadora	24 5T 8	2	OK	
Porca	M3	10	OK	
Porca	M5	72		
Porca	M8	2		
Roda	3"x20mm	2		
Roda	2"x20mm	1	OK	
Rolamento	Di5_De11_B5	16	OK	
Rolamento	Di7_De14_B5	6		
Rolamento	Di8_De22_B5	2		
Transdutor		1		
Correia Sincronizadora	185 T5 8	1	OK	
Correia Sincronizadora	1000 T5 8	2	OK	

Apêndice C – Desenhos Técnicos de Montagem



DATA
19/11/2006
Tamanho
A4
Escala
1:2

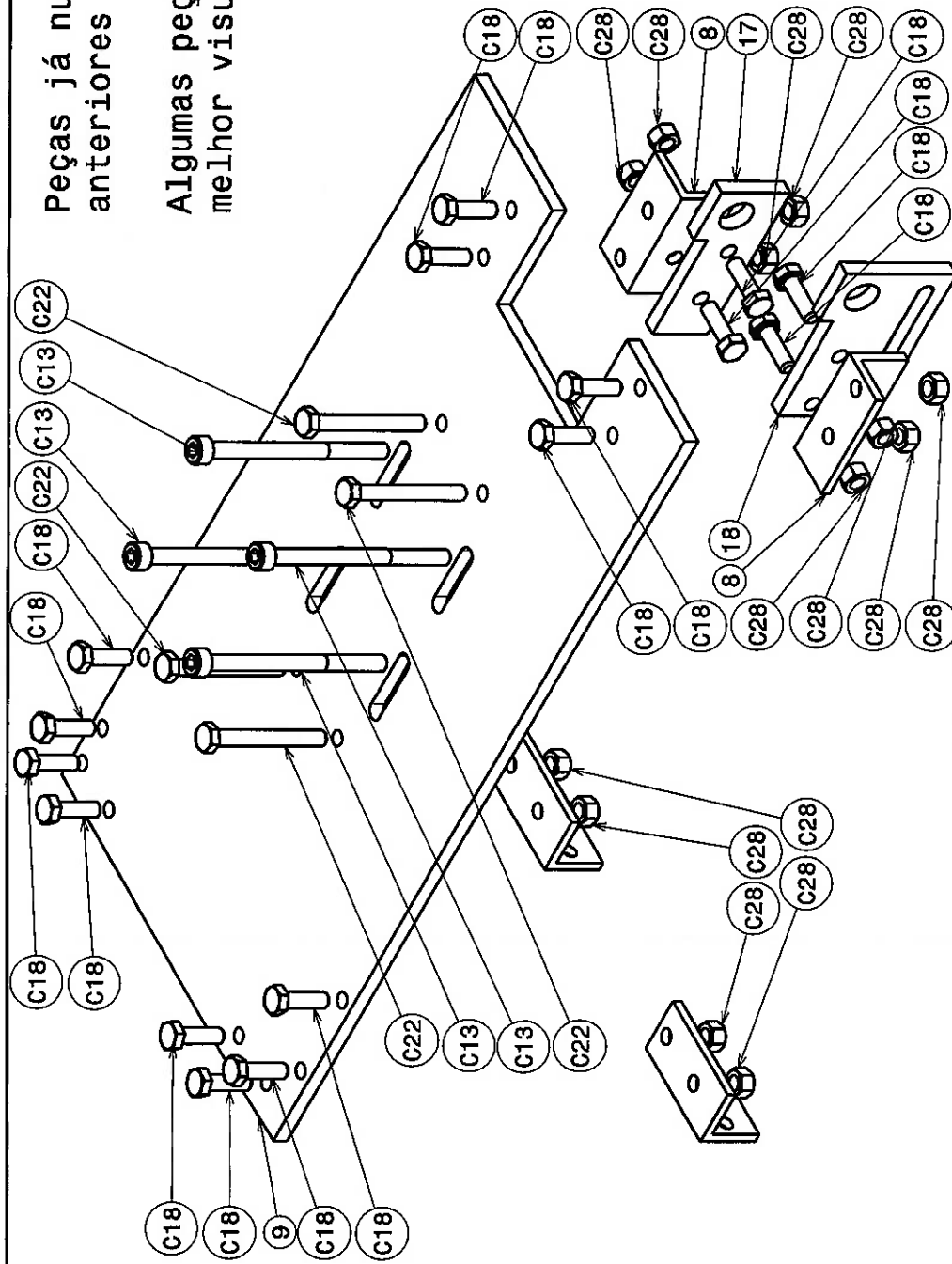
Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Título do Desenho		Número
Montagem		30
		Folha
		1/8



Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som

DATA	19/11/2006
Tamanho	A4
Escala	1:2

Título do Desenho	Número	Folha
Montagem	30	2/8



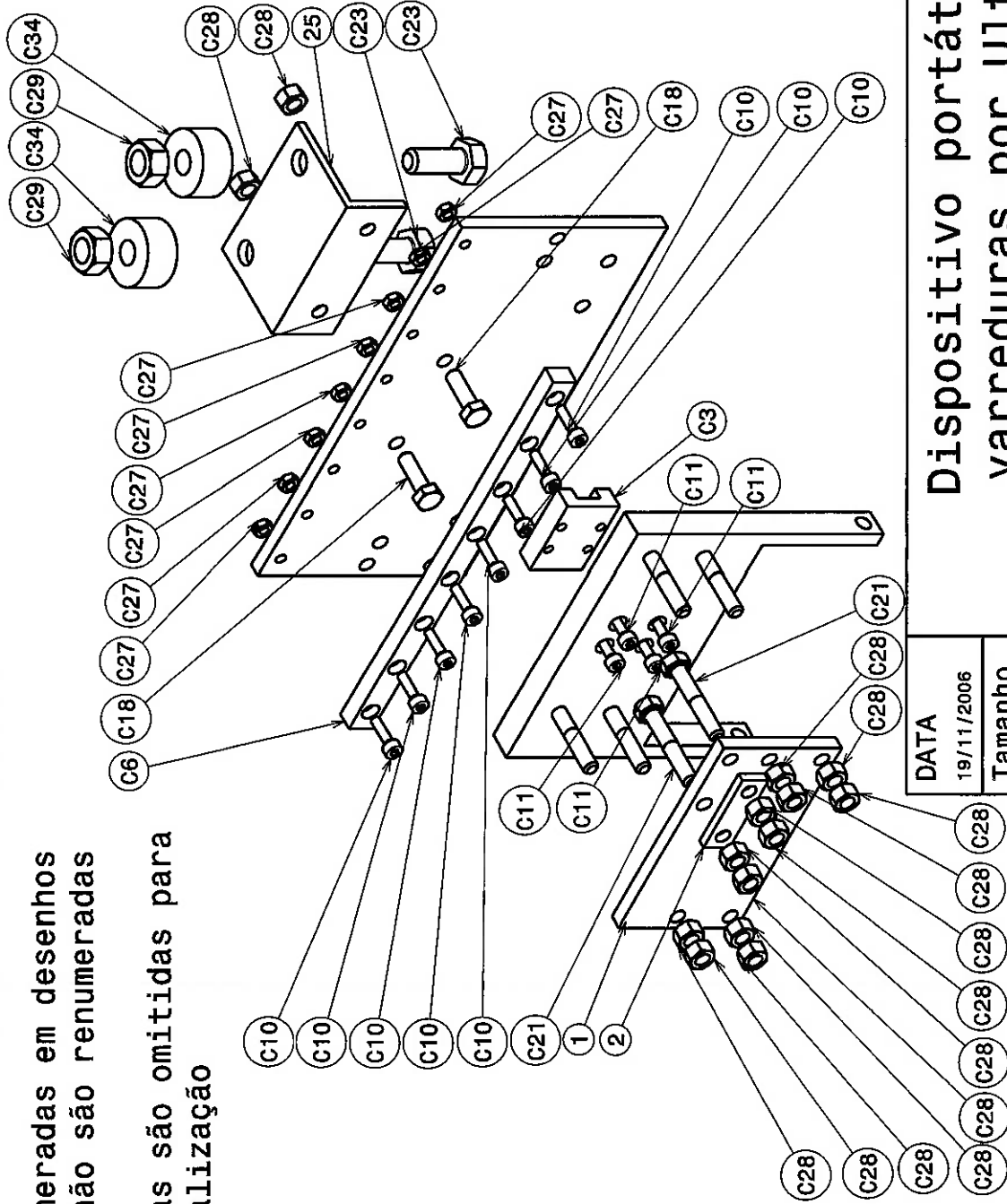
Peças já numeradas em desenhos anteriores não são renumeradas

Algumas peças são omitidas para melhor visualização

Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		Número 30	Folha 4/8
Título do Desenho Montagem			
DATA 19/11/2006	Tamanho A4		
Escala 1:2			

Peças já numeradas em desenhos anteriores não são renumeradas

Algumas peças são omitidas para melhor visualização



Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som

DATA

19/11/2006

Tamanho

A4

Escala

1:2

Título do Desenho

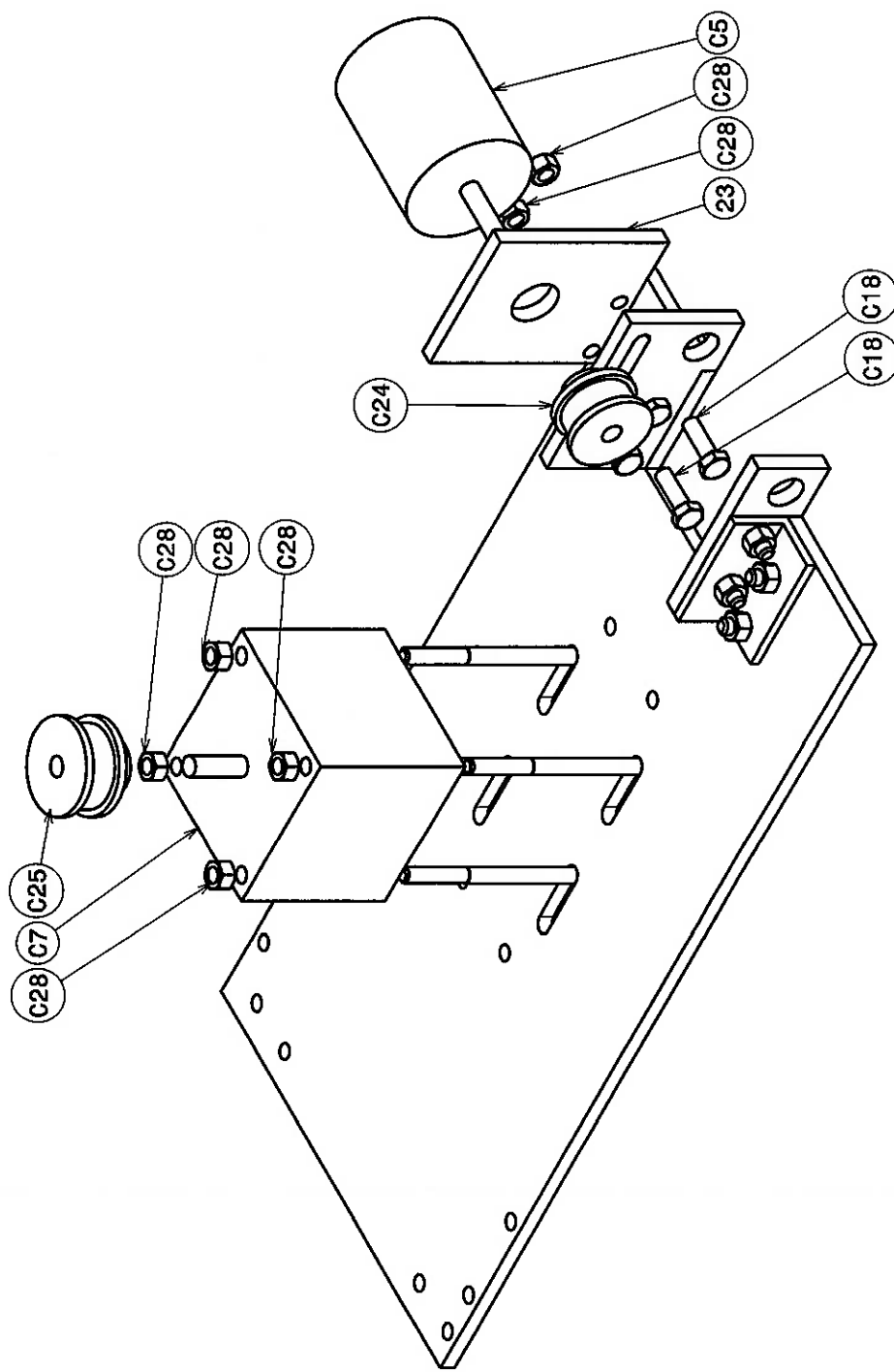
Montagem

Número

30

Folha

3/8

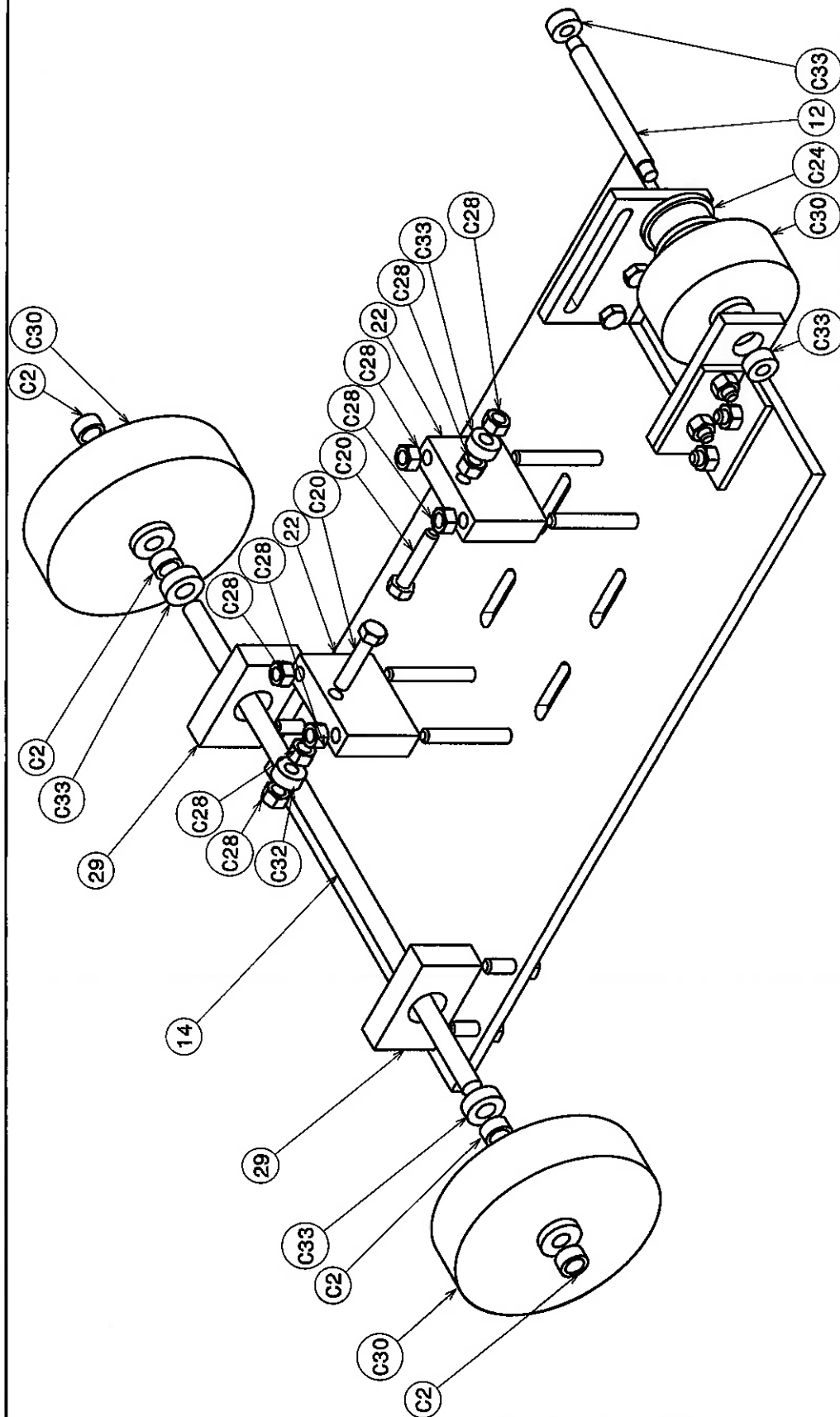


Peças já numeradas em desenhos anteriores não são renúmeradas

Algumas peças são omitidas para melhor visualização

DATA
19/11/2006
Tamanho
A4
Escala
1:2

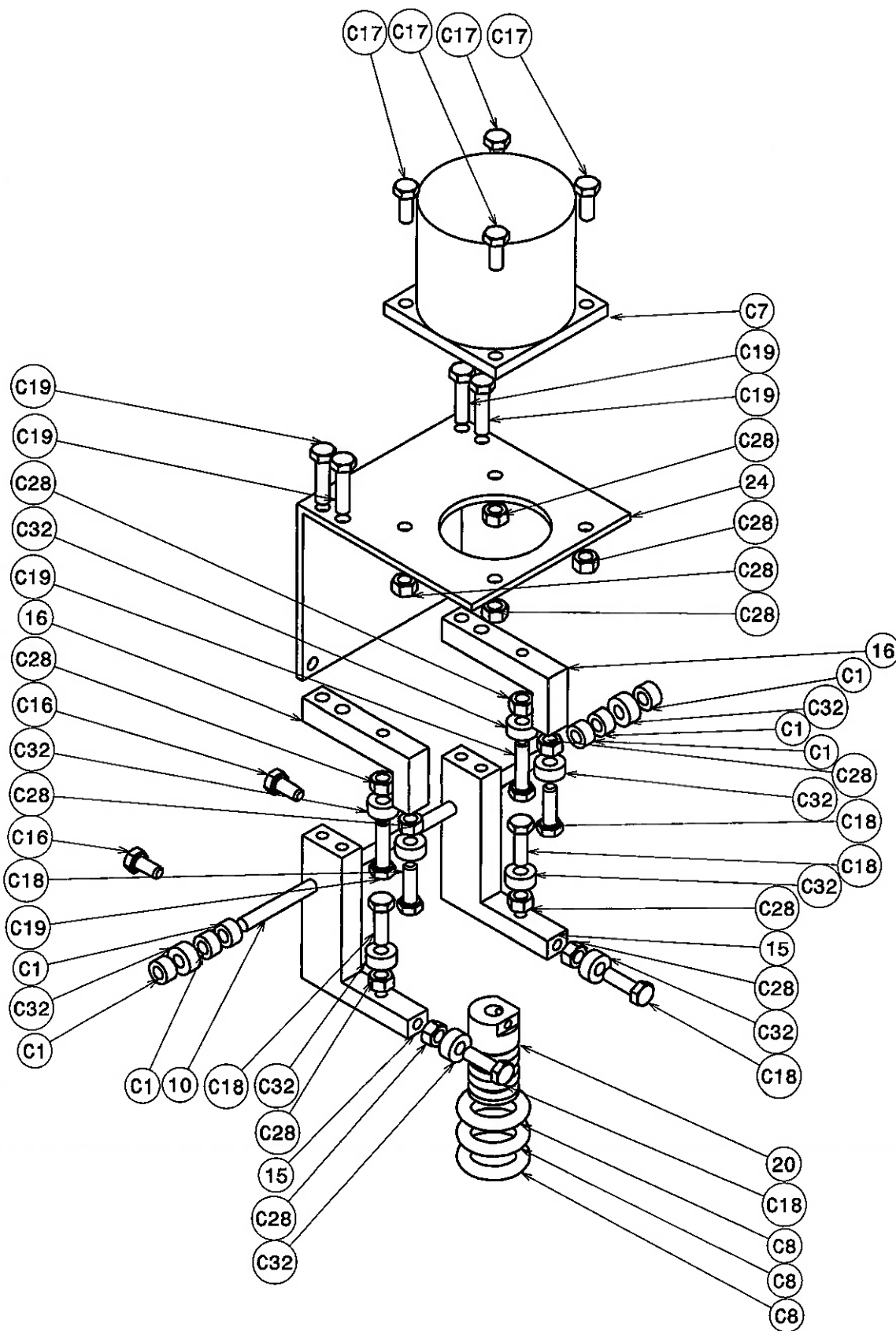
Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		Número	Folha
Título do Desenho		30	6/8
Montagem			



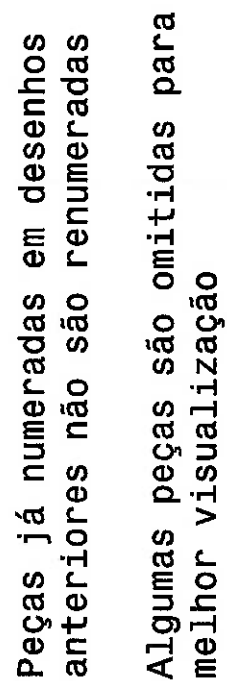
Peças já numeradas em desenhos anteriores não são renumeradas

Algumas peças são omitidas para melhor visualização

DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		Folha 5/8
	Tamanho A4	Número 30	
Escala 1:2	Título do Desenho Montagem		

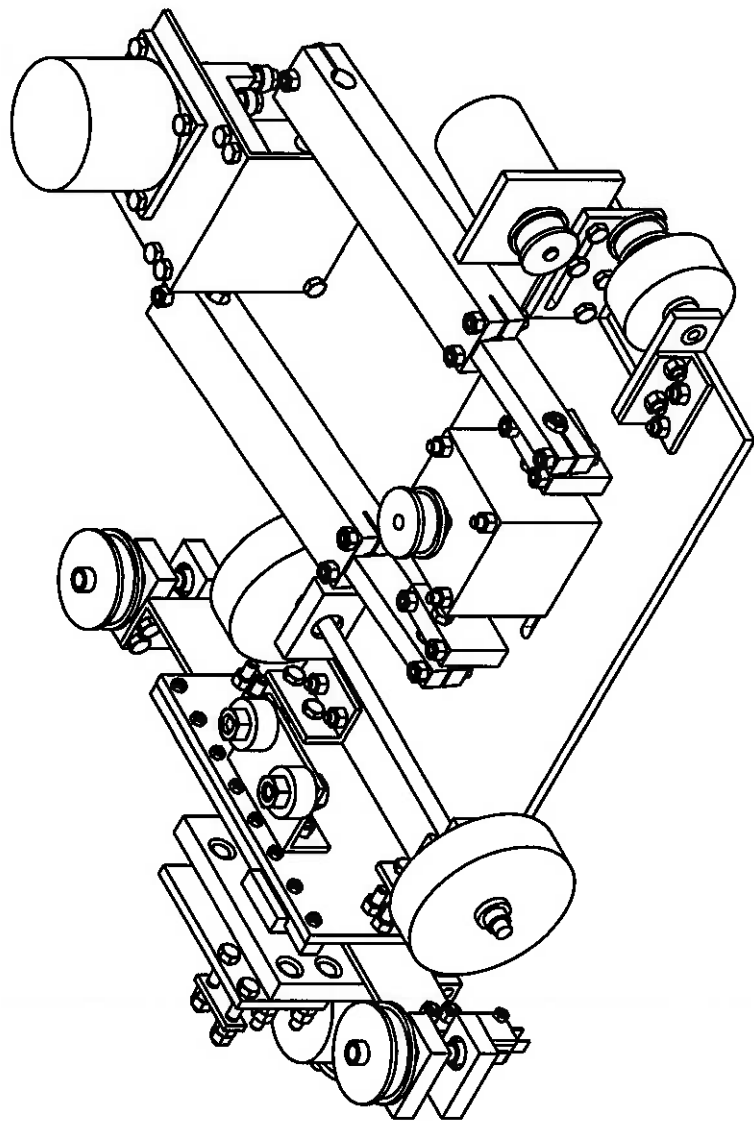


DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:2	Título do Desenho Montagem	Número 30	Folha 7/8

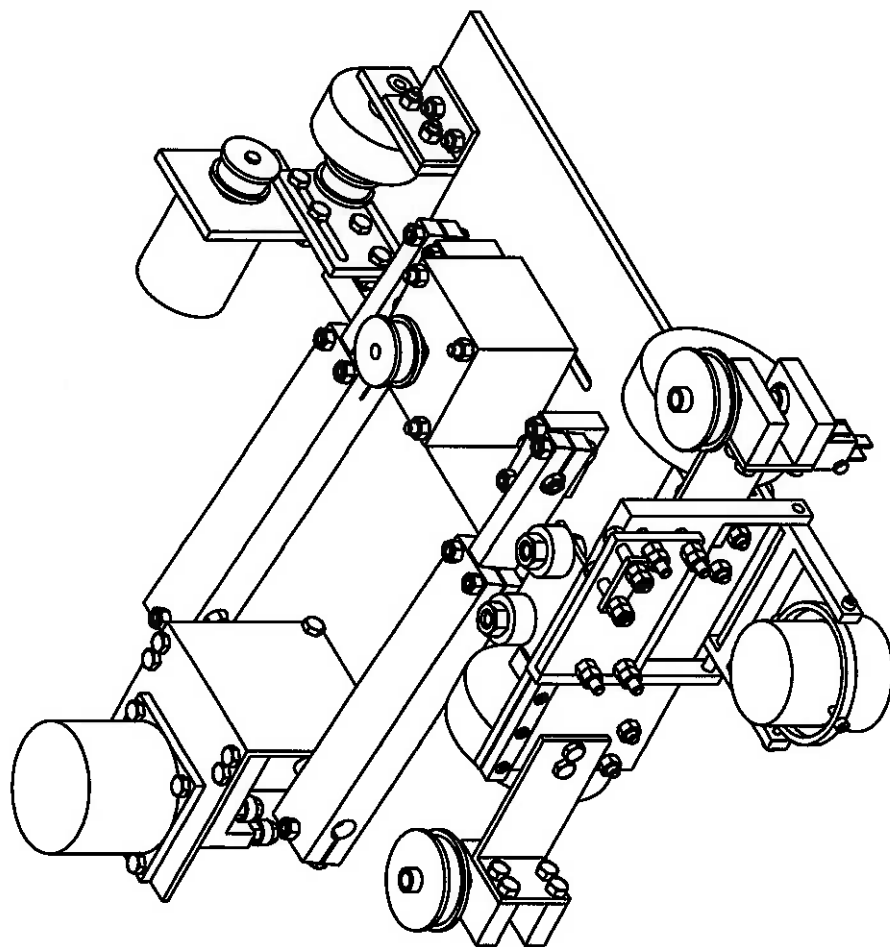


Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som

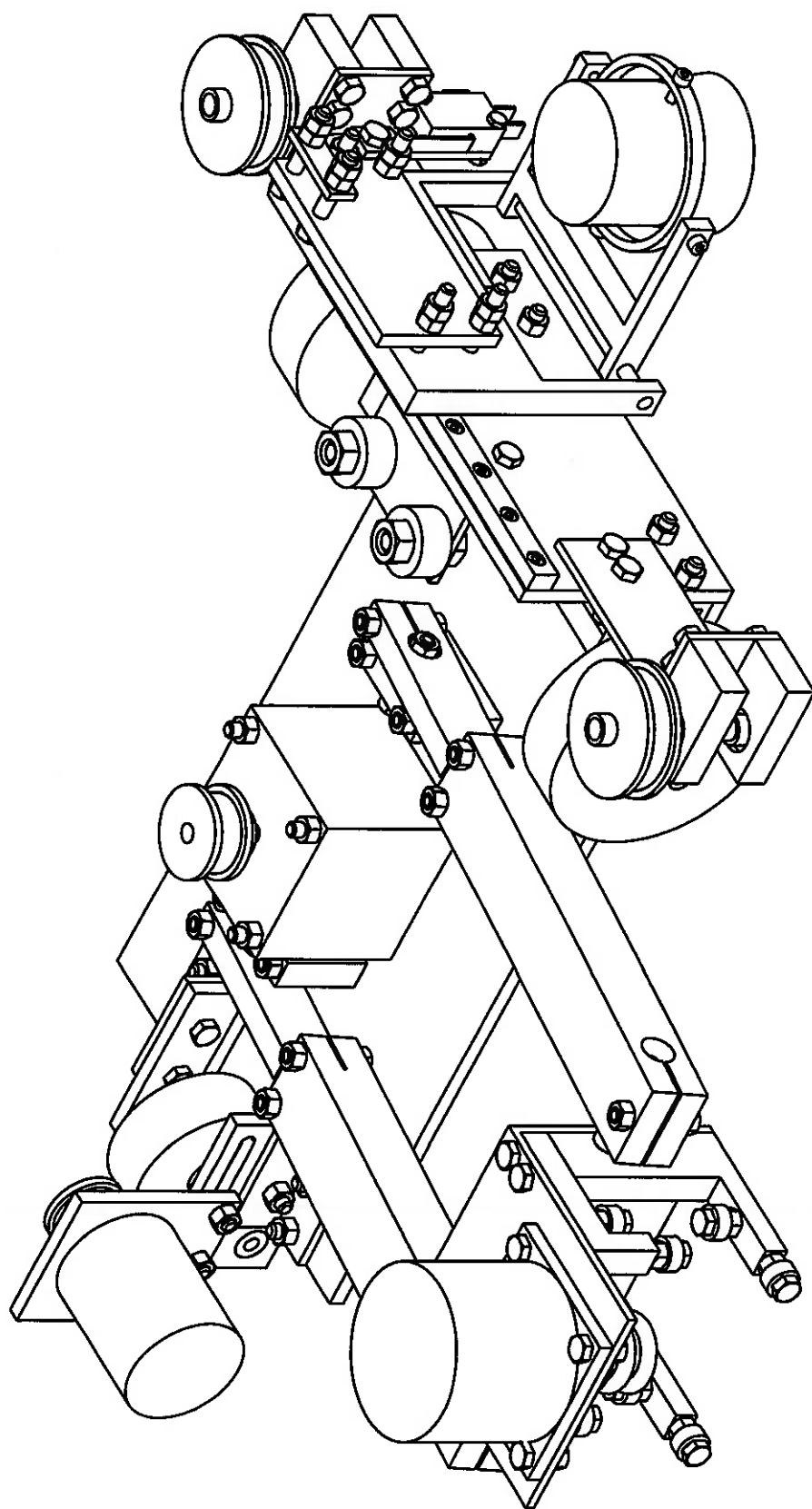
Apêndice D – Desenhos Técnicos de Conjunto



DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4	Título do Desenho Conjunto		
Escala 1:3	Número 31	Folha 1/6	



DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
	Tamanho A4	Título do Desenho Conjunto	Número 31
	Escala 1:3		Folha 2/6



DATA

19/11/2006

Tamanho
A4

Escala
1:2

Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som

Título do Desenho

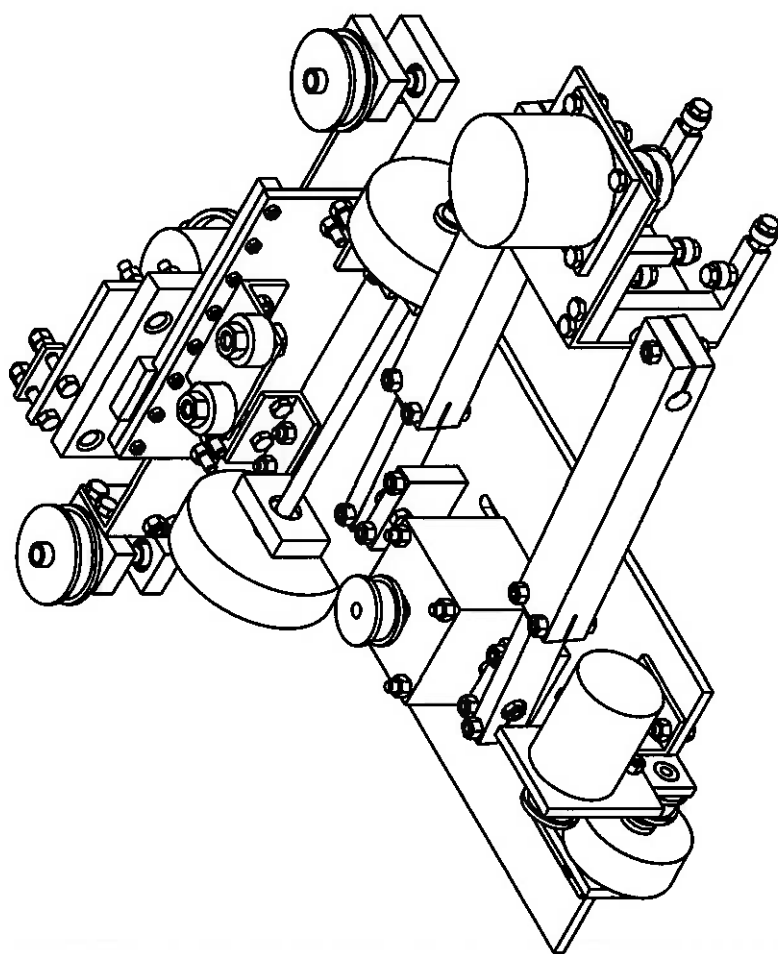
Conjunto

Número

31

Folha

3/6



DATA

19/11/2006

Tamanho

A4

Escala

1:3

Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som

Título do Desenho

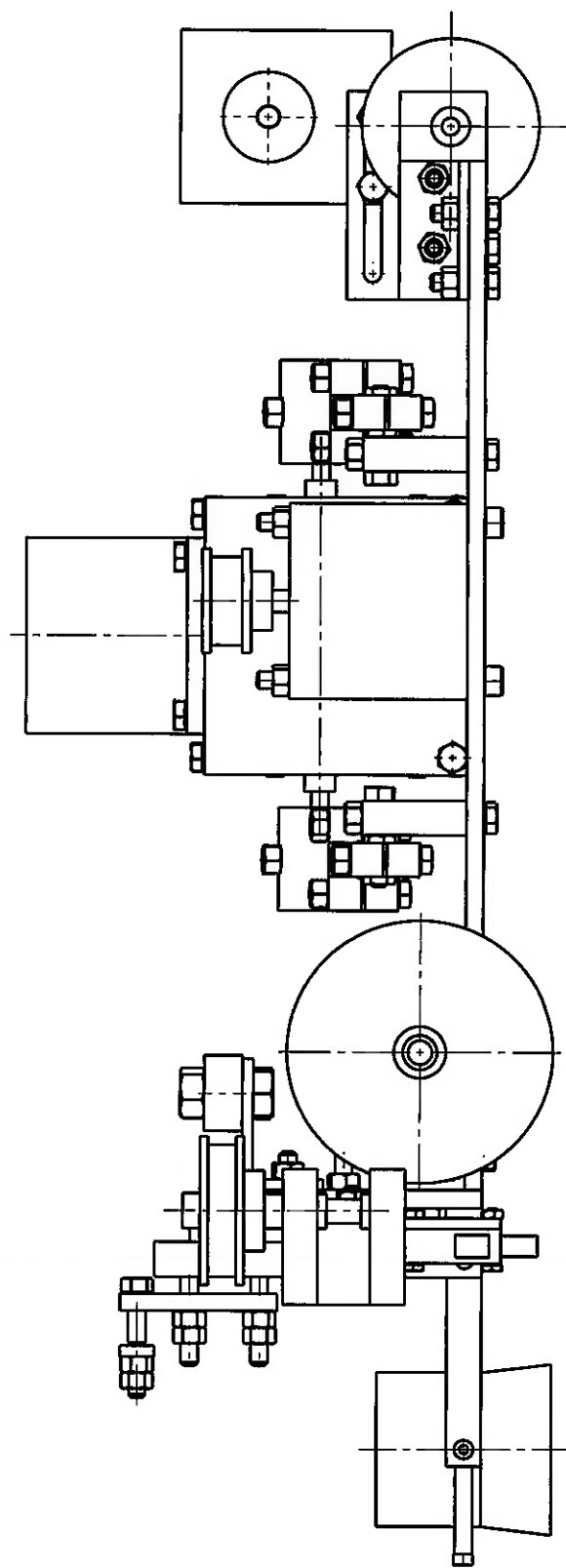
Conjunto

Número

31

Folha

4/6



DATA

19/11/2006

Tamanho

A4

Escala

1:2

Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som

Título do Desenho

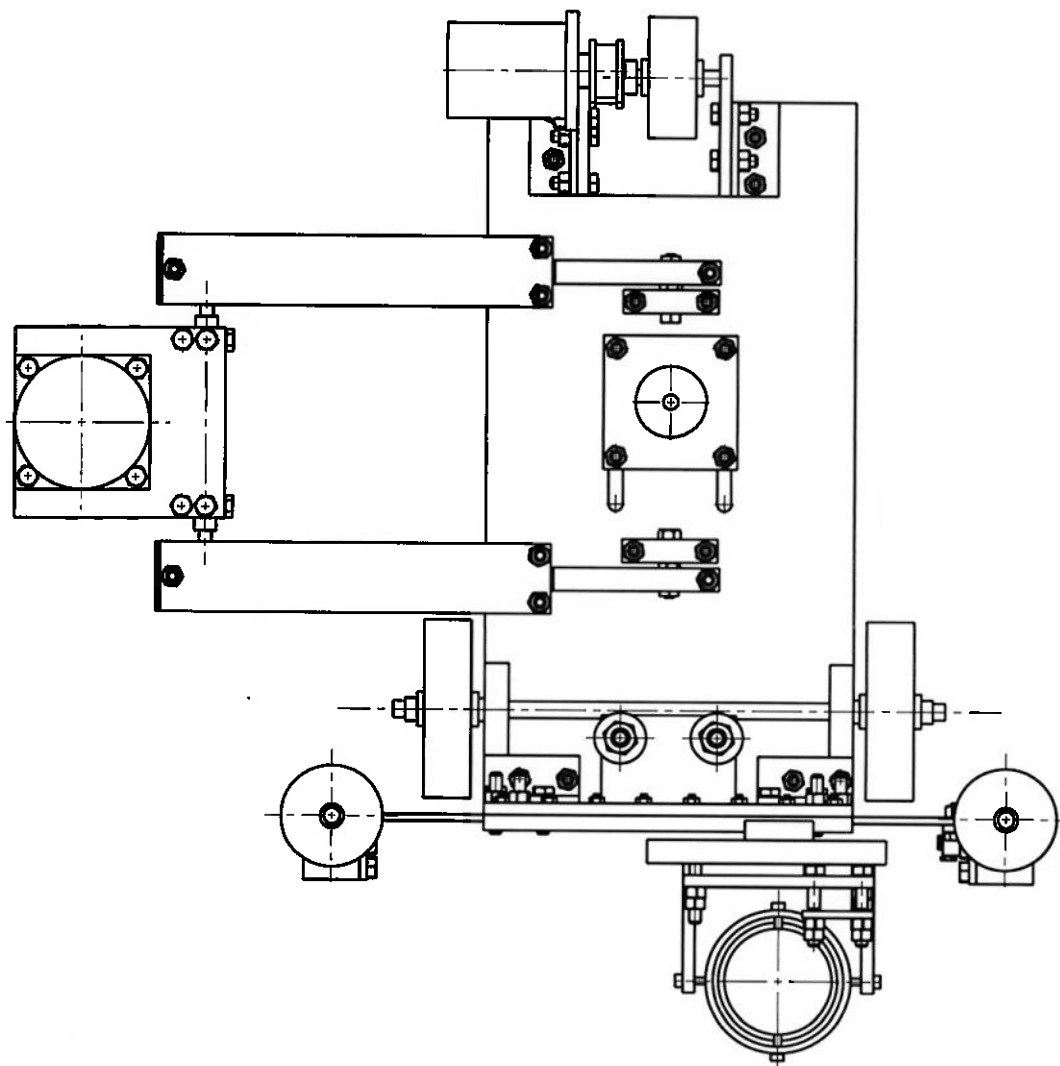
Conjunto

Número

31

Folha

5/6



DATA 19/11/2006	Dispositivo portátil para varreduras por Ultra-som		
Tamanho A4			
Escala 1:3	Título do Desenho Conjunto	Número 31	Folha 6/6