

PEDRO ROSS FERNANDES

Nota final 6,0
(seis)

22/01/04

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE
MOVIMENTAÇÃO DE UM ROBÔ PARA
INSPEÇÃO EM DUTOS E TANQUES FERRO-
MAGNÉTICOS**

Dissertação apresentada à
Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para
obtenção de Título de Bacharel
em Engenharia.

São Paulo
2003.

PEDRO ROSS FERNANDES

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE
MOVIMENTAÇÃO DE UM ROBÔ PARA
INSPEÇÃO EM DUTOS E TANQUES FERRO-
MAGNÉTICOS**

Dissertação apresentada à
Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para
obtenção de Título de Bacharel
em Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia Mecatrônica

Orientador:
Prof. Titular Julio Cezar
Adamowski

São Paulo
2003.

À minha família, pelo apoio ao
longo de todos esses anos. Minha
dívida com vocês é enorme.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Professor Doutor Julio Cezar Adamowski pelas diretrizes.

Aos meus amigos da Escola Politécnica, sem os quais esses anos teriam sido muito mais difíceis.

RESUMO

Este trabalho consiste no projeto e na construção do sistema de locomoção de um robô para a realização de inspeção não-destrutiva por ultra-som em dutos e tanques ferro-magnéticos.

Neste documento estão detalhados os componentes mecânicos e eletrônicos utilizados, bem como toda a parte de software desenvolvida para esta aplicação. Estão presentes também todos os desenhos técnicos para a fabricação dos componentes mecânicos do robô.

O texto representa uma fonte valiosa de informações para aqueles que tiverem interesse em desenvolver sistemas de movimentação automática para robôs, ou em estender o projeto, por exemplo, desenvolvendo o sistema de sensoreamento.

ABSTRACT

This report consists on the design and construction of the movement system of a robot for non-destructive inspection by ultrasound in pipelines and tanks.

All the mechanical and electronic devices used in this project are detailed in this document, as well as the software developed to this application. This report also contains all the mechanical drawings used in the manufacturing of the robot's mechanical devices.

This text represents a valuable source of information for those who intend to design automatic movement systems for robots, or to extend this project, designing the sensing system, for instance.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	ESTUDO DAS SOLUÇÕES EXISTENTES.....	2
2.1	MODELO 1 – TRACKER.....	2
2.2	MODELO 2 – FORCE TECHNOLOGY.....	3
2.3	MODELO 3 – PETROBRÁS.....	3
2.4	RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES OBSERVADAS	4
3.	SOLUÇÃO ESCOLHIDA	5
4.	PROJETO MECÂNICO	8
4.1	TRANSMISSÃO MECÂNICA.....	8
4.2	MOTORES DE PASSO.....	11
4.2.1	TORQUE EXIGIDO.....	11
4.2.2	FREQUÊNCIA DE ACIONAMENTO.....	15
4.2.3	MOTOR DE PASSO ESCOLHIDO	16
4.3	RODAS MAGNÉTICAS.....	16
4.4	EIXOS, ROLAMENTOS E FLANGES.....	18
4.4.1	EIXOS.....	18
4.4.2	ROLAMENTOS	18
4.4.3	FLANGES.....	18
4.6	ESTRUTURA EM ALUMÍNIO	19
5.	PROJETO ELETRÔNICO	21
5.1	MICRO-CONTROLADOR	21
5.2	PLACA DE ACIONAMENTO DE MOTOR DE PASSO (PAMP).....	21
5.2.1	PORTA COM1	22
5.2.2	PORTA COM2	23
5.2.3	PORTAS COM3 E COM4	23
5.3	ESQUEMA DAS LIGAÇÕES	24
6.	SOFTWARE.....	26
6.1	MODOS DE OPERAÇÃO.....	26
6.1.1	MODO MANUAL	26
6.1.2	MODO AUTOMÁTICO	27
6.1.3	FLUXOGRAMA	27
6.2	FUNÇÕES UTILIZADAS.....	27
7.	RESULTADOS OBTIDOS	29
8.	DESENHOS TÉCNICOS	30
9.	ANEXOS.....	32
	ANEXO A – CÓDIGO PARA AO ACIONAMENTO DOS MOTORES	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Robô da Tracker	2
Figura 2 – Robô da Force Technology	3
Figura 3 – Robô da Petrobrás.....	3
Figura 4 – Componentes do Robô.....	7
Figura 5 – Transmissão Mecânica.....	10
Figura 6 - Rodas Magnéticas.....	17
Figura 7 – Montagem das Rodas Magnetizadas.....	17
Figura 8 - Eixos	18
Figura 9 - Flange	19
Figura 10 – Vistas Ortográficas da Estrutura.....	20
Figura 11 – Perspectiva da Estrutura.....	20
Figura 12 – Esquema das Ligações	24
Figura 13 – Fluxograma dos modos de Operação do Robô.....	27
Figura 14 – Desenho de Conjunto em Perspectiva de Metade do Sistema de Locomoção	30
Figura 15 – Desenho de Conjunto – Vista Superior de Metade do Sistema de Locomoção	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificação da Transmissão	8
Tabela 2 – Comprimentos das Correias	9
Tabela 3 – Estimativa da Massa do Robô	12
Tabela 4 – Sinais da COM1 da PAMP	22
Tabela 5 – Sinais da COM2 da PAMP	23
Tabela 6 – Sinais da COM3 e COM4 da PAMP	23
Tabela 7 – Mapa Eletrônico do Rabbit	25

LISTA DE SÍMBOLOS

Alinear	Aceleração linear do sistema de movimentação do robô (m/s^2)
Aangular	Aceleração angular das rodas do sistema de movimentação do robô (rad/s^2)
Aangular1	Aceleração angular do eixo de transmissão 1 (rad/s)
Aangular2	Aceleração angular do eixo de transmissão 2 (rad/s)
Aangular3	Aceleração angular do eixo de transmissão 3 (rad/s)
Fat	Força de atrito atuante nas rodas do robô (N)
Fmotor	Frequência de acionamento dos motores de passo (pulsos por segundo)
Fcorreia motor,1	Força tensora na correia da transmissão entre o motor e o eixo 1 (N)
Fcorreia 1,2	Força tensora na correia da transmissão entre os eixos 1 e 2 (N)
Fcorreia 2,3	Força tensora na correia da transmissão entre os eixos 2 e 3 (N)
Irotor	Inércia do rotor do motor de passo (kg.m^2)
Ieixo	Inércia estimada de cada eixo do sistema de transmissão (kg.m^2)
Iroda	Inércia de cada roda do sistema de movimentação do robô (kg.m^2)
Mrobô	Massa total do sistema de movimentação do robô (kg)
Ntransmissão	Relação de transmissão equivalente entre o motor de passo e as rodas (adimensional)

Rroda	Raio das rodas do sistema de movimentação do robô (mm)
StepAngle	Step angle dos motores de passo (graus/pulso)
Troda	Torque externo imposto nas rodas motoras do robô (N.m)
Vrobô	Velocidade linear de deslocamento do robô (m/s)

1. INTRODUÇÃO

Dutos e os tanques são elementos estruturais extremamente comuns nos projetos de engenharia. Eles estão utilizados numa diversidade enorme de aplicações, entre elas no transporte e armazenamento de fluidos.

Estes elementos geralmente ficam expostos ao meio ambiente, muitas vezes em condições bastante adversas, o que pode comprometer a sua integridade estrutural. A inspeção nesses elementos é uma forma de prevenir e de identificar falhas que possam prejudicar o desempenho dos sistemas mecânicos.

No transporte e armazenamento de óleos e gases, identificou-se a necessidade de se verificar a integridade da parede de tubulações e tanques. Muitas vezes, essas tubulações podem chegar a possuir muitos metros de comprimento. Os tanques podem, em muitos casos, comportar milhares de metros cúbicos de fluido. Há uma grande dificuldade em se fazer inspeção nesses elementos.

Este trabalho trata do projeto e da construção do sistema de movimentação para um robô que faça esse tipo de inspeção de forma automática. A inspeção automática é uma forma rápida, barata e segura de se verificar a integridade estrutural dos dutos e tanques.

2. ESTUDO DAS SOLUÇÕES EXISTENTES

Numa primeira etapa, verificou-se o que já tinha sido feito visando à resolução do problema. As soluções encontradas consistiam basicamente da utilização de robôs micro-controlados. As fotos abaixo ilustram modelos que foram pesquisados e que de alguma forma influenciaram na solução proposta:

2.1 MODELO 1 – TRACKER

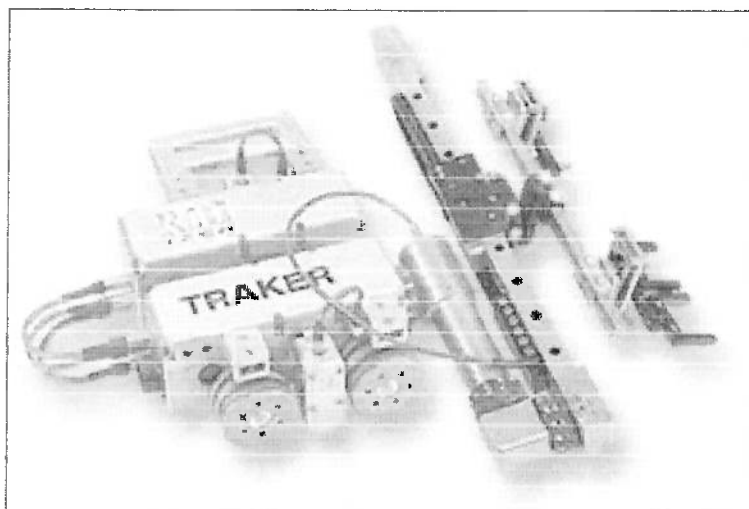


Figura 1 – Robô da Tracker

Características: Tamanho compacto, quatro rodas magnéticas, transdutor movimentado ao longo de uma guia para a realização de varredura.

2.2 MODELO 2 – FORCE TECHNOLOGY

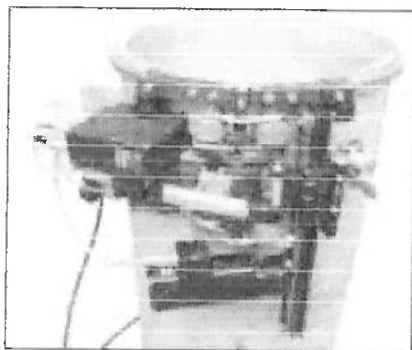


Figura 2 – Robô da Force Technology

Características: Tamanho compacto, quatro rodas magnéticas, articulação central, transdutor movimentado ao longo de uma guia para a realização de varredura.

2.3 MODELO 3 – PETROBRÁS



Figura 3 – Robô da Petrobrás

Detalhe do mecanismo de posicionamento do transdutor magnético: transdutor localizado num mecanismo posicionador (com mola) e movimentado ao longo de uma guia linear para a realização de varredura.

2.4 RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES OBSERVADAS

As soluções propostas envolviam o uso de robôs capazes de realizar inspeções por ultra-som (não destrutivas) e de forma automatizada. Em todos os modelos analisados: o transdutor é movimentado ao longo de uma guia linear para varredura, são utilizadas quatro rodas magnetizadas.

3. SOLUÇÃO ESCOLHIDA

A exemplo do que foi observado nas soluções existentes, optou-se por construir um robô micro-controlado capaz de realizar inspeção por ultra-som.

Com relação à parte de movimentação, o robô será equipado com os seguintes componentes:

▪ ESTRUTURA EM ALUMÍNIO

Será utilizada uma estrutura sobre a qual serão montados todos os componentes do robô. Ela será construída em alumínio para diminuir o peso do sistema de movimentação e conseqüentemente reduzir o torque necessário dos motores

▪ MOTORES DE PASSO

Os motores de passo serão utilizados no acionamento de todo o sistema de movimentação do robô. Como vantagens, os motores de passo apresentam baixo custo e facilidade de controle (o controle pode ser feito em malha aberta).

▪ TRANSMISSÕES MECÂNICAS

As transmissões mecânicas serão utilizadas para amplificar o torque e para reduzir a velocidade dos motores de passo.

▪ RODAS MAGNETIZADAS

As rodas magnéticas serão utilizadas para que o robô consiga aderir e movimentar-se ao longo das paredes dos dutos e tanques inspecionados.

▪ EIXOS

Serão utilizados para diminuir o atrito e para melhorar a precisão dos mecanismos.

▪ **ROLAMENTOS**

Serão utilizados para diminuir o atrito e para melhorar a precisão dos mecanismos.

▪ **MICROCONTROLADOR PROGRAMÁVEL**

Um microcontrolador será utilizado para acionar os motores do robô e para a programação de trajetórias.

▪ **DRIVERS PARA ACIONAMENTO DOS MOTORES**

Os drivers serão utilizados entre o microcontrolador e os motores de forma a gerar por hardware os sinais necessários no acionamento dos motores.

Adicionalmente, serão necessários os seguintes componentes (não relacionados ao sistema de movimentação):

▪ **TRANSDUTOR DE ULTRA-SOM**

O transdutor será o responsável por captar os sinais referentes à integridade dos tanques e dutos.

▪ **GUIA LINEAR**

O Transdutor será deslocado ao longo de uma guia linear de forma a fazer inspeção por varredura.

▪ **MOTORES DE PASSO**

Um motor de passo será utilizado para deslocar o transdutor ao longo da guia.

▪ MICROCONTROLADOR PROGRAMÁVEL

O mesmo controlador que será utilizado para acionar os motores do sistema de movimentação será utilizado para ler e interpretar os sinais enviados pelo transdutor de ultra-som.

O desenho abaixo ilustra os componentes citados:

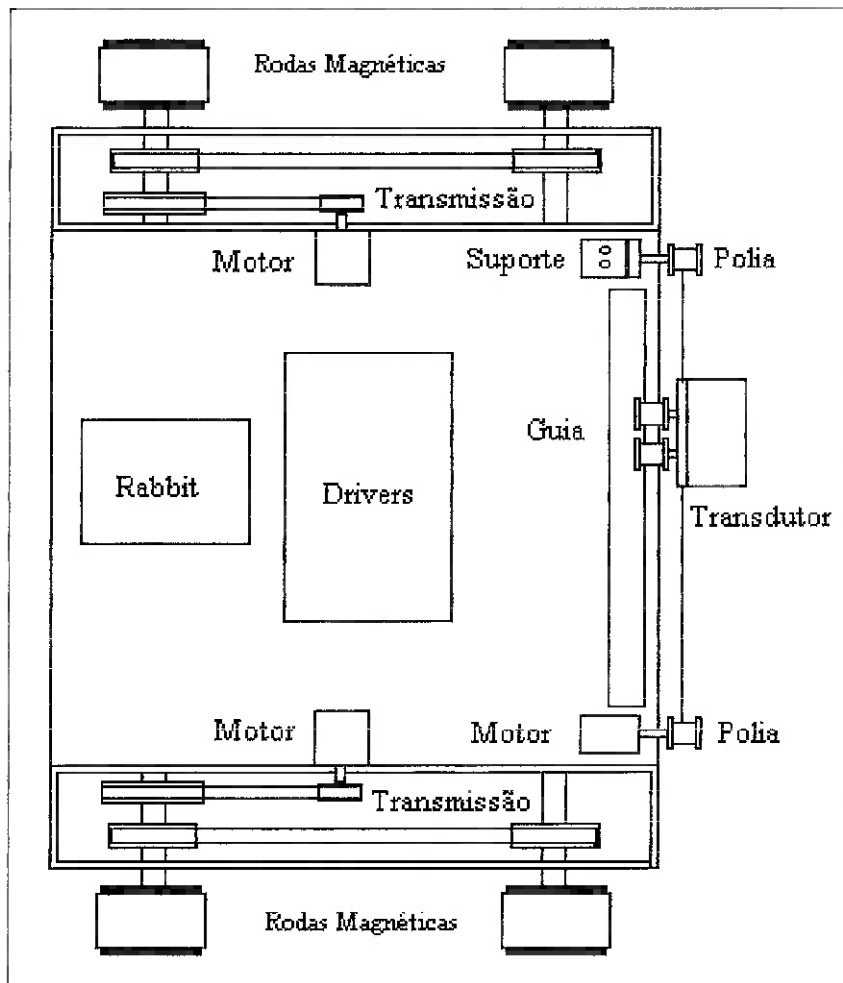


Figura 4 – Componentes do Robô

4. PROJETO MECÂNICO

4.1 TRANSMISSÃO MECÂNICA

Para a transmissão serão utilizadas correias sincronizadoras HTD com passo de 3 milímetros. O perfil HTD é muito utilizado em aplicações que requerem precisão devido ao formato arredondado de seus dentes, que eliminam folgas entre a correia e as polias.

Serão utilizados dois trens de transmissão (um para cada motor). Cada trem será composto de duas polias grandes e quatro polias pequenas. A especificação da transmissão encontra-se na tabela abaixo:

TRABALHO DE FORMATURA			
Especificação da transmissão			
Fabricante - Schneider			
Equipamento	Código	Especificações	Quantidade
Polia Grande	HTD 72 3m 9	Diâmetro Primitivo - 68,75 Diâmetro sobre Flanges - NA Largura Total - 26,5 Número de Dentes - 72	4
Polia Pequena	HTD 24 3m 9	Diâmetro Primitivo - 22,92 Diâmetro sobre Flanges - 26 Largura Total - 25,2 Número de Dentes - 24	8
Correia	HTD 3m 9	276 mm	2
		255 mm	2
		420 mm	2

Tabela I - Especificação da Transmissão

Esses tamanhos de polias foram escolhidos por serem os menores do catálogo do fabricante que possibilitariam uma relação de transmissão de três vezes e, além disso, que poderiam ter seus cubos furados com oito milímetros de diâmetro. Desta maneira, conseguiu-se uma relação de transmissão que fosse leve, que amplificasse o torque do motor de passo e que pudesse ser montada sobre eixos suficientemente rígidos.

Os comprimentos das correias foram determinados a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Comprimento} = 2.A + \frac{\pi}{2} \cdot (D1 + D2) + \frac{(D1 - D2)^2}{4.A}, \text{ em que}$$

D1 e D2 são dos diâmetros das polias e A é a distância entre os centros das polias.

SELEÇÃO DA TRANSMISSÃO				
Cálculo dos comprimentos das correias				
Diâmetro Polia 1	Diâmetro Polia 2	Distância entre Centros	Comprimento Correia	Comprimento mais Próximo Disponível
22,92	22,92	172	416	420
68,75	22,92	60	273	276
68,75	22,92	51	256	255

Medidas em milímetros

Tabela 2 – Comprimentos das Correias

O desenho abaixo ilustra as transmissões que serão utilizadas no projeto:

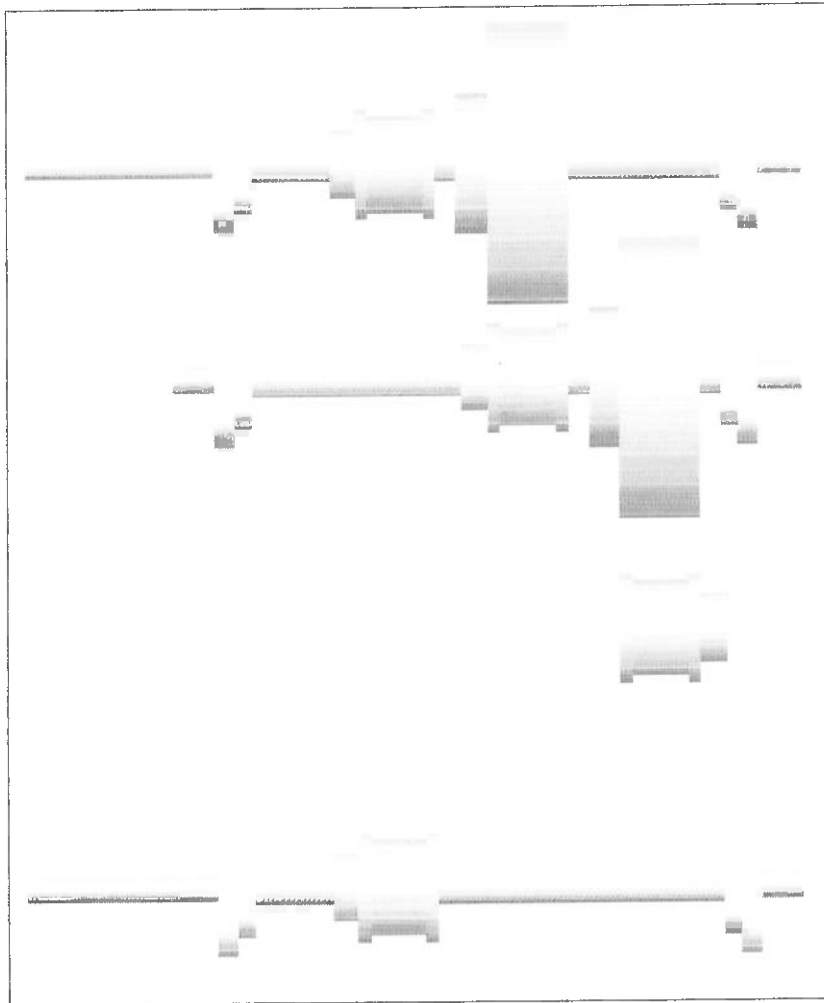


Figura 5 – Transmissão Mecânica

O eixo de transmissão mais acima nesta figura será chamado de eixo 2. O eixo de transmissão logo abaixo será chamado de eixo 1 e o eixo mais abaixo na figura acima será chamado de eixo 3. O motor será ligado numa polia pequena (entre os eixos 1 e 3).

Neste projeto serão utilizadas apenas duas reduções, totalizando uma redução de nove vezes (três vezes entre os eixos 1 e 2 e três vezes entre os eixos 2 e 3).

4.2 MOTORES DE PASSO

Na escolha do motor de passo, devem ser considerados dois fatores: o torque exigido e a frequência de acionamento do motor.

4.2.1 TORQUE EXIGIDO

Há três tipos de torque que devem ser considerados: o torque residual, o torque de travamento e o torque dinâmico.

O torque residual é o torque existente no motor de passo quando o mesmo não está energizado. O torque aparece devido ao fluxo magnético do ímã permanente do rotor do motor. O valor do torque é de aproximadamente 10% do torque de travamento.

O Torque de Travamento é o torque resistente que o motor oferece quando a alimentação está ligada, mas o motor está parado. O torque de travamento é em geral 110 a 115% do torque nominal.

Finalmente, o torque dinâmico que é o que deve ser considerado na análise dinâmica a ser feita subdivide-se em torque *pull-in* e o torque *pull-out*. O torque *pull-in* é o torque que o motor oferece para partida e parada sem perda de passo. O torque *pull-out* é o torque que o motor oferece quando é lentamente acelerado. A diferença entre as curvas de *pull-in* e *pull-out* é a inércia do rotor do motor, podendo a mesma ser desconsiderada a baixas rotações, fazendo a curva de *pull-in* e *pull-out* praticamente idênticas.

Para dimensionar o torque máximo a ser exigido no motor, foi utilizado o seguinte equacionamento:

I) Estimativa da Massa do Robô:

DIMENSIONAMENTO DOS MOTORES DE PASSO

Estimativa da massa do robô

Componente	Qtdd	Volume (g)	Densidade (g/cm³)	Massa (g)
Estrutura	2	145	3	871
Eixos	6	68	3	1.221
Flanges	6	68	3	1.221
Transmissão	1			250
Eletrônica Embarcada	1			500
Rodas	4	38	7,8	1.201
Motores	2			1.000
Total				6.265

Tabela 3 - Estimativa da Massa do Robô

$$M_{\text{robô}} = 6,265 \text{ kg}$$

II) Cálculo do Torque Máximo nas Rodas Motoras

Na condição mais crítica para os motores, o robô sobe uma parede vertical com sua máxima aceleração.

$$F_{\text{at}} - \text{Peso} = M \cdot A_{\text{linear}}$$

O torque externo imposto a cada uma das rodas é igual a:

$$T_{\text{roda}} = \frac{1}{4} \cdot F_{\text{at}} \cdot R_{\text{roda}}$$

Utilizando:

$$A_{\text{linear}} = 2,5 \text{ m/s}^2$$

$$R_{\text{roda}} = 35 \text{ mm}$$

$$\text{Peso} = 61,4 \text{ N}$$

Encontramos:

$$F_{at} = 77,1 \text{ N}$$

$$T_{roda} = 0,67 \text{ N.m}$$

III) Cálculo do Torque Imposto na Polia Pequena do Eixo 3

$$A_{angular3} = A_{angular} = \frac{A_{linear}}{R_{roda}}$$

$$T_{poliapeq3} - T_{roda} = I_{eixo3} . A_{angular}$$

$$F_{poliapeq3} = \frac{T_{poliapeq3}}{R_{poliapeq}}$$

Utilizando:

$$I_{eixo3} = 0,0003 \text{ kg.m}^2$$

$$R_{poliapeq} = 11,46 \text{ mm}$$

Encontramos:

$$A_{angular3} = 71,4 \text{ rad/s}^2$$

$$T_{poliapeq3} = 0,70 \text{ Nm}$$

$$F_{poliapeq3} = 61 \text{ N}$$

IV) Cálculo do Torque na Polia Grande do Eixo 2

Sobre o eixo 2 estão montadas uma polia pequena e uma grande. A polia pequena é a movida e a grande é a motriz.

$$T_{poliagde2} - T_{roda} - F_{poliapeq2} . R_{poliapeq} - I_{eixo2} . A_{angular}$$

$$A_{angular2} = A_{angular3}$$

$$F_{poliapeq3} = F_{poliapeq2}$$

$$F_{poliagde2} = \frac{T_{poliagde2}}{R_{poliagde}}$$

Utilizando:

$$I_{eixo2} = 0,0003 \text{ kg.m}^2$$

Encontramos:

$$A_{angular2} = 71,4 \text{ rad/s}^2$$

$$T_{poliagde2} = 1,40 \text{ N.m}$$

$$F_{poliagde2} = 40,1 \text{ N}$$

V) Cálculo do Torque na Polia Grande do Eixo 1

Sobre o eixo 1 estão montadas uma polia pequena e uma grande. A polia pequena é a movida e a grande é a motriz.

$$T_{poliagde1} - F_{poliapeq1} \cdot R_{poliapeq} = I_{eixo1} \cdot A_{angular1}$$

$$A_{angular1} = A_{angular2} \cdot N_{transmissão1,2}$$

$$F_{poliapeq1} = F_{poliagde2}$$

$$F_{poliagde1} = \frac{T_{poliagde1}}{R_{poliagde}}$$

Utilizando:

$$I_{eixo1} = 0,0003 \text{ kg.m}^2$$

$$N_{transmissão1,2} = 3$$

Encontramos:

$$A_{angular1} = 214.2 \text{ rad/s}^2$$

$$T_{poliagde1} = 0,52 \text{ N.m}$$

$$F_{poliagde1} = 15,4 \text{ N}$$

VI) Cálculo do Torque no Motor de Passo

$$T_{motor} - F_{poliamotor} . R_{poliapeq} = I_{motor} . A_{angularmotor}$$

$$A_{angularmotor} = A_{angular1} . N_{transmissãoomotor,1}$$

$$F_{poliamotor} = F_{poliagde1}$$

Utilizando:

$$N_{transmissãoomotor,1} = 3$$

$$I_{motor} = 0,00002 \text{ kg.m}^2$$

Encontramos:

$$A_{angularmotor} = 642.6 \text{ rad/s}^2$$

$$T_{motor} = 0,19 \text{ N.m}$$

Segundo o fabricante, o valor encontrado deve ser aumentado de 25% por causa dos atritos. Utilizando também um coeficiente de segurança de 50%, o motor precisará de um torque de:

$$T_{motor} = 3550 \text{ g-cm}$$

4.2.2 FREQUÊNCIA DE ACIONAMENTO

A frequência de acionamento do motor deve ser determinada a partir da velocidade de deslocamento do robô, do diâmetro das rodas e da relação de transmissão. As equações abaixo ilustram o cálculo deste parâmetro:

$$W_{motor} = \frac{V_{robô}}{R_{roda}} \cdot N_{transmissão} \cdot \frac{60}{2\pi}$$

$$F_{motor} = \frac{W_{motor}}{StepAngle} \cdot \frac{360}{60}$$

Foram utilizados os seguintes valores para as variáveis acima:

$V_{robô} = 150 \text{ mm/s}$ (máxima)

$R_{roda} = 35 \text{ mm}$

$N_{transmissão} = 9$

$StepAngle = 1 \text{ grau/pulso}$

O valor encontrado para a frequência de acionamento do motor foi de:

$F_{motor} = 1.228 \text{ pps}$ (máxima)

4.2.3 MOTOR DE PASSO ESCOLHIDO

O motor de passo escolhido, de acordo com os cálculos feitos, foi o 23LM-C004, da Impex. No anexo deste trabalho estão as especificações deste motor.

4.3 RODAS MAGNÉTICAS

O acoplamento magnético entre o robô e a superfície a ser inspecionada será feito através de rodas imantadas conforme ilustrado na figura abaixo:

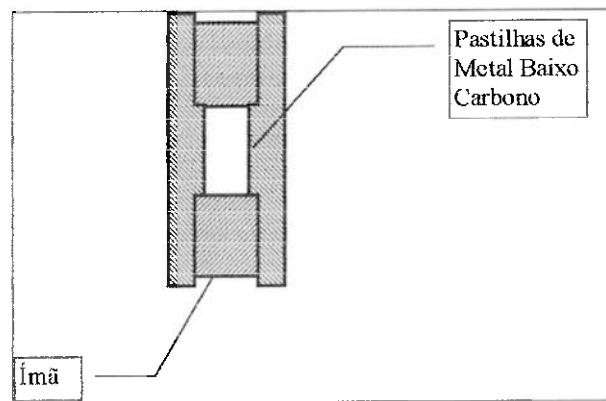


Figura 6 - Rodas Magnéticas

Duas pastilhas de aço baixo carbono são acopladas a ímãs com o objetivo de orientar as linhas de fluxo magnético axialmente. O material magnético pode ser ferrite de bário, ferrite de estrôncio ou um ímã de terras raras, como o samário-cobalto, dependendo da força de acoplamento magnético exigida.

No caso deste projeto, serão utilizados ímãs de terra-rara com rodas de aço 1020.

O desenho abaixo ilustra a montagem das rodas (os ímãs estarão dispostos axialmente):

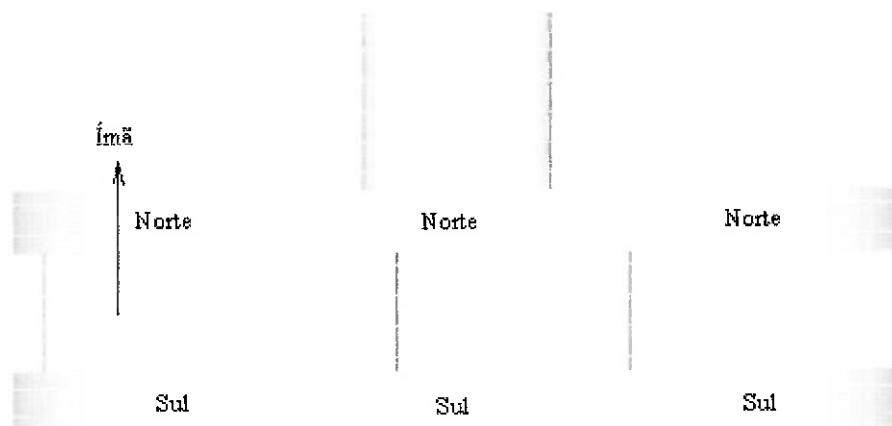


Figura 7 - Montagem das Rodas Magnetizadas

4.4 EIXOS, ROLAMENTOS E FLANGES

4.4.1 EIXOS

Para sustentar as transmissões e as rodas, serão utilizados seis eixos de aço, sendo que cada conjunto de transmissão utilizará três eixos. Desses três eixos, dois serão longos para comportar as rodas, além da transmissão. O outro eixo será curto por só comportar a transmissão.

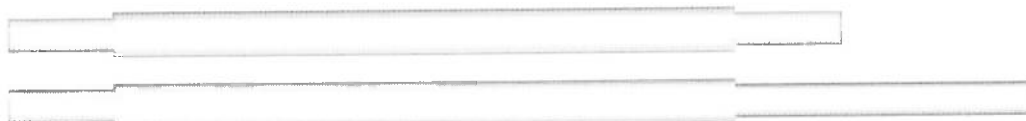


Figura 8 - Eixos

4.4.2 ROLAMENTOS

Sobre cada eixo, serão montados dois rolamentos de uma carreira de esferas. Os rolamentos serão utilizados para garantir precisão no movimento do robô e para diminuir os atritos.

Para esta aplicação foram selecionados rolamentos de uma carreira de esferas do modelo zz626 da NSK (a especificação completa do rolamento encontra-se no anexo deste relatório).

4.4.3 FLANGES

Serão utilizados flanges para a fixação do sistema de transmissão na estrutura metálica. O desenho abaixo ilustra o flange:

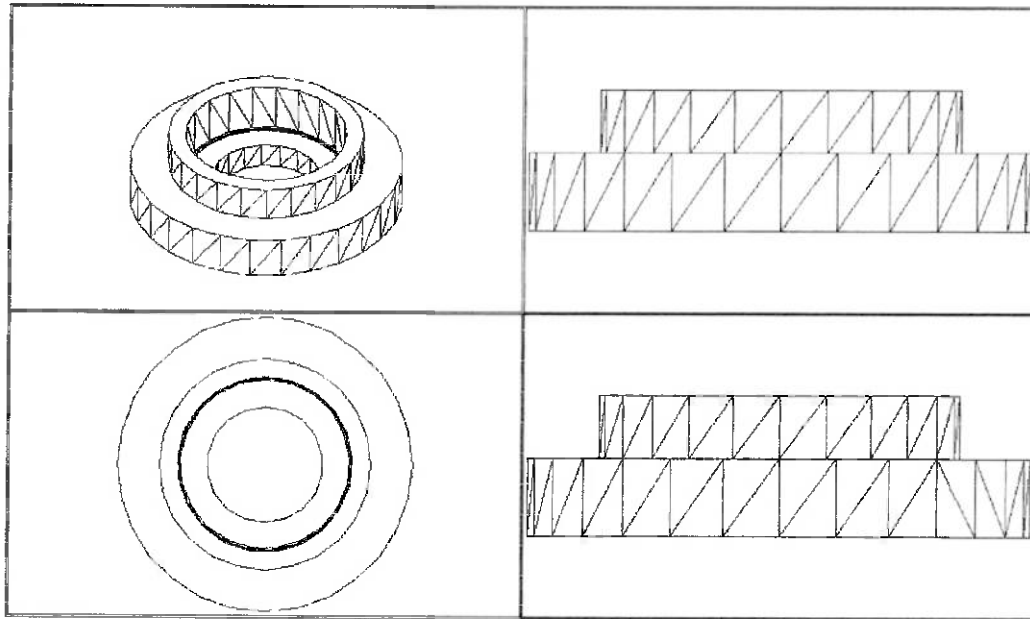


Figura 9 - Flange

4.6 ESTRUTURA EM ALUMÍNIO

A estrutura do robô será construída utilizando-se perfis em forma de “U” de alumínio. O motivo desta escolha foi a praticidade na fabricação e a leveza necessária da estrutura (se o robô ficar muito pesado, os motores não conseguirão conduzi-lo por paredes inclinadas).

A estrutura desenhada para suportar os motores e os eixos de transmissão foi a seguinte:

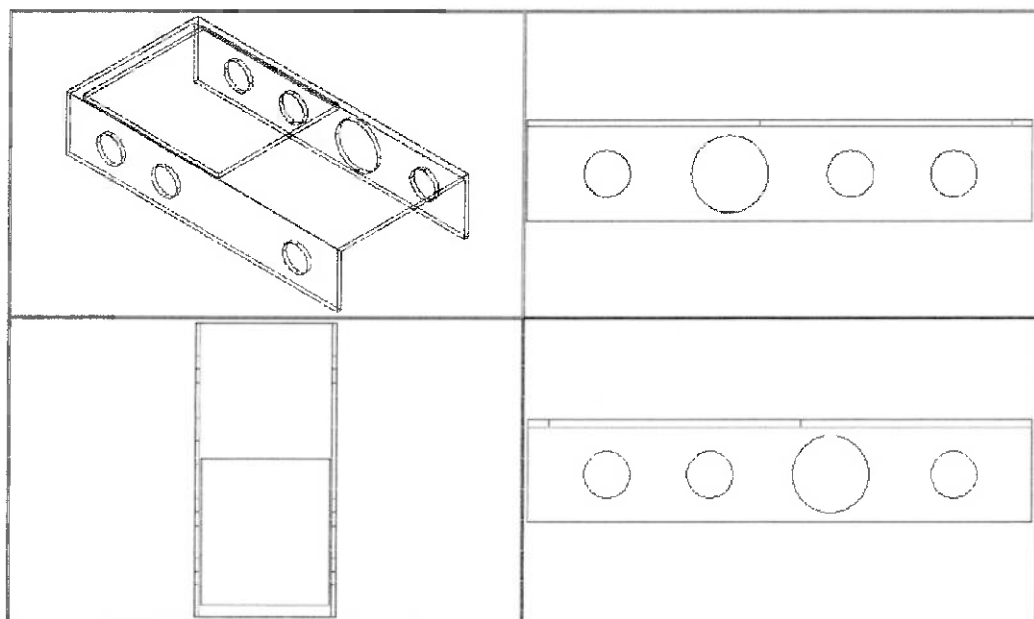


Figura 10 – Vistas Ortográficas da Estrutura

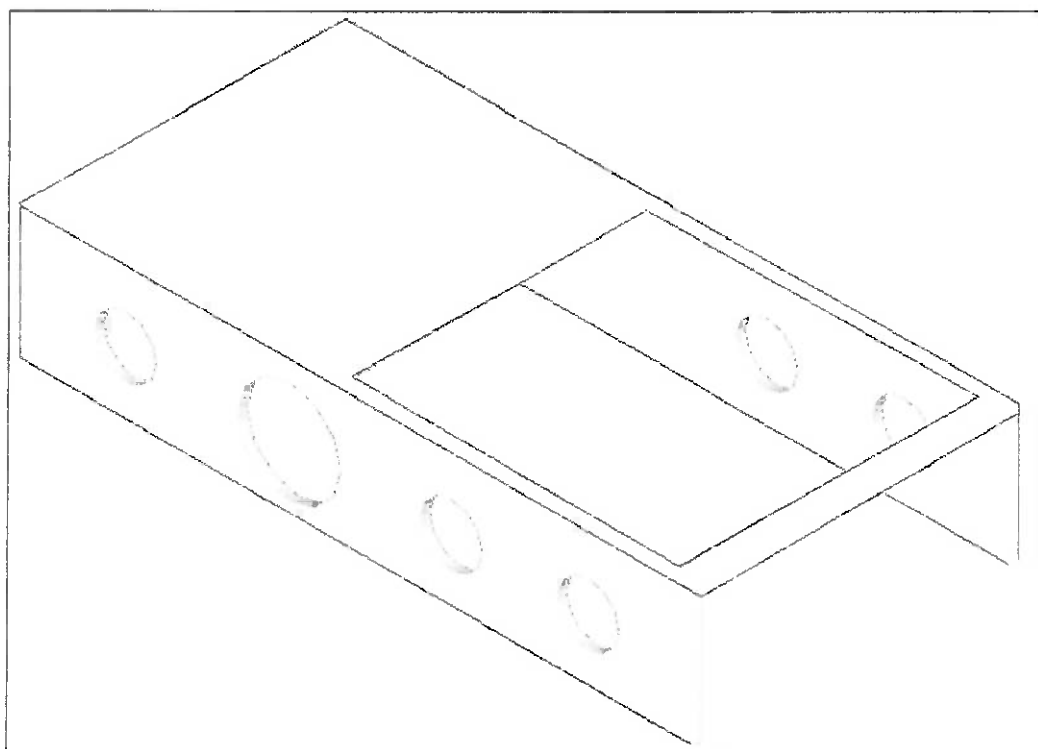


Figura 11 – Perspectiva da Estrutura

5. PROJETO ELETRÔNICO

5.1 MICRO-CONTROLADOR

Para toda a parte de controle tanto do sistema de movimentação quanto do sistema de sensoramento será utilizado um micro-controlador. O modelo escolhido para este projeto foi o JackRabbit, da Dynamic C. Suas principais características estão listadas abaixo:

- **30 MHz clock**
- **3 canais analógicos: 1 A/D (input), 2 PWM D/A (output)**
- **4 portas seriais**
- **6 timers (5 de oito bits e 1 de 10 bits)**
- **SRAM de 128K, EPROM de 256K**
- **Baterias**
- **Regulador de voltagem**

O Hardware do JackRabbit é composto de:

- **Placa de Controle, que inclui o processador, 128K de memória Flash e 128K de memória RAM;**
- **Placa para Desenvolvimento (Prototyping Board), que pode ser plugada na Placa de Controle e que inclui botões, LEDs e beeper. Nesta placa existe a possibilidade de se plugar circuitos eletrônicos desenvolvidos;**
- **Cabo de programação, para conectar o JackRabbit na porta serial do PC**
- **Adaptador AC, utilizado para suprir energia para o JackRabbit.**

5.2 PLACA DE ACIONAMENTO DE MOTOR DE PASSO (PAMP)

Para o acionamento dos motores de passo será utilizada a placa PAMP, desenvolvida pela Escola Politécnica (a documentação completa desta placa encontra-se no anexo deste trabalho).

A PAMP possui dois circuitos idênticos e independentes para o acionamento de dois motores de passo. Ela possui as seguintes características:

- Capacidade de acionar dois motores de passo
- Operação no modo Full ou Half Step
- Controle de Direção CW/CCW
- Aciona apenas motores de 12V
- Corrente máxima de 3A por fase
- Interface com nível lógico TTL
- Alimentação de 12V, sendo +5V gerado internamente
- Proteção de sobrecorrente

A placa se comunica com o meio externo através de quatro portas: COM1, COM2, COM3 e COM4.

5.2.1 PORTA COM1

A COM1 é utilizada para receber os seguintes sinais para acionamento do motor de passo:

PLACA ACIONADORA DE MOTOR DE PASSO (PAMP)		
Pinos da COM1		
Pinos	Funções	Detalhe
1 e 2	Determina o sentido de rotação do motor "1"	Nível 1 => Sentido Horário (CW) Nível 0 => Sentido Anti-horário (CCW)
3 e 4	Sinal de clock do motor "1"	A borda de descida deste sinal implica em um passo do motor
5 e 6	Sinal de Enable do Motor "1"	Nível 1 => Habilita o Motor Nível 0 => Desabilita o Motor
7 e 8	Determina o sentido de rotação do motor "2"	Nível 1 => Sentido Horário (CW) Nível 0 => Sentido Anti-horário (CCW)
9 e 10	Sinal de clock do motor "2"	A borda de descida deste sinal implica em um passo do motor
11 e 12	Sinal de Enable do Motor "2"	Nível 1 => Habilita o Motor Nível 0 => Desabilita o Motor

Tabela 4 – Sinais da COM1 da PAMP

No caso deste projeto, a COM1 foi conectada ao JackRabbit.

5.2.2 PORTA COM2

A porta COM2 é utilizada para alimentar a placa com tensão de 12 Volts.

PLACA ACIONADORA DE MOTOR DE PASSO (PAMP)		
Pinos da COM2		
Pinos	Funções	Detalhe
1	VCC	12 Volts corrente contínua
2	Terra	

Tabela 5 – Sinais da COM2 da PAMP

No caso deste projeto, a COM2 foi conectada ao Gerador de Tensões.

5.2.3 PORTAS COM3 E COM4

As COM3 e COM4 são portas de saída que contém os sinais para o acionamento dos motores de passo.

PLACA ACIONADORA DE MOTOR DE PASSO (PAMP)	
Pinos da COM3 e COM4	
Pinos	Funções
1	Ponto de Conexão A do motor
2 e 5	Conexão dos taps centrais do enrolamento do motor
3	Ponto de Conexão B do motor
4 e 7	Conexão dos taps centrais do enrolamento do motor
6	Ponto de Conexão A' do Motor
8	Ponto de Conexão B' do Motor

Tabela 6 – Sinais da COM3 e COM4 da PAMP

No caso deste projeto, as portas COM3 e COM4 foram ligadas cada uma a um motor de passo.

5.3 ESQUEMA DAS LIGAÇÕES

O esquema abaixo ilustra como foram feitas as conexões para o acionamento dos motores de passo:

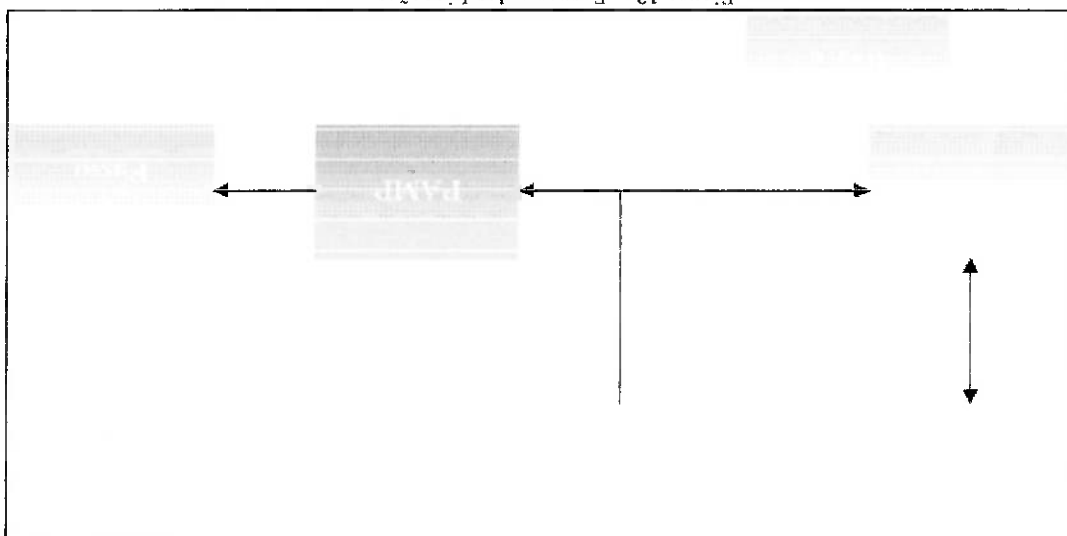


Figura 12 - Esquema das Ligações

No computador é criado o programa para o acionamento dos motores de passo. Esse programa é compilado e transferido para a memória do JackRabbit (RAM ou FLASH) através do cabo de conexão serial. Uma Fonte de tensão é utilizada para alimentar o JackRabbit com +15Volts (corrente contínua) e para alimentar a PAMP com +12 Volts (corrente contínua).

Quando o programa é rodado, os sinais de entrada para cada motor (Enable, Clock e Sentido de Rotação) são enviados do JackRabbit para a PAMP. Por fim, a PAMP aciona os motores de passo.

A tabela abaixo ilustra as portas do JackRabbit e da PAMP que foram utilizadas para o acionamento dos motores (e as respectivas conexões):

MAPEAMENTO DAS PORTAS UTILIZADAS

Porta JackRabbit	Porta PAMP	Sinal
PA4	COM1 - Pino 5	Enable do motor X
PA5	COM1 - Pino 3	Clock do motor X
PA6	COM1 - Pino 1	Sentido de rotação do motor x
PA7	COM1 - Pino 11	Enable do motor Y
PB6	COM1 - Pino 9	Clock do motor Y
PB7	COM1 - Pino 7	Sentido de rotação do motor Y
PB2	x	Botão 1
PB3	x	Botão 2
PB4	x	Botão 3
PB5	x	Botão 4
x	COM3 - Pino 1	Ponto de Conexão A do motor X
x	COM3 - Pino 3	Ponto de Conexão B do motor X
x	COM3 - Pino 6	Ponto de Conexão A' do Motor X
x	COM3 - Pino 8	Ponto de Conexão B' do Motor X
x	COM4 - Pino 1	Ponto de Conexão A do motor Y
x	COM4 - Pino 3	Ponto de Conexão B do motor Y
x	COM4 - Pino 6	Ponto de Conexão A' do Motor Y
x	COM4 - Pino 8	Ponto de Conexão B' do Motor Y

Tabela 7 – Mapa Eletrônico do Rabbit

6. SOFTWARE

O JackRabbit é programado em linguagem C usando o Z-World, da Dynamic C, um sistema integrado de desenvolvimento que inclui um editor, um compilador C e um debugador.

A placa do JackRabbit possui um conector de dez pinos padrão para programação. Um cabo de programação é utilizado para conectar o micro-controlador na porta serial do PC (porta COM). O cabo de programação possui um conversor para transformar um sinal de lógica CMOS (JackRabbit) para um sinal RS-232 (PC).

Existe a possibilidade de gravar o programa desenvolvido na memória Flash do JackRabbit. Ela permite algo em torno de 100.000 gravações.

O Z-World possui uma boa versatilidade para debugar os programas desenvolvidos. Os programas podem ser rodados em C, sentença a sentença, ou em linguagem assembly, instrução a instrução. Existe também a possibilidade de utilizar break points onde o programa pára de ser executado.

6.1 MODOS DE OPERAÇÃO

O microprocessador foi programado de forma a permitir que o usuário opere o robô em dois modos distintos: o modo manual e o modo automático. Para entrar no modo manual, o usuário deve compilar e rodar o programa de controle e apertar o botão 1. Para entrar no modo automático, o usuário deve compilar e rodar o programa de controle e apertar o botão 2.

6.1.1 MODO MANUAL

Neste modo, o usuário pode mover o robô de quatro formas diferentes, dependendo dos botões que apertar:

Avanço do Robô: Segurando o botão 1;

Recuo do Robô: Segurando o botão 2;

Rotação para a direita: Segurando o botão 3;

Rotação para a esquerda: Segurando o botão 4.

6.1.2 MODO AUTOMÁTICO

Neste modo, o robô opera sozinho, de acordo com o código que foi desenvolvido pelo programador. Neste modo, pode-se programar trajetórias ao longo das quais o robô deverá se mover.

6.1.3 FLUXOGRAMA

A figura abaixo ilustra o fluxograma dos modos de operação do robô:

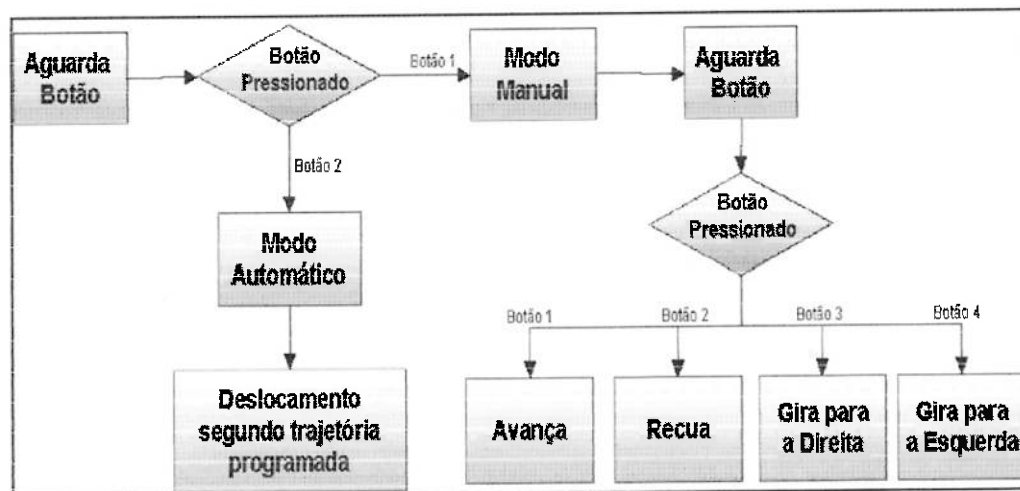


Figura 13 – Fluxograma dos modos de Operação do Robô

6.2 FUNÇÕES UTILIZADAS

Para o acionamento do sistema de movimentação foram utilizadas as seguintes funções:

- **int AguardaBotao();**

Aguarda que o usuário aperte algum dos quatro botões do rabbit e retorna um valor inteiro correspondente a este botão.

- **void AguardaBotaoX (int X);**

Aguarda que o usuário aperte especificamente o botão cujo valor foi passado na chamada desta função.

- **void DELAY(int VELOCIDADE);**

Realiza um delay (espera um determinado número de ciclos de clock). Esta função é utilizada para determinar a frequência de acionamento dos motores de passo.

- **void MoveMotorBOTAO (char MOTOR, int SENTIDO, int VELOCIDADE);**

Esta função move o motor selecionado no sentido selecionado com uma frequência de acionamento selecionada.

- **void modoManual();**

Esta função entra no modo manual de operação do robô.

- **void modoAutomatico();**

Esta função entra no modo automático de operação do robô.

A versão integral do código fonte utilizado no controle dos motores de passo do sistema de movimentação está presente no anexo deste trabalho.

7. RESULTADOS OBTIDOS

O protótipo foi construído com sucesso. Ele foi capaz de se deslocar ao longo de paredes e de dutos de raio grande. Para que houvesse aderência do protótipo ao material ferro-magnético, foram utilizados quatro ímas dispostos axialmente em cada roda e orientados de forma a magnetizar as rodas de aço.

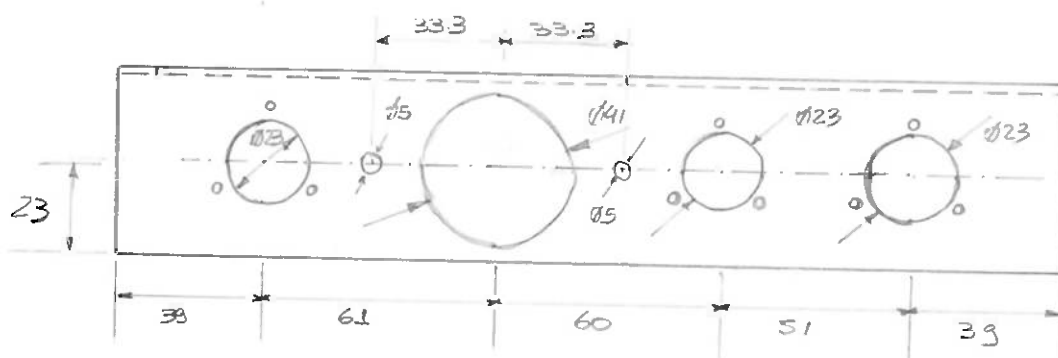
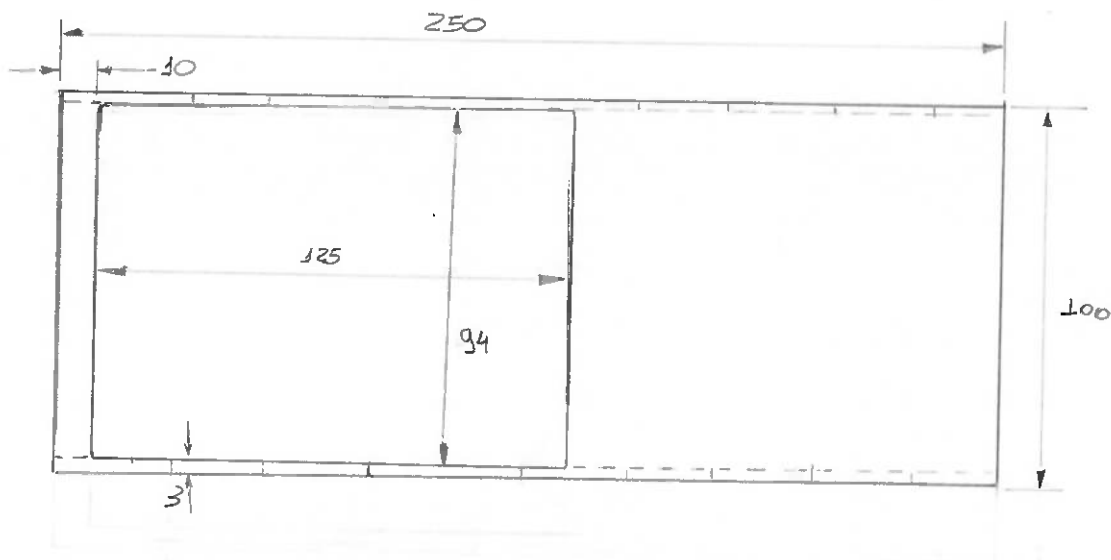
O torque do motor com uma das fases ligadas (detent torque) não foi suficiente para que ele ficasse parado sobre uma parede vertical com os eixos paralelos ao chão. Para tanto, é necessário orientá-lo com os eixos perpendiculares ao chão.

Os modos automático e manual funcionaram bem e o robô foi capaz de se deslocar através de trajetórias previamente programadas.

8. DESENHOS TÉCNICOS



Figura 14 Desenho de Conjunto em Perspectiva de Metade do Sistema de Locomoção



Atenção: 1 lado c/ 3 furos
3 lados c/ 4 furos.

Estrutura - Suporte em "U"

Dimensões em mm

Escala 1:2

Nº de peças: 1

Material: Alumínio

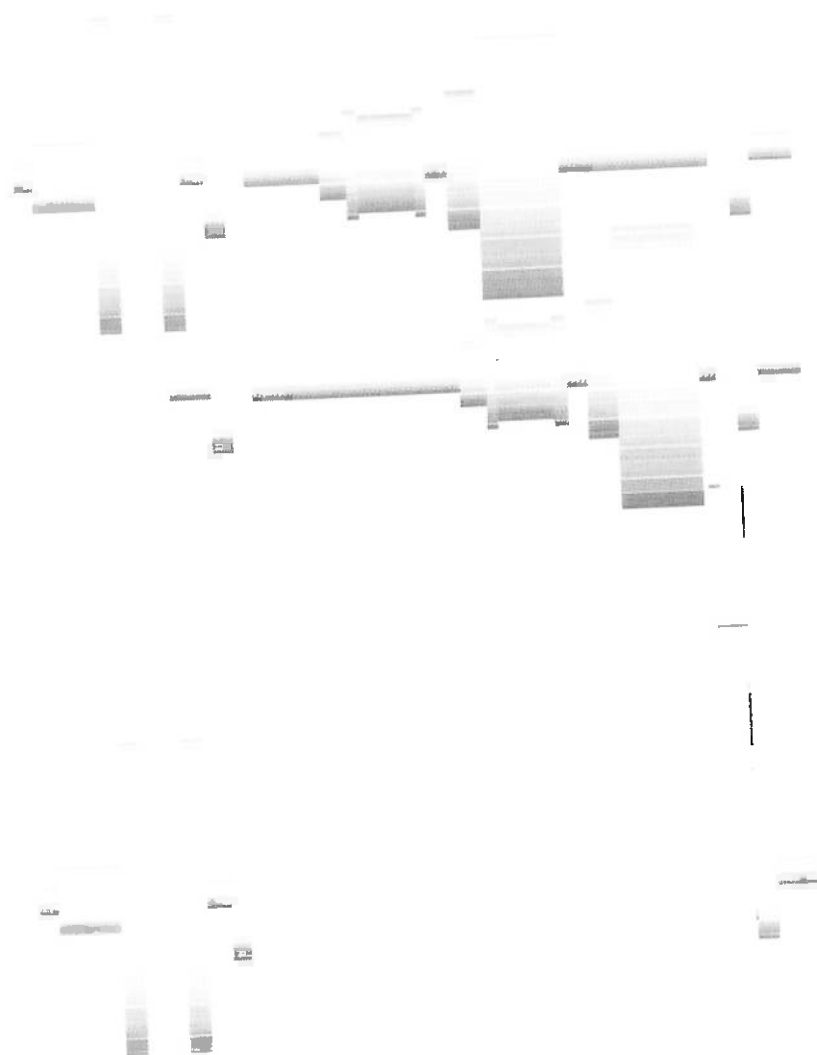
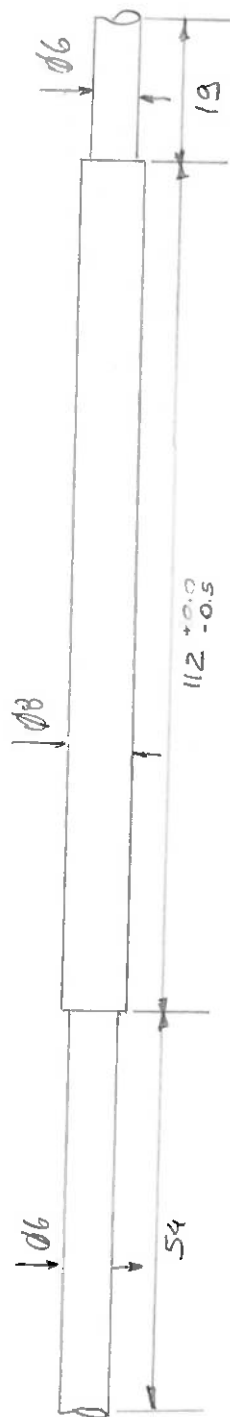
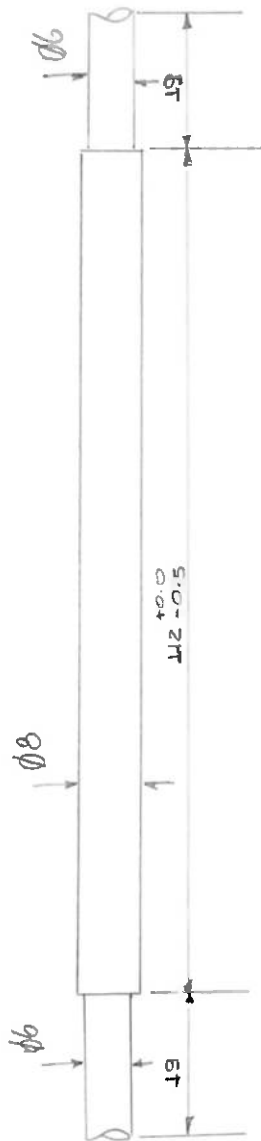


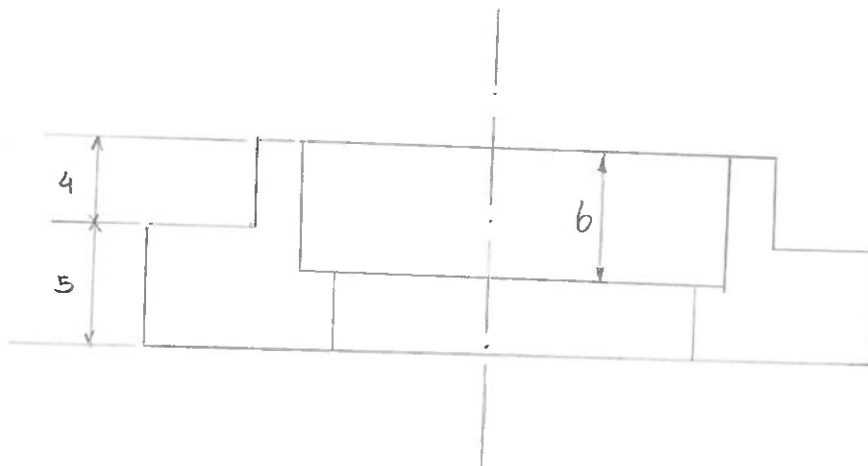
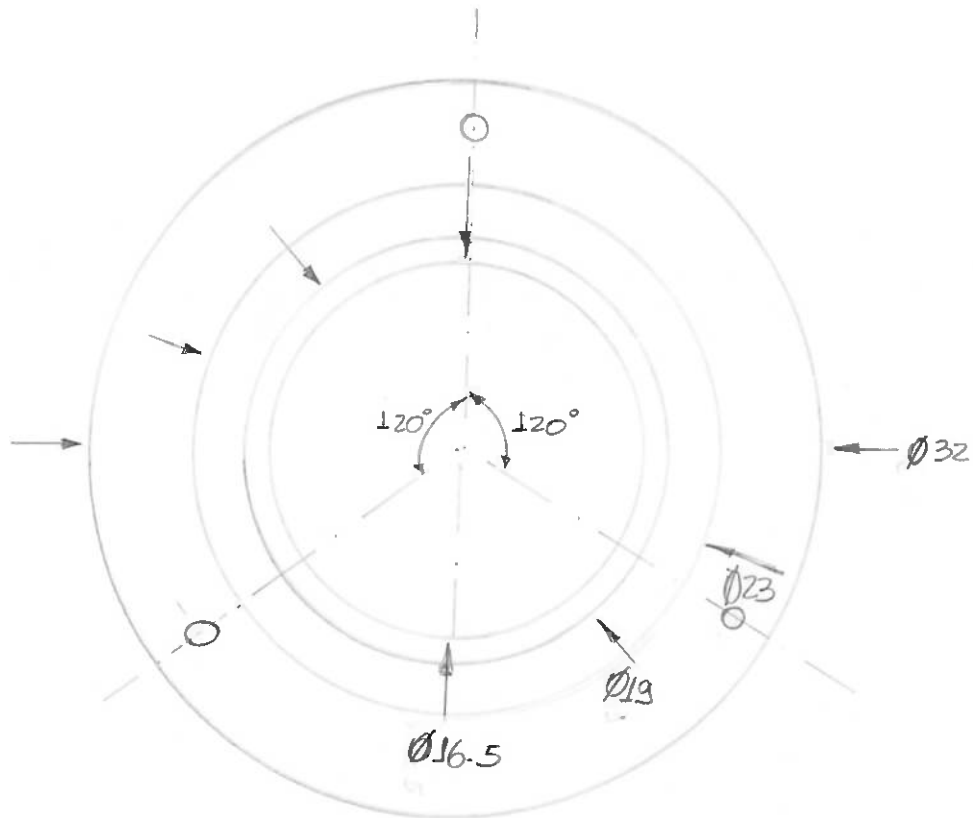
Figura 15 - Desenho de Conjunto - Vista Superior de Metade do Sistema de Locomoção



Eixo longo
 Dimensões mm
 Escala natural
 N.º de peças: 4
 Material: Aço



Em cuto
Dimensões em m
Escala Nominal
Nº de peças: 2
Material: Aço



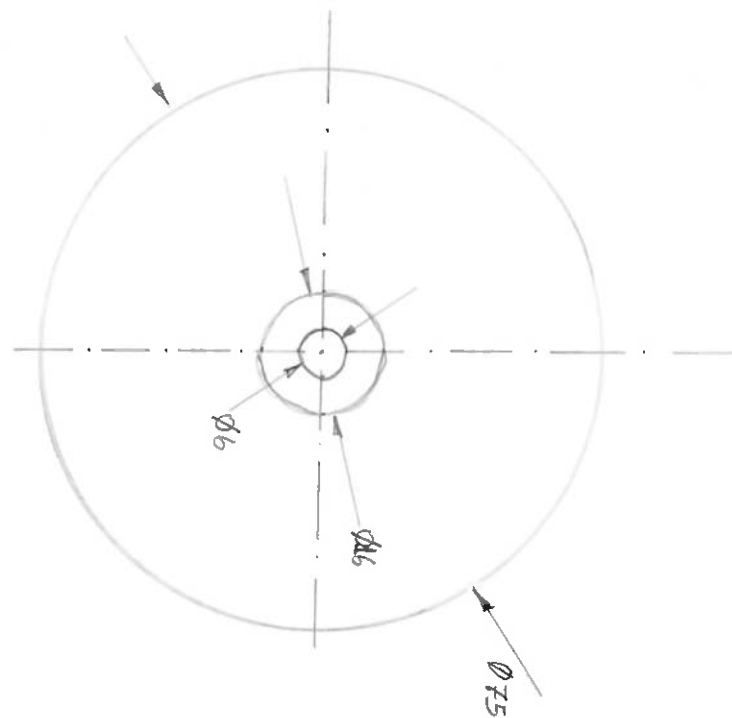
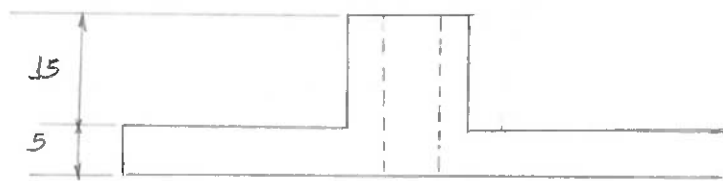
Flange

Dimensão em mm

Escala 3:1

Nº de peças: 12

Material: Aço ou Alumínio.



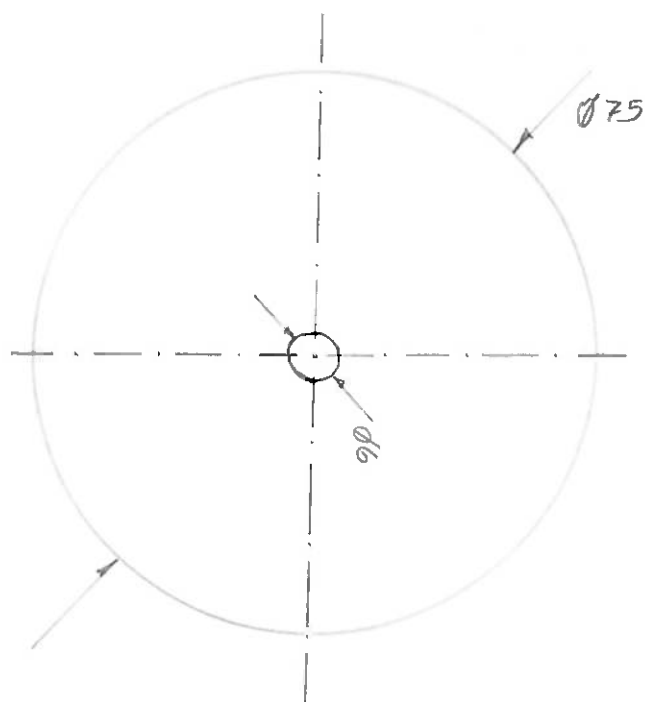
Todo - Peça 1

Unidade mm

Escala Natural

Nº de peças: 8

Material: Ferro Doce



Roda - Peça 2

Dimensões mm

Escala Natural

Nº de peças: 4

Material: Ferro Doce

9. ANEXOS

ANEXO A – CÓDIGO PARA AO ACIONAMENTO DOS MOTORES

Abaixo segue a versão integral do código fonte utilizado no controle dos motores de passo do sistema de movimentação:

```
#define BINBUFSIZE          31
#define BOUTBUFSIZE        31
#define SER_CICLOS_ESPERA  100

#define TRUE               1
#define FALSE              0

#define COMG_TAM           10000

#define DEBOUNCING          20000          // Tempo de espera para
de bouncing dos botões

const int VelocRapida = 45;  // Delay para velocidade
rapida
const int VelocLenta  = 200; // Delay para velocidade
lenta

// Prototipação das Funções -----
-----

int  AguardaBotao();
void AguardaBotaoX (int X);
void DELAY(int VELOCIDADE);
void MoveMotorBOTAO (char MOTOR, int SENTIDO, int
VELOCIDADE);
void modoManual();
void modoAutomatico();

main() {

    char  botaoPressionado;          // Código do botão
pressionado
    int i;                          // Contador de uso geral

    // Loop Principal - sem fim
    while (TRUE) {

        WrtPortI(SPCR, &SPCRShadow, 0x84);          // Port A
(LEDs) para Saída

        // Aguarda botão ser pressionado
        botaoPressionado = AguardaBotao();
        DELAY(DEBOUNCING);    // Debouncing...

        // Verifica botão pressionado
        // Botão 1 - Modo Manual
```

```

        if (botaoPressionado == 1) {

            modoManual();

        }

        // Botão 2 - Modo Automatico
        else if (botaoPressionado == 2) {

            modoAutomatico();

        }

        // Botão 3 -
        // else if (botaoPressionado == 3) {

        //Aquí vai o Código para o caso 3!

        //      }
        //  }
    }

    // FUNÇÃO:AguardaBotao
    //
    // PARÂMETROS DE ENTRADA : Nenhum
    // PARÂMETROS DE SAÍDA   : (int) Número do Botão
    // CHAMADA DE FUNÇÃO     : Nenhuma
    // DESCRIÇÃO             : Essa função aguarda o usuário
    // pressionar ALGUM botão.
    // Os Botões estão ligados à Porta Paralela B nos
    // seguintes BITS:
    // - Botão 1 = BIT 2
    // - Botão 2 = BIT 3
    // - Botão 3 = BIT 4
    // - Botão 4 = BIT 5
    //
    int AguardaBotao(){

        int BOTAO;

        while (1){
            if (BitRdPortI (PBDR,2)==0){ // Se o botao 1
            (BIT 2) for pressionado
                BOTAO = 2;
                return (BOTAO-1);
            } // if

            if (BitRdPortI (PBDR,3)==0){ // Se o botao 2 (BIT
            3) for pressionado
                BOTAO = 3;
                return (BOTAO-1);
            } // if

            if (BitRdPortI (PBDR,4)==0){ // Se o botao 3 (BIT
            4) for pressionado
                BOTAO = 4;
                return (BOTAO-1);
            } // if

```

```

        if (BitRdPortI (PBDR,5)--0){      // Se o botao 4 (BIT
5) for pressionado
            BOTAO = 5;
            return (BOTAO-1);
        } // if
    } // while
} // FUNCAO

// FUNÇÃO:AguardaBotaoX
//
// PARÂMETROS DE ENTRADA : (int) Botão X
// PARÂMETROS DE SAÍDA   : Nenhum
// CHAMADA DE FUNÇÃO     : Nenhuma
// DESCRIÇÃO             : Essa função aguarda o usuário
pressionar o botão X
// Os Botões estão ligados à Porta Paralela B nos
seguintes BITS:
// - Botão 1 - BIT 2
// - Botão 2 - BIT 3
// - Botão 3 - BIT 4
// - Botão 4 - BIT 5
//
void AguardaBotaoX (int X){

    while (1){
        if (BitRdPortI (PBDR, X+1)==0)      // Se o botao
for pressionado
            return;                          // retorna
    } // while
} // FUNCAO

// FUNCAO:DELAY
//
// PARÂMETROS DE ENTRADA : (int) Tempo de atraso
(velocidade do motor)
// PARÂMETROS DE SAÍDA   : Nenhum
// CHAMADA DE FUNÇÃO     : Nenhuma
// DESCRIÇÃO             : Essa função executa um delay
por tempo definido pelo parâmetro de entrada da função.
//
void DELAY(int VELOCIDADE){
    int i;
    for (i=0; i<VELOCIDADE; i++);
} // FUNCAO

// FUNÇÃO:MoveMotorBOTAO
//
// PARÂMETROS DE ENTRADA : (char) Motor (x ou z)
//                        (int) Sentido de Rotação
//                        Avanço - SENTIDO==1
//                        Recuo - SENTIDO==0
//                        (int) Velocidade
//
// PARÂMETROS DE SAÍDA   : Nenhum
// CHAMADA DE FUNÇÃO     : void DELAY(VELOCIDADE)

```

```

// DESCRIÇÃO: : Essa função aciona o motor de
passo especificado (x ou z), realizando o avanço ou recuo
(dependendo do parâmetro de entrada Sentido de Rotação) de
um passo do motor.
// O motor x está ligado aos BITS 4(enable), 5(clk) e
6(sentido) da porta paralela A. O motor y está ligado aos
BITS 7(enable) da porta paralela A e 6(clk) e 7(sentido)
da porta paralela B.
//
//
void MoveMotorBOTAO (char MOTOR, int SENTIDO, int
VELOCIDADE){

    int ENABLE, // enable do driver do motor de passo
    clk, // clock
    j; // variável de loop

    WtPortI (SPCR, &SPCRShadow, 0x84); // define o
port A como output

    if (MOTOR=='x'){ // Acionar o motor x
        ENABLE=1;
        BitWtPortI (PADR, &PADRShadow, ENABLE, 4); //
Sinal de ENABLE
        BitWtPortI (PADR, &PADRShadow, SENTIDO, 6); //
Sentido de rotação

        clk = 1;
        BitWtPortI (PADR, &PADRShadow, clk, 5);
        DELAY(VELOCIDADE);
        clk = 0;
        BitWtPortI (PADR, &PADRShadow, clk, 5);
        DELAY(VELOCIDADE);

    } // if

    else{ // Aciona o motor z
        ENABLE=1;
        BitWtPortI (PADR, &PADRShadow, ENABLE, 7); //
Sinal de ENABLE
        BitWtPortI (PBDR, &PBDRShadow, SENTIDO, 7); //
Sentido de rotação

        clk = 1;
        BitWtPortI (PBDR, &PBDRShadow, clk, 6);
        DELAY(VELOCIDADE);
        clk = 0;
        BitWtPortI (PBDR, &PBDRShadow, clk, 6);
        DELAY(VELOCIDADE);

    } // else

} // FUNCAO

void modoManual ( ) {

    int botaoPressionado; // Código do botão pressionado
    int i; // Contador de uso geral

```

```

    int mover;                                // flag para verificar se o
    botao esta pressionado

    while (TRUE) {

        // Aguarda botão ser pressionado
        botaoPressionado = AguardaBotao();
        DELAY(DEBOUNCEING);    // Debouncing...

        // Verifica botão pressionado
        // Botão 1 - Avança motores x e y
        if (botaoPressionado == 1) {
            mover = 1;
            while(mover == 1){
                MoveMotorBOTAO('x', 1, VelocRapida/2);
                MoveMotorBOTAO('y', 1, VelocRapida/2);
                mover=AguardaBotao();
            } // while
        } // if

        // Botão 2 - Recua motores x e y
        else if (botaoPressionado == 2) {
            mover = 2;
            while(mover == 2){
                MoveMotorBOTAO('x', 0, VelocRapida/2);
                MoveMotorBOTAO('y', 0, VelocRapida/2);
                mover=AguardaBotao();
            } // while
        }

        // Botão 3 - Avanco motor x
        else if (botaoPressionado == 3) {
            mover = 0;
            while(mover == 0){
                MoveMotorBOTAO('x', 1, VelocRapida);
                mover=BitRdPortI(PBDR, 4);
            } // while
        }

        // Botão 4 - Avanco motor y
        else if (botaoPressionado == 4) {
            mover = 0;
            while(mover == 0){
                MoveMotorBOTAO('y', 1, VelocRapida);
                mover=BitRdPortI(PBDR, 5);
            } // while
        }

    }

} //FUNCAO

void modoAutomatico ( ) {

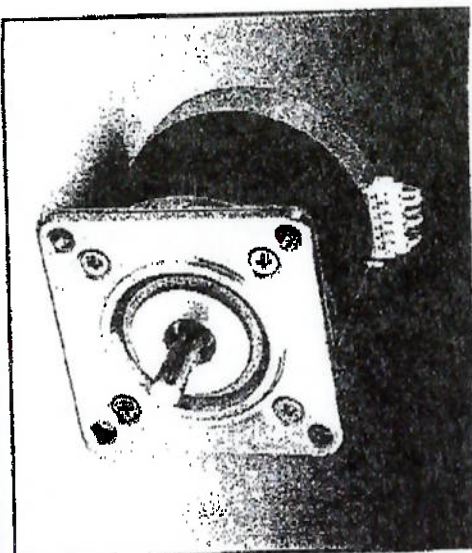
//A ser desenvolvido para a aplicação específica

} //FUNCAO

```

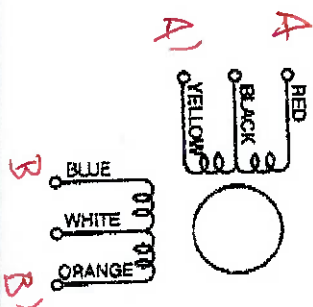
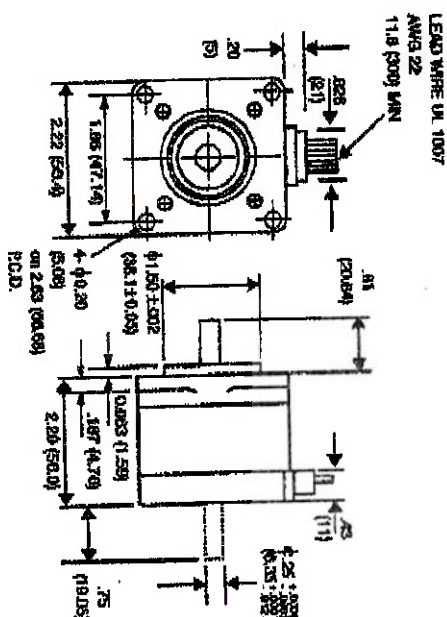
INMIB

increases
with



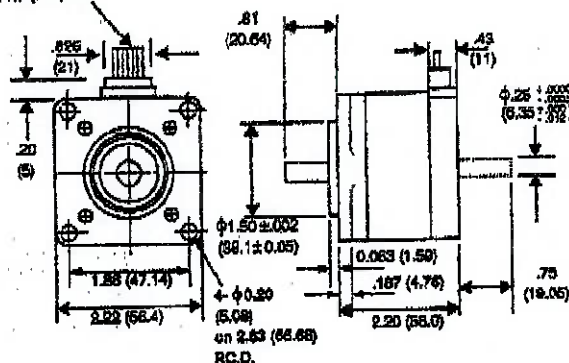
Winding Diagram

Step Angle	1.8°
Step Angle Accuracy	+/- 5%
Temperature Rise	80° C Max.
Ambient Temperature Range	-20° to +50° C
Insulation Resistance	100MΩ Min., 500 VDC
Dielectric Strength	500 VAC for 1 min.
Radial Play	.02 mm Max. (450 g-load)
End Play	.08 mm Max. (450 g-load)
Switching Sequence	See Page 32



MODEL NO.	Rated Voltage	Rated Current/Phase	Winding Resistance/Phase	Holding Torque	Inductance	Motor Inertia	Detent Torque	Weight
	V	A	Ω	g·cm	mH	g·cm ²	g·cm	
231M-C033V	2.1	3.48	0.60	5,000	0.65	160	360	560
231M-C035V	3.0	2.40	1.25	5,000	3.50	160	360	560
231M-C004V	6.0	1.20	5.00	5,000	14.00	160	360	560
	10.0	0.60	20.00	5,000	36.00	160	360	560

LEAD WIRE UL 1007
AWG 22
11.8 (300) MIN

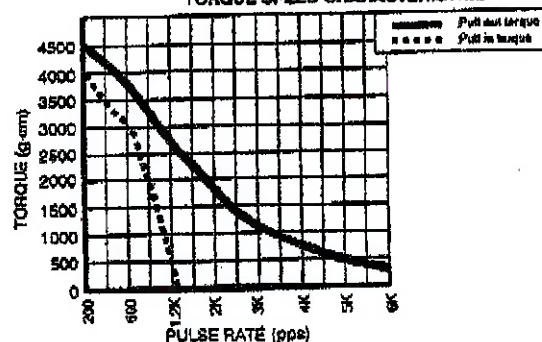


Winding Diagram

Diagram showing a 3-wire cable with RPD, BLACK, and YELLOW wires, and a 3-wire cable with BLUE, WHITE, and ORANGE wires.

MODEL NO.	RATED VOLTAGE V	RATED CURRENT A	WINDING RESISTANCE Ω	HOLOING TORQUE g-cm	INDUCTANCE mH	ROTOR INERTIA g-cm ²	DETENT TORQUE g-cm	WEIGHT g
23LM-C033V	2.1	3.46	0.60	5,000	0.65	160	360	560
23LM-C035V	3.0	2.40	1.25	5,000	3.50	160	360	560
23LM-C004V	6.0	1.20	5.00	5,000	14.00	160	360	560
23LM-C005V	12.0	0.60	20.00	5,000	38.00	160	360	360
23LM-C006V	24.0	0.30	80.00	5,000	230.00	160	360	560

23LM-0004 Chopper Drive
TORQUE SPEED CHARACTERISTICS



DIMENSÕES DE POLIAS SINCRONIZADORAS

Passo 3 mm

Dentes Arredondados

Para correias de largura 6 mm

Para correias de largura 9 mm

Para correias de largura 15 mm



Ronold

Código	Número de Dentes	Tipo Polia	Diâm. Prim.	Diâm. sobre Flanges	Ø C Cubo	L1	* L2	Furo Mín.	Furo Máx.
10 3m 15	10	6HF	9,55	12	12	17,7	24	3	4
12 3m 15	12	6HF	11,46	14	14	17,7	24	3	5
14 3m 15	14	6HF	13,37	15	15	17,7	24	3	5
15 3m 15	15	6HF	14,32	16	15	17,7	24	3	5
16 3m 15	16	6HF	15,28	16	16	17,7	24	3	5
17 3m 15	17	6HF	16,23	17	17	17,7	24	3	5
18 3m 15	18	6F	17,19	20	11	19,2	25,2	4,8	6
19 3m 15	19	6F	18,14	21	12	19,2	25,2	4,8	6
20 3m 15	20	6F	19,10	23	13	19,2	25,2	4,8	6
22 3m 15	22	6F	21,01	24	14	19,2	25,2	4,8	6
24 3m 15	24	6F	22,92	26	16	19,2	25,2	6	8
26 3m 15	26	6F	24,83	28	17	19,2	25,2	6	8
28 3m 15	28	6F	26,74	30	18	19,2	25,2	6	10
30 3m 15	30	6F	28,65	32	20	19,2	25,2	6	11
32 3m 15	32	6F	30,56	34	21	19,2	25,2	6	12
34 3m 15	34	6F	32,47	35,5	23	19,2	25,2	6	14
36 3m 15	36	6F	34,38	37,5	25	19,2	25,2	6	16
38 3m 15	38	6F	36,29	39,5	27	19,2	25,2	6	19
40 3m 15	40	6F	38,20	41,5	29	19,2	25,2	6	20
44 3m 15	44	6F	42,02	45	31	19,2	25,2	6	24
50 3m 15	50	6	47,75	-	32	19,2	26,5	8	25
56 3m 15	56	6	53,48	-	33	19,2	26,5	8	26
62 3m 15	62	6	59,20	-	33	19,2	26,5	8	26
72 3m 15	72	6W	68,75	-	33	19,2	26,5	8	26
84 3m 15	84	6W	80,21	-	33	19,2	27,5	8	29

25RA AL

6BR

73R

LEGENDA

6F = com flange maciça
 ØC = diâmetro do cubo
 L1 = largura sem cubo
 L2 = largura total com cubo

Ex.: 50 3M 15
 ↓ ↓ ↓
 número de dentes passo para correia de largura 15 mm

Todas fabricadas em alumínio

Europeu: Algumas L2 diferentes do sistema americano. Somente larguras L2.

is Schneider Ltda.

Prêmio de Abreu, 647 (Metrô Luz)

1029-001 - São Paulo - SP

Internet: www.correiaschneider.com.br

Fones: (011) 3326-3955

(011) 3315-0777

Fax: (011) 3313-3258

Correia 300mm - 9 15,93

Sq 1mm - 15 25,05

15 17,96 + 10,2

15 29,10

DIMENSÕES DE POLIAS SINCRONIZADORAS

Passo 5 mm

Dentes Arredondados

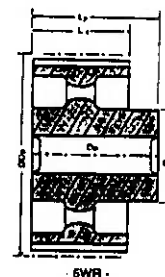
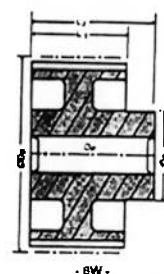
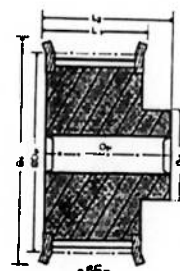
Para correias de largura 9mm

Para correias de largura 15 mm

Para correias de largura 25 mm



Código	Número de Dentes	Tipo Polia	Diâm. Prim.	Diâm. sobre Flanges	Ø C Cubo	L1	* L2	Furo Mín.	Furo Máx.
10 5m 25	10	6F	15,91	20	10	30	36	4,8	6
12 5m 25	12	6F	19,10	23	13	30	36	4,8	8
14 5m 25	14	6F	22,29	26	14	30	36	6	9
15 5m 25	15	6F	23,88	28	16	30	36	6	10
16 5m 25	16	6F	25,47	30	17	30	36	6	11
17 5m 25	17	6F	27,05	32	19	30	36	6	13
18 5m 25	18	6F	28,64	33	20	30	36	6	14
19 5m 25	19	6F	30,23	34	21	30	36	6	14
20 5m 25	20	6F	31,83	36	23	30	37	6	15
22 5m 25	22	6F	35,01	39	25	30	37	6	16
24 5m 25	24	6F	38,19	42	27	30	37	6	17
25 5m 25	25	6F	39,78	43	29	30	37	6	18
27 5m 25	27	6F	42,97	47	30	30	37	6	19
30 5m 25	30	6F	47,74	51	34	30	37	6	21
32 5m 25	32	6F	50,92	55	36	30	37	8	22
34 5m 25	34	6F	54,11	61	36	30	37	8	22
36 5m 25	36	6F	57,29	64	36	30	37	8	22
38 5m 25	38	6F	60,47	66	36	30	37	8	22
40 5m 25	40	6F	63,66	68	36	30	37	8	22
44 5m 25	44	6W	70,02	-	38	30	38	8	23
48 5m 25	48	6W	76,39	-	38	30	38	8	23
50 5m 25	50	6W	79,57	-	38	30	38	8	23
52 5m 25	52	6W	82,76	-	38	30	38	8	23
56 5m 25	56	6W	89,12	-	38	30	38	8	23
60 5m 25	60	6WR	95,49	-	40	30	38	10	25
62 5m 25	62	6WR	98,67	-	40	30	38	10	25
72 5m 25	72	6WR	114,59	-	45	30	38	10	30
84 5m 25	84	6WR	133,68	-	50	30	38	10	34



LEGENDA

6F = com flange maciça
 6W = sem flange aliviada
 6WF = com flange aliviada
 6WR = sem flange vazada
 ØC = diâmetro do cubo
 L1 = largura sem cubo
 L2 = largura total com cubo

Todas fabricadas em alumínio

Ex.: 50 5M 25
 ↓ ↓ ↓
 número de dentes passo para correia de largura 25 mm

padrão europeu: Algumas L2 diferentes do sistema americano. Somente larguras L2.

Correias Schneider Ltda.

Rua Florêncio de Abreu, 647 (Metrô Luz)

CEP 01029-001 - São Paulo - SP

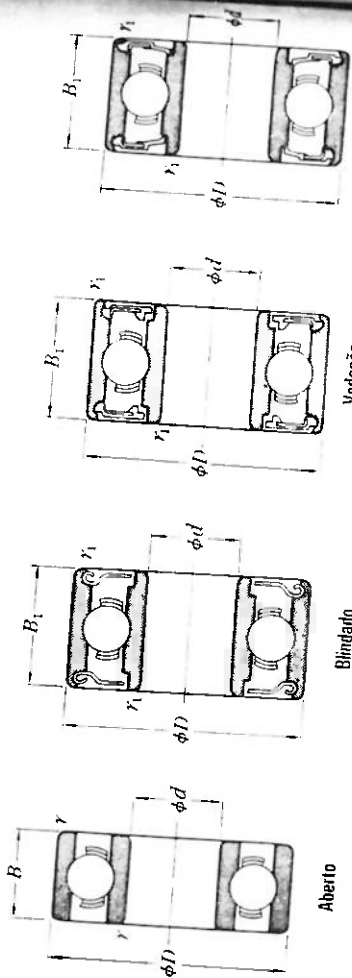
Fones: (011) 3326-3955

(011) 3315-0777

Fax: (011) 3313-3258

Internet: www.correiaschneider.com.br

diâmetro do furo 5 - 9 mm

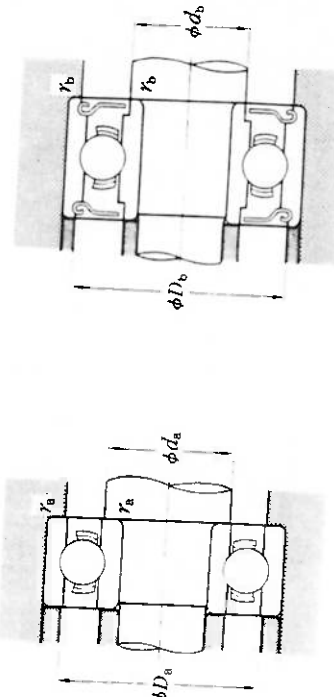


Dimensões (mm)				Capacidade de Carga Básica (kgf)				Limite de Rotação (1/min)		Número do Rolamento
d	D	B	B1	r	r1	Cr	C0r	Graxa	Diário	
5	8	2	5	0.1	0.1	310	120	53 000	63 000	MR 85
	10	3	4	0.15	0.15	430	168	50 000	80 000	MR 95
	11	3	5	0.15	0.15	715	281	45 000	53 000	MR 105
	13	4	4	0.2	0.2	1 080	430	43 000	50 000	685
	14	5	5	0.2	0.2	1 330	505	40 000	50 000	686
6	16	5	5	0.3	0.3	1 730	670	36 000	43 000	625
	19	6	6	0.3	0.3	2 340	885	32 000	40 000	635
	10	2.5	3	0.15	0.1	495	218	45 000	53 000	MR 106
	12	3	4	0.2	0.15	715	292	43 000	50 000	MR 126
	13	3.5	5	0.15	0.15	1 080	440	40 000	50 000	686
7	15	5	5	0.2	0.2	1 730	670	40 000	45 000	694
	17	6	6	0.3	0.3	2 260	835	38 000	45 000	695
	19	6	6	0.3	0.3	2 340	885	32 000	40 000	696
	22	7	7	0.3	0.3	3 300	1 370	30 000	36 000	636
	11	2.5	3	0.15	0.1	455	201	43 000	50 000	MR 117
8	13	3	4	0.2	0.15	540	276	40 000	48 000	MR 137
	14	3.5	5	0.15	0.15	1 170	510	40 000	45 000	687
	17	5	5	0.3	0.3	1 610	710	36 000	43 000	697
	19	6	6	0.3	0.3	2 340	885	36 000	43 000	697
	22	7	7	0.3	0.3	3 300	1 370	30 000	36 000	627
9	26	9	9	0.3	0.3	4 050	1 620	28 000	34 000	637
	12	2.5	3.5	0.15	0.1	545	275	40 000	48 000	MR 128
	14	3.5	4	0.2	0.15	820	385	36 000	45 000	MR 148
	16	4	5	0.2	0.2	1 260	590	36 000	43 000	688
	19	6	6	0.3	0.3	2 240	910	36 000	43 000	698
9	22	7	7	0.3	0.3	3 300	1 370	34 000	40 000	698
	24	8	8	0.3	0.3	3 350	1 430	34 000	40 000	698
	28	9	9	0.3	0.3	4 550	1 970	28 000	34 000	638
	17	4	5	0.2	0.2	1 330	665	36 000	43 000	689
	20	6	6	0.3	0.3	1 720	840	34 000	40 000	689
9	24	7	7	0.3	0.3	3 350	1 430	32 000	38 000	699
	26	8	8	0.3	0.3	4 550	1 970	28 000	34 000	699
	30	10	10	0.6	0.6	5 100	2 390	24 000	30 000	639

Nota (1) Os valores indicados, são para os rolamentos abertos, blindados e com vedação sem contato, para os rolamentos de vedação com contato, favor consultar a 123456.

Observação 1. Nos rolamentos blindados ou vedados onde o anel externo é o que gira, recomenda-se consultar a 123456.

2. Relativamente aos limites de rotação, consultar a 123456.



Número do Rolamento		Dimensões de Encosto (mm)					Massa (g)	
Blindado	Vedado	d _a min	d _a max	D _a min	D _a max	r _a max	Aberto	Blindado
MR 85 ZZS	—	5.8	5.8	7.2	7.2	0.1	0.24	0.34
MR 95 ZZS	—	6.2	6.0	7.8	7.8	0.15	0.46	0.54
MR 105 ZZ	—	6.2	6.0	8.8	8.8	0.15	0.91	1.26
685 ZZ	DD	6.2	6.2	9.8	9.8	0.15	1.16	1.93
686 ZZ	DD	6.6	6.6	11.4	11.2	0.2	2.37	2.42
605 ZZ	DD	6.6	6.9	12.4	12.2	0.2	3.46	3.42
625 ZZ	DD	7.0	7.5	14.0	13.8	0.3	4.95	4.86
635 ZZ	DD	7.0	8.5	17.0	16.5	0.3	8.44	8.34
MR 106 ZZS	—	7.2	7.0	8.8	9.3	0.15	0.53	0.66
MR 126 ZZ	—	7.2	7.2	10.4	10.9	0.2	1.7	1.7
686 ZZ	DD	7.2	7.4	11.8	11.7	0.15	1.87	2.64
696 ZZ	DD	7.6	7.9	13.4	13.3	0.2	3.79	3.72
608 ZZ	DD	8.0	8.2	15.0	14.8	0.3	5.94	5.95
628 ZZ	DD	8.0	8.5	17.0	16.5	0.3	8.03	7.94
636 ZZ	DD	8.0	10.5	20.0	19.0	0.3	14	14
MR 117 ZZS	—	8.2	8.0	9.8	10.3	0.15	0.59	0.71
MR 137 ZZS	—	8.2	8.5	11.4	11.6	0.2	1.5	1.98
687 ZZ	DD	8.2	8.5	12.8	12.7	0.15	2.05	2.32
697 ZZ	DD	9.0	9.0	15.0	14.8	0.3	5.26	5.01
607 ZZ	DD	9.0	9.1	17.0	16.5	0.3	7.54	7.51
627 ZZ	DD	9.0	10.5	20.0	19.0	0.3	12.6	12.8
637 ZZ	DD	9.0	11.3	24.0	21.1	0.3	24	25
MR 128 ZZS	—	9.2	9.0	10.8	11.3	0.15	0.68	0.95
MR 148 ZZ	—	9.6	9.6	12.4	12.8	0.2	1.78	2.12
688 ZZ	DD	9.6	9.6	14.4	14.2	0.2	3.16	4.0
698 ZZ	DD	10.0	10.0	17.0	16.5	0.3	7.09	7.03
608 ZZ	DD	10.0	10.5	20.0	19.0	0.3	11.9	12.2
628 ZZ	DD	10.0	12.0	20.0	20.5	0.3	17.2	17.2
638 ZZ	DD	10.0	12.8	26.0	22.6	0.3	28.3	28.6
689 ZZ	DD	10.6	10.7	15.4	15.2	0.2	3.43	4.35
699 ZZ	DD	11.0	11.8	18.0	17.8	0.3	8.45	8.0
609 ZZ	DD	11.0	12.0	20.5	20.5	0.3	14.3	14.5
629 ZZ	DD	11.0	12.8	24.0	22.8	0.3	18.5	19.2
639 ZZ	DD	13.0	15.4	26.0	25.6	0.6	35.7	36

Handwritten notes and signatures in the right margin.