

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA  
UNIVERSIDADE DE AVEIRO.



Projecto de Automação 2001/2002  
Máquina de Corte e Chanfro de Componentes Cerâmicos



Relatório Final.

Autores:  
Germano Veiga nº17228  
Rui Homem nº18193

Orientadores:  
Prof. José Santos  
Eng. Abílio Borges  
Prof. Vítor Santos



## Índice

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| 1         | Contexto e Problemática .....  | 4  |
| 2         | Situação actual .....  | 5  |
| 3         | Objectivos .....   | 6  |
| 4         | Abordagem.....   | 7  |
| 5         | Solução.....   | 8  |
| 5.1       | Definição de uma solução geral de partida. ....  | 8  |
| 5.2       | Solução tecnológica final para a máquina de corte e chanfro de componentes cerâmicos .....           | 9  |
| 5.3       | Definição da solução geral.....  | 11 |
| 5.3.1     | Interface com o Operador .....   | 13 |
| 5.3.1.1   | Programa da consola .....  | 13 |
| 5.3.1.2   | Programa Visual Basic.....   | 17 |
| 5.3.2     | Controlo .....   | 18 |
| 5.3.2.1   | Programa Autómato .....  | 19 |
| 5.3.2.1.1 | POU Geral.....   | 19 |
| 5.3.2.1.2 | POU Automatico.....  | 28 |
| 5.3.2.1.3 | POU Alimentação .....  | 31 |
| 5.3.2.1.4 | POU Cartas Analógicas .....  | 34 |
| 5.3.2.1.5 | POU MAC .....  | 36 |
| 5.3.2.1.6 | POU Saídas .....   | 39 |
| 5.3.3     | Processo .....   | 45 |
| 6         | Conclusão.....   | 46 |
| 7         | Bibliografia .....   | 47 |
|           | ANEXO A.....   | 48 |
|           | Solução actualmente utilizada pela empresa no chanfro dos componentes cerâmicos                      | 48 |
|           | ANEXO B .....  | 50 |
|           | Solução actualmente utilizada pela empresa no corte dos componentes cerâmicos....                    | 50 |
|           | ANEXO B1 .....   | 52 |
|           | Esquema eléctrico da máquina de corte actual .....   | 52 |
|           | ANEXO C .....  | 55 |
|           | Software para controlo da actual máquina de corte da empresa. ....                                   | 55 |
|           | ANEXO C1 .....   | 57 |
|           | Programa para PLC Mitsubishi A1S usado para controlar a máquina de corte da empresa. ....            | 57 |
|           | Anexo C2 .....   | 63 |
|           | Programa para Consola Mitsubishi Mac 90. Para interligação com o programa autómato do anexo C1. .... | 63 |
|           | ANEXO C3 .....   | 64 |
|           | Software de monitorização e controlo remoto por PC.....  | 64 |
|           | ANEXO D.....   | 66 |
|           | Esquema do quadro eléctrico implementado. ....   | 66 |
|           | ANEXO E.....   | 82 |
|           | Notas sobre projecto e construção de um quadro eléctrico.....  | 82 |
|           | ANEXO F .....  | 88 |
|           | Pequeno manual dos variadores de velocidade Mitsubishi FR-520S .....                                 | 88 |
|           | ANEXO G.....   | 92 |
|           | Cartas analógicas da serie Fx2n .....  | 92 |
|           | ANEXO G1 .....   | 93 |
|           | Carta analógica FX2n-4DA .....   | 93 |



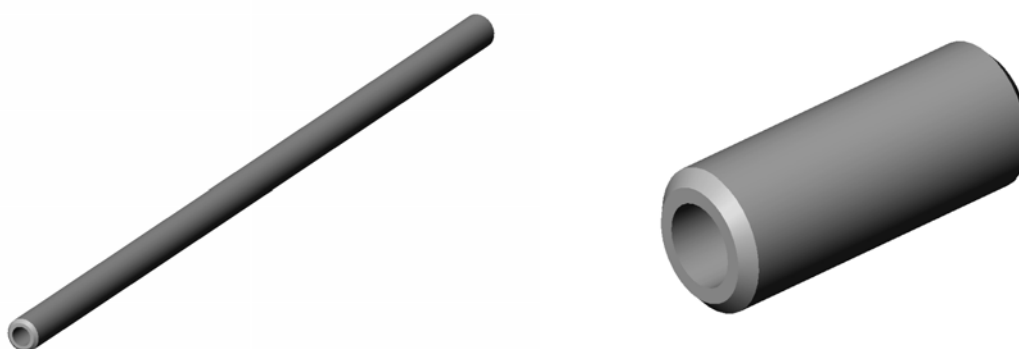
|   |     |
|---|-----|
| ANEXO G2.....   | 94  |
| Carta analógica FX2n-2DA .....  | 94  |
| ANEXO H.....  | 95  |
| Guia de dimensionamento de correias. ....   | 95  |
| Introdução .....  | 96  |
| ANEXO H1 .....  | 97  |
| Correias planas e redondas.....   | 97  |
| ANEXO H2.....   | 101 |
| Correias em V .....   | 101 |
| Bibliografia .....  | 104 |
| Tabela de conversões .....  | 104 |
| ANEXO I .....   | 105 |
| Dimensionamento de correias efectuado. ....   | 105 |
| ANEXO I1 .....  | 106 |
| Correia da bateria de chanfro. ....   | 106 |
| ANEXO I2 .....  | 108 |
| Dimensionamento da correia plana.....   | 108 |
| ANEXO J.....  | 112 |
| Determinação da relação entre o número de voltas que a peça dá sobre si mesma e as velocidades dos tapetes inferior e superior . .... | 112 |
| ANEXO K.....  | 115 |
| Requisições de material .....   | 115 |
| ANEXO L .....   | 118 |
| Programas desenvolvidos para a solução final. ....  | 118 |
| ANEXO L1 .....  | 119 |
| Listagem do Programa para o PLC Mitsubishi FX2n.....  | 119 |
| ANEXO L2 .....  | 120 |
| Listagem do programa para a consola de commando MAC E200 .....  | 120 |
| ANEXO L3 .....  | 121 |
| Listagem do programa de interface em Visual Basic. ....   | 121 |
| ANEXO M.....  | 122 |
| Esquema Pneumático .....  | 122 |



## 1 Contexto e Problemática

Na sequência da encomenda ao Departamento de Engenharia Mecânica, de uma máquina de corte e chanfro de componentes cerâmicos, pela empresa Rauschert Portuguesa Lda, foi proposto, no âmbito do Projecto de Automação, o projecto de automação da máquina a desenvolver em seminário de processos tecnológicos.

Os componentes a cortar (Figura 1 à esquerda) são varetas cerâmicas de forma cilíndrica, ocas. Do corte de cada vareta obtêm-se cerca de onze componentes cerâmicos nos quais é então executado o chanfro das arestas exterior de cada topo (Figura 1 à direita). Sendo estes componentes o produto final da máquina. Os componentes assim obtidos são posteriormente utilizados na obtenção de fusíveis.



*Figura 1 À esquerda vareta cerâmica da qual se extraem cerca de onze componentes, à direita componente cerâmico já cortado e chanfrado*



## 2 Situação actual

Actualmente a referida empresa efectua o corte e o chanfro, dos componentes fabricados, em máquinas independentes (Figura 2).

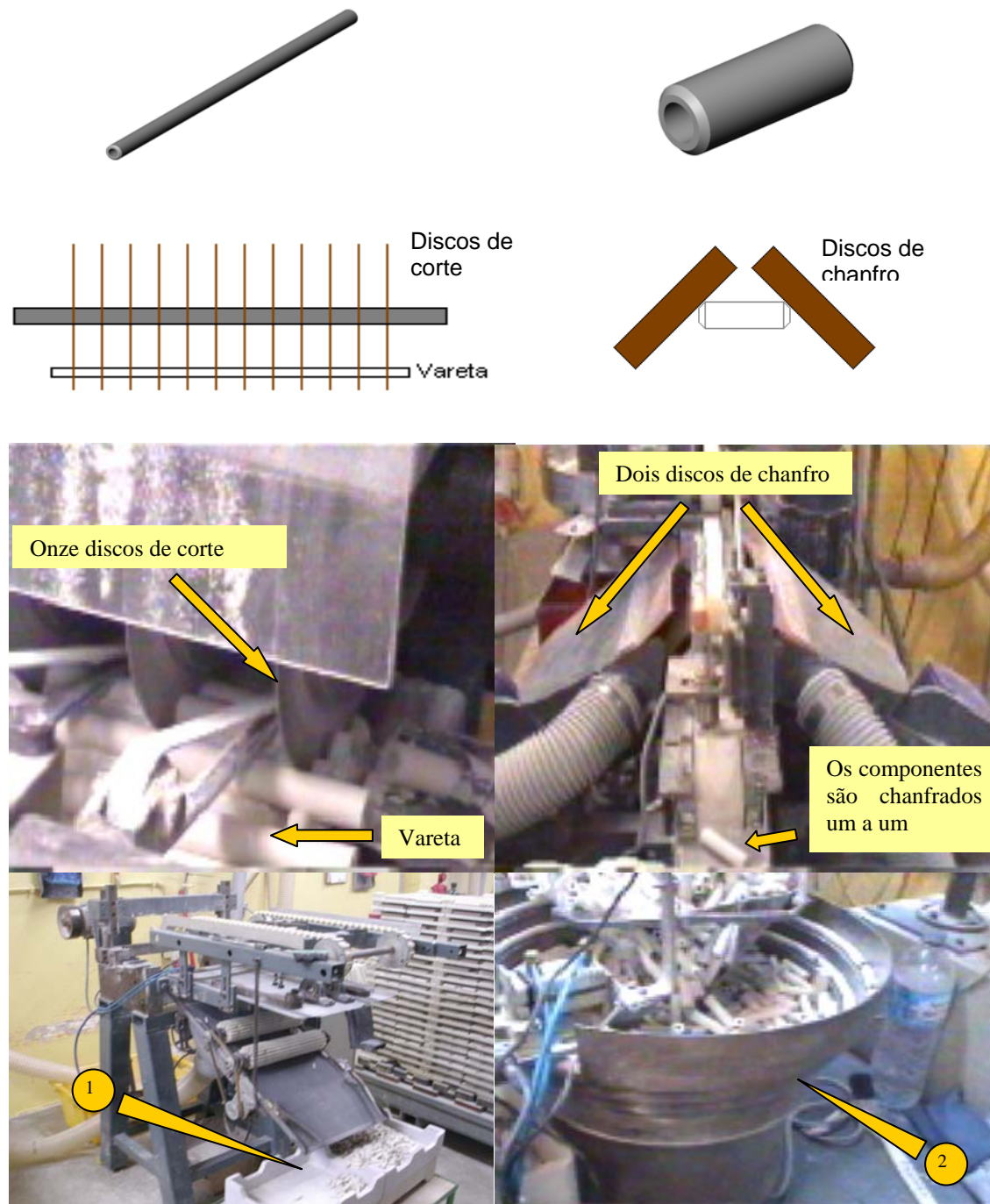


Figura 2 –À esquerda máquina de corte. à direita máquina de chanfro. 1) Recipientes a saída da máquina de corte 2) Armazém de alimentação da máquina de chanfro

Isto levanta alguns problemas. Como se pode ver na Figura 2, por cada vareta cortada são produzidos onze novos componentes de uma só vez que depois são chanfrados individualmente, originando um estrangulamento da produção na máquina de chanfro. Levantam-se ainda alguns problemas relativamente à alimentação das



duas máquinas. De facto os componentes a saída da máquina de corte(Figura 2 ponto 1) são depositados em recipientes , havendo depois necessidade de um operador os transportar e colocar no alimentador da máquina de chanfro(Figura 2 ponto 2). Criam-se assim também problemas armazenamento e transferência de produtos entre os dois equipamentos.

### 3 Objectivos

Posto isto, a máquina a desenvolver pelo Departamento de Engenharia Mecânica deverá então otimizar o corte e desenvolver uma solução alternativa para o chanfro dos componentes. Pretende-se essencialmente efectuar as duas fases do processo de forma sequencial, otimizando a cadência de produção e eliminando os problemas relativos a transferência de produtos entre equipamentos independentes.

O objectivo principal deste projecto é a automação da máquina desenvolvida pelo Departamento de Engenharia Mecânica. Partindo da solução tecnológica final encontrada para a máquina, pretende-se dotar esta das seguintes capacidades:

- Integração das duas fases do processo (corte e chanfro).
- Laboração em ciclo contínuo com o mínimo de intervenção humana.
- Garantia de sincronismo entre as duas fases do processo.
- Monitorização do processo.
- Capacidade de ajuste e controlo dos parâmetros de funcionamento (cadência de produção, velocidades dos motores de corte e chanfro, etc.) de acordo com as necessidades da produção.
- Interface com o operador intuitivo e de fácil utilização.



## 4 Abordagem

Após a consideração dos objectivos e necessidades do projecto optou-se por uma abordagem que numa primeira fase consistiu no estudo do equipamento actual utilizado na empresa. Como só se encontrava disponível o equipamento usado no corte dos componentes, fez-se um estudo aprofundado do modo de funcionamento deste e da tecnologia disponível, podendo este estudo ser consultado no Anexo B. Uma breve explicação da máquina de chanfro pode ser consultada no Anexo A. Estando o desenvolvimento da máquina de corte e chanfro dividido em duas partes (Projecto/montagem e automatização) e estando o Projecto/montagem à responsabilidade de colegas na disciplina de Seminário de Processos tecnológicos, a abordagem a este projecto passou também pelo acompanhamento da concepção da máquina. Deste modo, tornou-se possível ao longo do ano a sensibilização para as necessidades de automação do equipamento a obter no final.

Uma segunda fase iniciou-se após alguma consideração sobre as funcionalidades requeridas na máquina. Levando as conclusões tiradas em conta juntamente com o estudo das sucessivas soluções avançadas pelos colegas em Seminário de processos Tecnológicos, avançou-se nesta fase para a idealização de uma solução genérica de automação. Desta solução pretendeu-se que fosse geral o suficiente para se adaptar à máquina final, mas também que contempla-se já todas as estruturas necessárias ao cumprimento dos objectivos do projecto.

Por último, e após a definição da solução final de Projecto/montagem da máquina, particularizou-se a solução geral idealizada para este equipamento e procedeu-se ao processo de implementação da automatização deste. Desta fase fizeram parte a aquisição de equipamentos de automação, o projecto e implementação de um quadro eléctrico, a montagem deste na máquina e a programação de um PLC e de uma consola de interface com o operador.





## 5 Solução

### 5.1 Definição de uma solução geral de partida.

Após a abordagem das necessidades do projecto proposto e tendo em conta o estudo do equipamento actual da fábrica e as sucessivas soluções tecnológicas desenvolvidas, delineou-se o esquema geral da figura 3 (uma vez que ainda não existia uma solução final para a máquina a desenvolver) para a obtenção de uma solução.

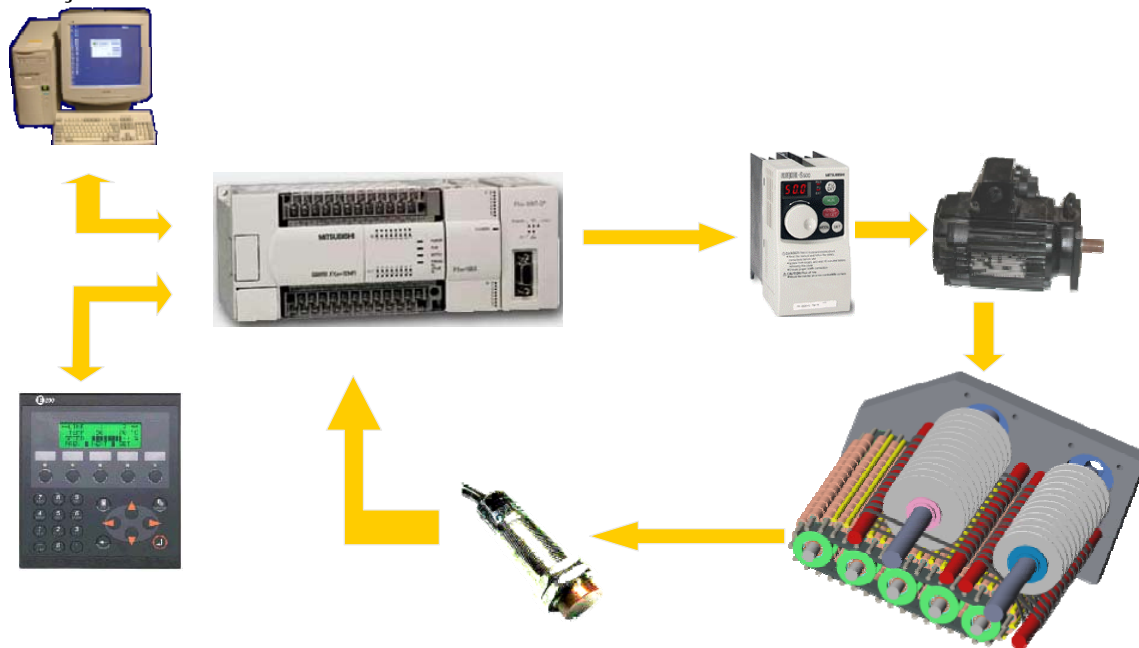


Figura 3 – Esquemática da solução geral proposta utilizando uma das muitas soluções tecnológicas proposta para a máquina de corte e chanfro de componentes cerâmicos. Esta solução previa a construção de um equipamento totalmente novo

Pormenorizando temos uma solução baseada na:

- Utilização de motores AC, controlados por variadores Mitsubishi da serie **FR-S 520**, para a actuação da generalidade das partes móveis da máquina.
- Utilização de sensores para controlo de estados e monitorização.
- Utilização de um cilindro pneumático para a alimentação da máquina.
- Utilização de um PLC Mitsubishi serie **FX2n**, para o controlo e gestão da máquina. Equipado com dois módulos de saídas analógicas um **FX2n-4DA** e um **FX2n-2DA**, para controlo dos variadores, e um modulo de entradas digitais **FX0n-8EX-ES**.
- Utilização de uma consola **Beijer Mac E200** como interface com o operador.
- Utilização da porta de comunicação serie do PLC para comunicação com um PC permitindo a monitorização e operação remota da máquina.

Do seguimento desta linha de actuação e tendo em conta que nesta fase ainda não estavam disponíveis protótipos da máquina final nem existia uma solução definida, efectuou-se, segundo o esquema da Figura 3, o desenvolvimento das estruturas necessárias ao controlo da actual máquina de corte utilizada pela empresa. Para tal utilizou-se um PLC Mitsubishi A1S, uma consola Mac 90 e um PC. Desenvolveram-se os programas necessários ao PLC e à Mac, bem como dois programas LabView na filosofia cliente/servidor para controlo local e remoto da máquina através de PC, estando estas estruturas disponíveis no Anexo C.





## 5.2 Solução tecnológica final para a máquina de corte e chanfro de componentes cerâmicos

A solução tecnológica final para a máquina de corte e chanfro de componentes cerâmicos, desenvolvida em Seminário de Processos Tecnológicos por colegas do ramo de Tecnologia, passou essencialmente pela manutenção do equipamento utilizado pela empresa no corte dos componentes cerâmicos. Quanto ao chanfro projectou-se e construiu-se uma estrutura totalmente nova (Figura 5 ponto 4), preparada para acoplar ao equipamento de corte, permitindo assim a execução dos dois processos num só equipamento e de forma sequencial como se passa a descrever.

As varetas cerâmicas (Figura 4 ponto 4) são colocadas num armazém (Figura 4; ponto 1) onde um cilindro pneumático as coloca, uma a uma, num tapete transportador (Figura 4 ponto 2) onde são levadas até aos discos de corte (Figura 4; ponto 3). Os componentes após serem cortados entram numa rampa (Figura 4 ponto 6 e Figura 5 ponto 4) que os conduz até um conjunto mecânico constituído por um cilindro com guias (Figura 5 ponto 3) para os componentes e um cilindro exterior, concêntrico com o anterior, com ranhuras longitudinais (Figura 5 ponto 2), tendo os dois cilindros actuação independente e rodando em sentidos inversos. As peças à saída da referida rampa entram nas ranhuras do cilindro exterior ficando apoiadas sobre o cilindro interior que ao rodar em oposição ao cilindro exterior lhes confere um movimento de rotação sobre o seu eixo longitudinal. Finalmente o cilindro exterior que roda a baixa velocidade transporta as peças até aos discos de chanfro (Figura 5 ponto 1) onde as peças vão obter a sua formas final (Figura 5 ponto 5).

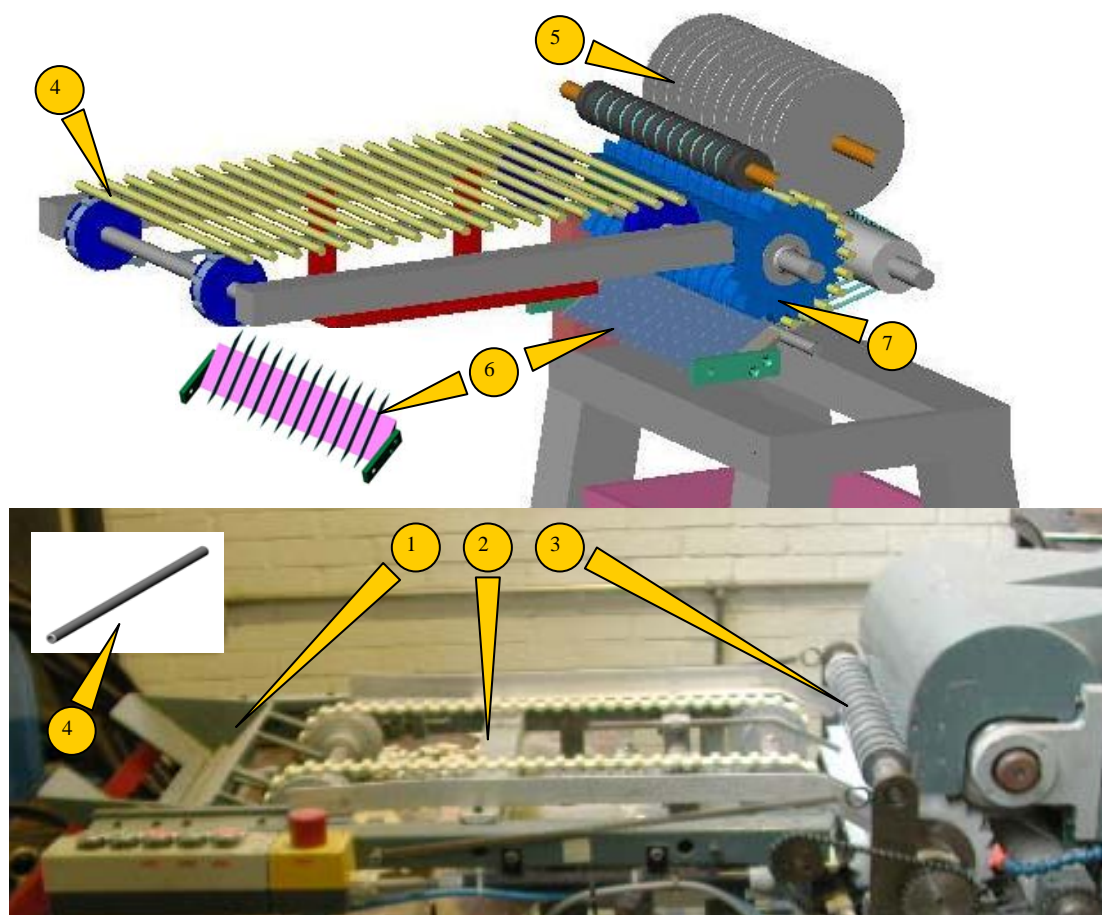


Figura 4 – Pormenor da máquina de corte. 1)- Armazém 2)Transportador 3)Bateria de corte 4)Vareta a cortar 5)Discos de corte 6)Rampa de transferência 7)Bateria de corte.

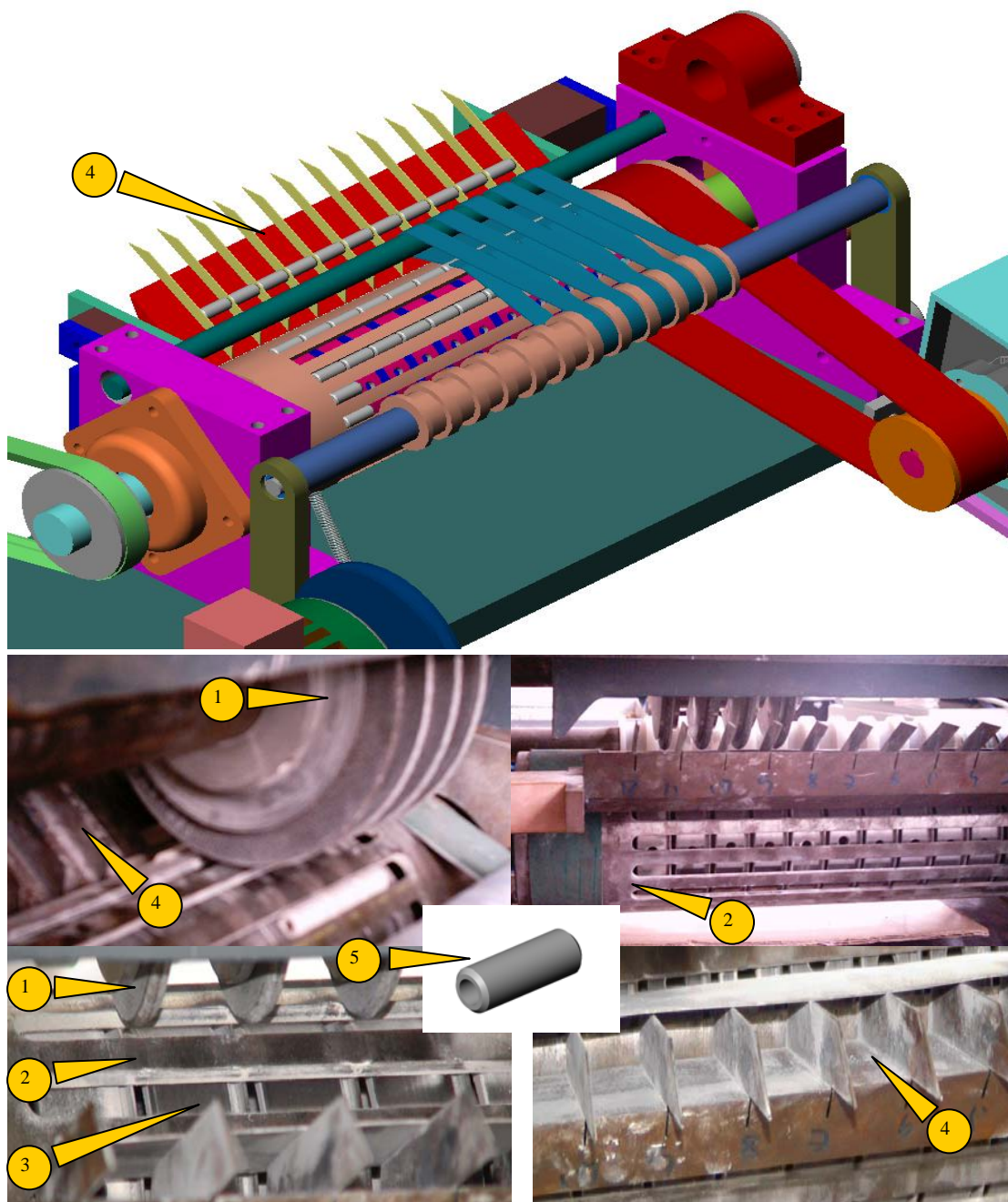


Figura 5 –Pormenores da bateria de chanfro. 1)- Discos de chanfro 2)- Cilindro exterior 3)- Cilindro interior 4)- Rampa de transferencia entre o corte e o chanfro 5)Componente cerâmico a obter.



### 5.3 Definição da solução geral.

Após a obtenção de uma solução tecnológica final para a máquina de corte e chanfro de varetas cerâmicas pelos colegas em Seminário de Processos Tecnológicos (Ponto 5.2) partiu-se para a análise desta e para a definição de uma solução final de automação.

No total a solução tecnológica adoptada fica equipada, em termos de elementos de controlo e actuação, com cinco motores AC trifásicos, um cilindro de simples efeito (utilizado para actuação de uma escova responsável pela limpeza da bateria de corte), um cilindro de duplo efeito (utilizado na alimentação de varetas), três sensores indutivos (utilizados na verificação da posição do cilindro da alimentação) e três electroválvulas (uma para comando do cilindro de alimentação, outra para o cilindro de limpeza e uma terceira para controlo de um jacto de ar utilizado também na limpeza da bateria de corte).

Para automação deste equipamento desenvolveu-se com base na estratégia definida em 5.1 a solução apresentada na Figura 6.

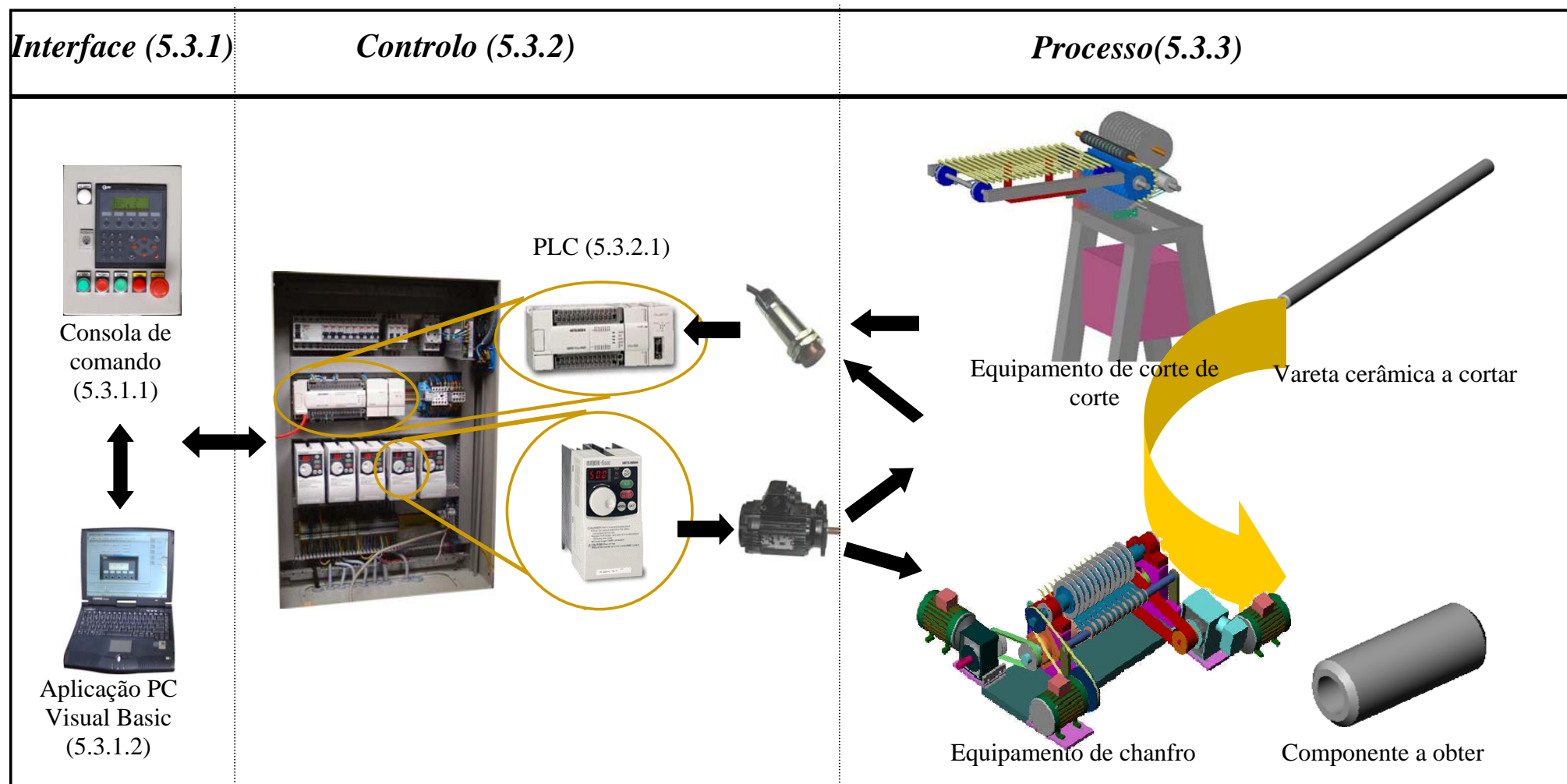


Figura 6 – Esquema geral da solução proposta (A preto - fluxo de informação A amarelo – fluxo de materiais.).





### 5.3.1 Interface com o Operador

O interface com o operador é constituído por uma consola Mitsubishi MAC E200, um botão de colocação da máquina em serviço, um botão de colocação fora de serviço, um botão para controlo do sistema de alimentação da máquina e o botão de segurança. Todos estes componentes estão colocados num quadro eléctrico de pequenas dimensões.

Como elemento de interface pode ainda utilizar-se um PC com um programa desenvolvido em Visual Basic que comunica com a consola utilizando o protocolo MELDDE/RS 232. Os cabos de ligação entre o PC e a MAC e entre a MAC e o PLC podem ser consultados no *Anexo D*

#### 5.3.1.1 Programa da consola

O programa da consola E200 foi desenvolvido com vista a facilitar o interface com o utilizador. Neste sentido foi elaborado um controlo muito abrangente sobre os parâmetros máquina sem comprometer toda funcionalidade/operacionalidade necessárias para um equipamento de chão de fábrica. A consola possui um teclado numérico, um cursor com uma tecla de confirmação (**return**) uma tecla que permite apagar (**backspace**) e cinco teclas de função. Estas teclas de função podem ser utilizadas de forma fixa, a acção resultante de cada tecla de função não varia com a navegação, de forma flexível em que a última linha do ecrã indica a acção resultante da tecla de função imediatamente abaixo. No desenvolvimento do interface tornou-se óbvio que a segunda solução era a mais indicada para situações em que se pretendia disponibilizar informação que requeria navegação entre menus. Por outro lado apenas três teclas de função são utilizadas neste tipo de solução pelo que as outras duas, que não se encontram na direcção do ecrã, ficam disponíveis para outras funções. No nosso caso escolhemos a tecla situada mais à esquerda para efectuar o retrocesso de menu. Para tal o software de programação da consola disponibiliza a impressão automática da etiqueta que no nosso caso diz “atrás”.



Figura 7 – Aspecto da consola de diálogo MAC E200.

O esquema geral de navegação através dos menus mostra-se de seguida:

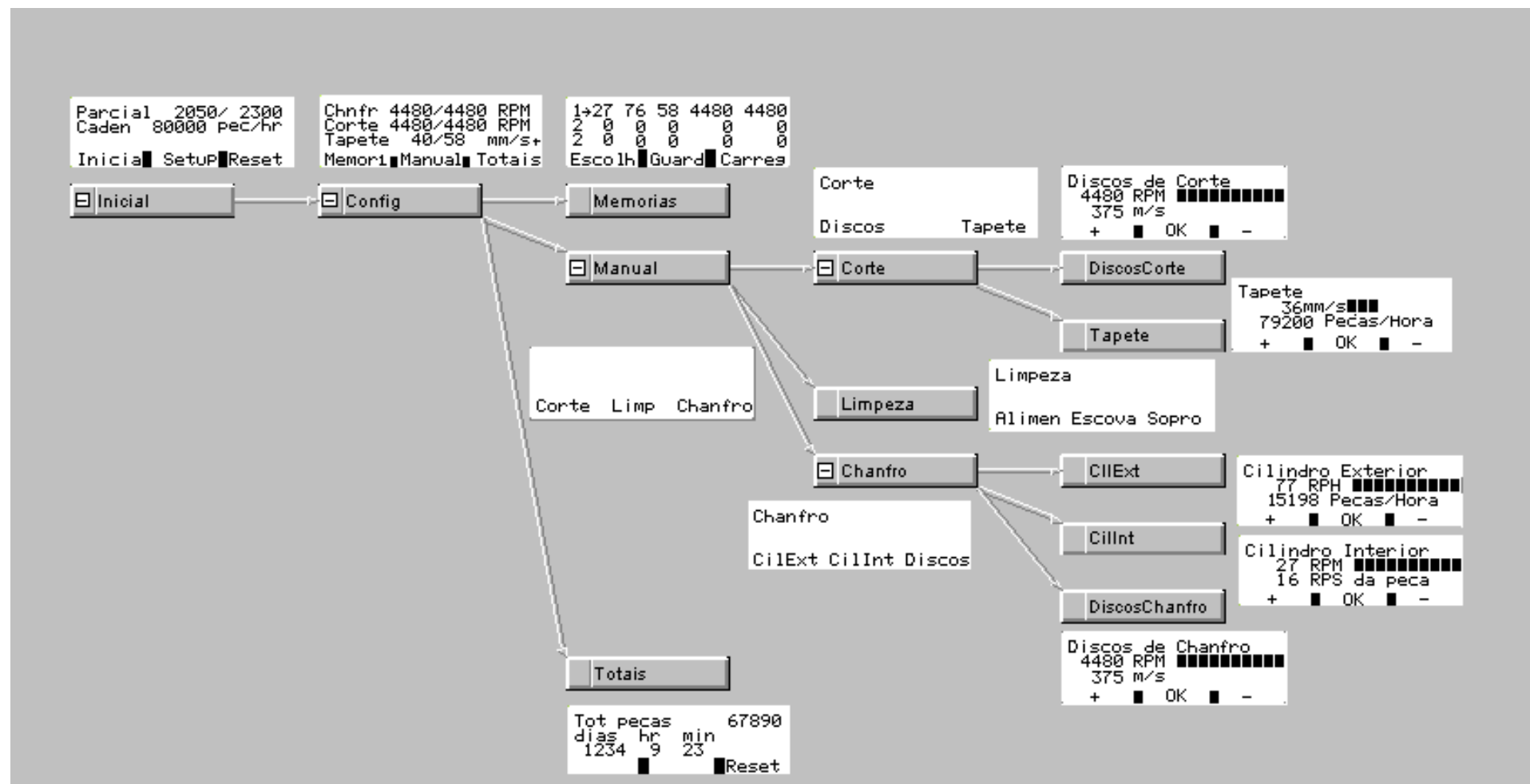


Figura 8 – Diagrama de interdependências dos vários menus do programa da consola de diálogo.



Como se pode ver o primeiro menu dá acesso apenas ao menu de configuração sendo este acesso limitado por palavra-passe. A razão desta limitação está relacionada com a funcionalidade e com a necessidade de desenvolver um equipamento com uma operacionalidade o mais parecida possível com a existente para a máquina de corte, bem como a limitação do acesso, a certas funções, apenas a pessoal qualificado.

Da análise da máquina de corte (*Anexo B*) verificou-se que a colocação em serviço deste equipamento se resumia a três botões. A operação destes botões era sequencial e estava estruturada da seguinte forma: primeiro eram activados os discos de corte, que possuíam um tempo destinado à sua aceleração que era confirmado por um sinal proveniente do variador com destino ao controlador (Siemens LOGO). Depois dos discos terem atingido a velocidade desejada, era permitida a activação do tapete transportador e do sistema de alimentação. Pela análise deste exemplo e pelo retorno proveniente da utilização quase diária, tanto nossa como dos nossos colegas que estavam incumbidos de desenvolver a parte estrutural, durante os ensaios de afinação, concluímos que o menu inicial deveria ser mais informativo do que interventivo.

Toda a estrutura do programa da consola é baseada num bloco inicial (Figura 9) que aparece sempre que a máquina se encontra sob tensão.



Figura 9 – Menu inicial da consola de comando

Este menu possui indicações acerca da contagem total (e parcial) de peças, da candência real da máquina em peças por hora (este valor é estimado a partir de um sensor presente antes do tapete que transporta as peças para o corte). Em termos de operação este bloco permite a introdução de lotes de peças a executar (Figura 9 ponto 1), iniciar a laboração em ciclo automático, reiniciar a contagem parcial e aceder a menus de configuração da máquina. A introdução de valores (efectuado através do teclado numérico) permite controlar a laboração da máquina até ser atingido o valor de peças desejado e consiste numa alternativa ao funcionamento





contínuo que pode ser iniciado quando se introduz o valor zero (Figura 9; ponto 1). Esta possibilidade de funcionamento em contínuo pretende fazer a ponte entre o tipo de utilização da máquina já existente com a máquina a desenvolver. Como já foi referido a máquina de corte existente necessitava de uma sequência de três botões para ficar a funcionar em pleno. Na nova solução a sequência de iniciação mais simples da máquina também requer uma série de três botões (Botão de pressão de colocação em serviço – Botão iniciar na MAC – Botão de pressão da alimentação) sendo de realçar a presença de um botão de consola sempre menos intuitivo do que um botão de pressão. Considerou-se que esta desvantagem é relativamente pequena e que o retorno em termos de possibilidades de parametrização/segurança torna esta a solução mais adaptada à realidade empresarial em causa e aos objectivos académicos do projecto. Numa utilização mais exigente a possibilidade de introduzir o limite de peças a produzir através da introdução directa do valor através do teclado numérico através da tecla **Return**. Depois de introduzido o valor a produzir a tecla **iniciar** dá início a um ciclo automático com termo certo.

O botão **reset** reinicia a contagem parcial e o botão **setup** dá acesso a uma área reservada (através de uma palavra chave), que permite um controlo mais abrangente sobre os parâmetros da máquina. Trata-se de um bloco de "**setup**" (Figura 10) que permite, através do teclado numérico, introduzir as velocidades de cada um dos motores. Estas velocidades só serão enviadas para as cartas analógicas (situação que corresponde a um efectivo movimento dos motores) quando a máquina der início ao ciclo automático (Figura 9;Ponto2); ou quando em manual for dada essa indicação expressa, através do comando (Figura 12; Ponto 2).

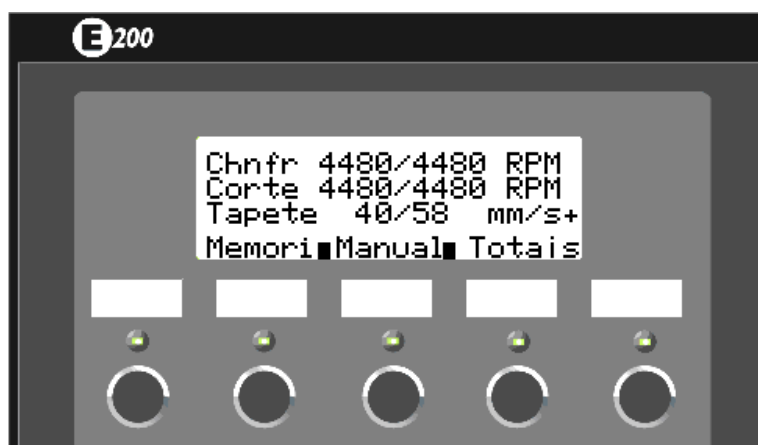


Figura 10 –Menu de Setup.

Existe ainda um menu **Memori** que permite armazenar até três configurações completas dos parâmetros máquina.

Existe um menu de comando **Manual** (Figura 11 e Figura 12) onde é possível controlar o valor da velocidade dos motores independentemente, sendo também disponibilizada mais informação (Figura 12 ponto 1) relativamente a cada motor.



Figura 11 –Opção do menu de comando manual.

No caso dos motores associados aos equipamentos de transporte (o tapete e o cilindro exterior) a informação disponibilizada diz respeito à cadência obtida para o determinado equipamento (peças por hora). No caso dos elementos de maquinação a informação extra é relativa à velocidade linear do perímetro exterior do disco (m/s). Para o cilindro interior, que é responsável pelo movimento de rotação da peça sobre si mesma, o operador pode verificar o número de voltas por segundo que a peça dá. Estes dados são provenientes de controlos em malha aberta (baseados nos valores enviados aos variadores), pelo que têm uma fiabilidade apenas razoável, apenas aceitável numa aplicação como esta. Para além destas fontes de erro existem ainda outras como o escorregamento da peça sobre o cilindro interior (erro por excesso do valor 12 ponto 1), o efeito dos discos enquanto chanfram a peça sobre a rotação desta (erro por defeito do valor 12 ponto 1), a possibilidade do cilindro exterior não estar sempre cheio (erro por excesso no valor 11 ponto 1), entre outras.

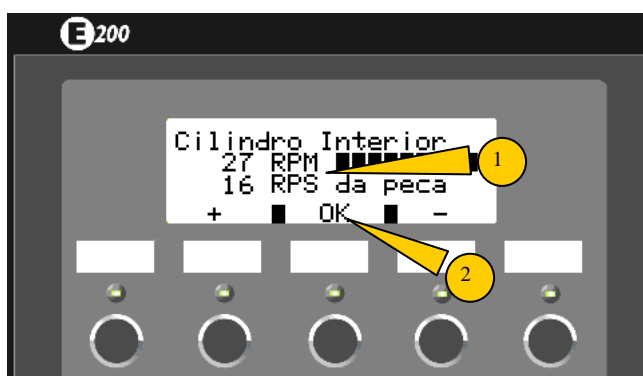
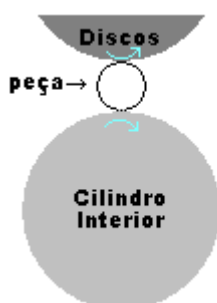


Figura 12 –À direita opção do menu de comando manual À esquerda efeito dos discos de chanfro sobre a rotação da peça.

### 5.3.1.2 Programa Visual Basic

Durante a fase de afinação da solução estrutural surgiu a necessidade de efectuar um registo dos parâmetros máquina (velocidade dos discos, cadência.) para cada lote de peças chanfradas, por forma a garantir uma base de informação que permitisse estudar a influência destes na qualidade das peças e também avaliar a sua evolução com o número de ensaios efectuados. Desta necessidade, e visto que este tipo de equipamento possui afinações regulares, foi desenvolvido um programa PC que comunica via DDE (protocolo de comunicações entre aplicações Windows) com o PLC, para facilitar o processo de aquisição de dados a partir dos ensaios.



Figura 13 –Interface do programa Visual Basic.

Este programa permite:

- Iniciar e Terminar o ensaio.
- Alterar os parâmetros máquina.
- Receber os valores presentes no PLC (velocidades dos motores, dimensão do lote a ensaiar, cadência prevista face à velocidade de cada um dos elementos de transporte, cadência verificada).
- Introduzir alguns valores provenientes de uma análise visual do ensaio/peças que quantificam a qualidade do processo/produto obtido com a afinação em causa.
- Registar numa folha Excel todos os dados referentes ao ensaio.

### 5.3.2 Controlo

Os dispositivos de controlo foram instalados no quadro eléctrico principal (*Anexo D*) e são constituídos essencialmente por um PLC Mitsubishi Fx2N equipado com dois módulos especiais de conversão digital analógico, um modulo Fx2N 4DA e um modulo Fx2N 2DA, totalizando um total de seis saídas analógicas sendo cinco delas utilizadas para comando dos cinco variadores de frequência Mitsubishi FRS-520S, também presentes no quadro de controlo, ficando a ultima livre. O PLC além da geração dos sinais analógicos para controlo dos variadores de frequência é ainda responsável por toda a gestão do funcionamento da máquina recebendo sinais dos sensores presentes nesta e controlando as electro-válvulas, sendo o funcionamento do PLC gerido por ordens do quadro de comando. Os variadores de frequência recebem um sinal analógico de 0V a 10 V do PLC e alimentam os motores com uma corrente trifásica de frequência proporcional variando desta forma a velocidade destes.



### 5.3.2.1 Programa Autómato

O programa desenvolvido para este projecto teve como alicerces três vectores:

- Robustez.
- Versatilidade
- Segurança.

Para atingir estes objectivos foram realizados diversos programas experimentais que, em conjunto com os dados recolhidos no estudo do controlo da máquina de corte já existente, forneceram a informação necessária para elaboração do respectivo programa.

Num programa para um autómato, tal como em qualquer outro tipo de programação a declaração das variáveis é extremamente importante. Para facilitar a compreensão do significado de cada uma das variáveis foram seguidas algumas regras na atribuição de nomes às variáveis:

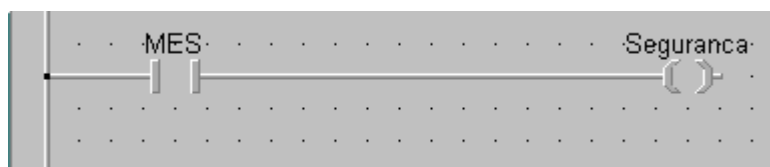
- os nomes tentam representar o mais possível o verdadeiro significado/função da variável em questão
- à frente do nome separado por *underscore* por vezes surge uma referência ao enquadramento da variável em questão. Caso a variável esteja associada a uma entrada ou saída física, a extensão do nome é a mesma utilizada no quadro eléctrico para designar o componente propriamente dito. No caso da variável estar associada a um comando proveniente da consola de diálogo a terminação **MAC** é utilizada. Por fim quando a variável se refere a um menu de diálogo a extensão **Menu** descreve esta situação.

O programa autómato é essencialmente constituído por 5 **POU's** (*Program Organisation Unit*) que definem e organizam as diferentes áreas a controlar/parametrizar:

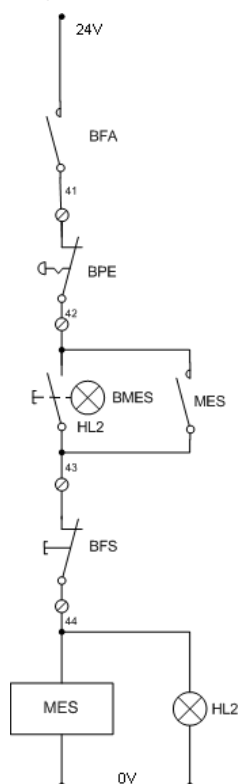
#### 5.3.2.1.1 **POU Geral**

Nesta unidade estão presentes todos os procedimentos que dizem respeito a toda a máquina, como os relativos à segurança, contagem de peças e conversão de unidades dos parâmetros máquina, por exemplo, o número de rpm necessita de ser convertido num valor numérico que a carta analógica reconheça.

Descrição da codificação do POU Geral

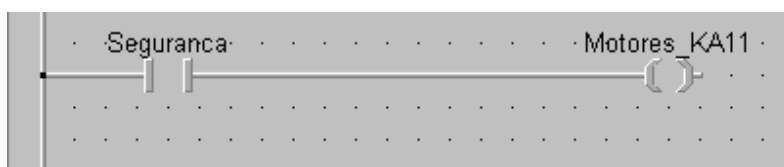


Aqui são reunidas todas as condições que garantem a segurança do sistema. No nosso caso só está contemplada a entrada X1, **MES** – Máquina Em Serviço.

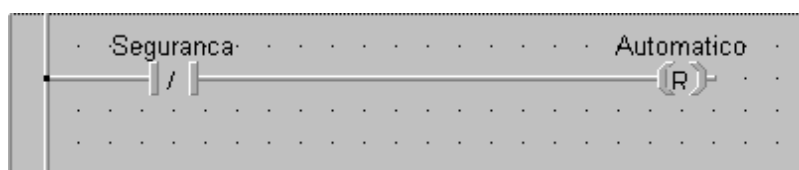


Este contactor (MES) pode ser atracado através do botão de colocação de máquina em serviço (BMES) e desatracado através do botão de fora de serviço (BFS). Verifica ainda se o autómato está a funcionar correctamente (BFA) e a existência de um estado de emergência (BPE – botão de emergência).

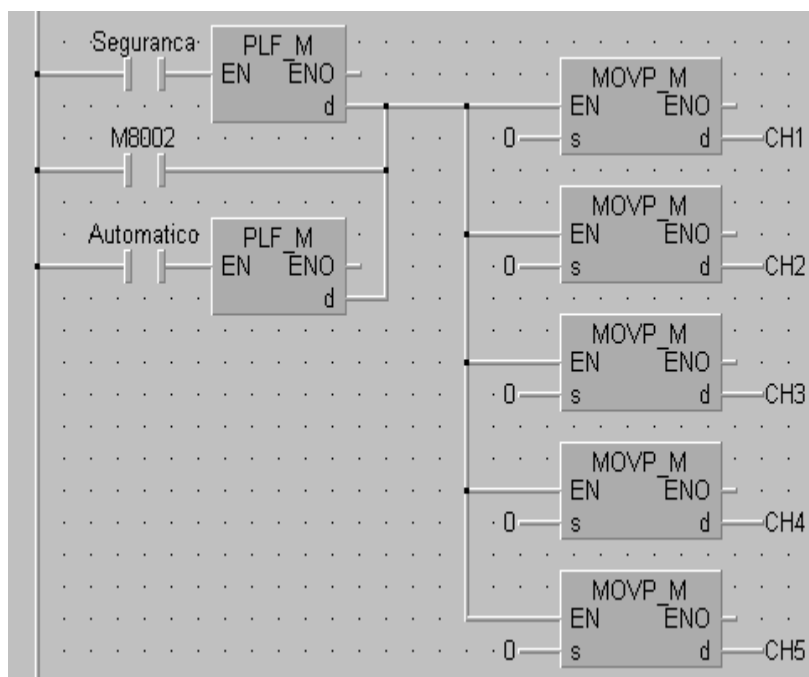
Em futuros desenvolvimentos é nesta linha que devem ser reunidos todos os requisitos de segurança já que todo o programa está baseado na variável Segurança.



A saída KA11 está associada a uma entrada booleana dos variadores, que autoriza o seu movimento. Esta autorização permite precaver o facto das cartas analógicas continuarem a debitar o mesmo valor qualquer mesmo que não estejam a receber instruções para efectuar uma conversão. Face a isto tornou-se necessária uma protecção eléctrica que é efectuada através do contactor KA11 que autoriza o movimento dos 5 motores.

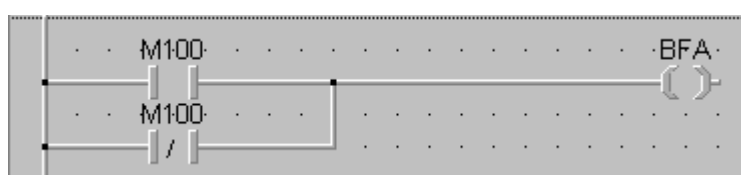


Não permitido o modo automático sempre que existe uma falha de segurança.



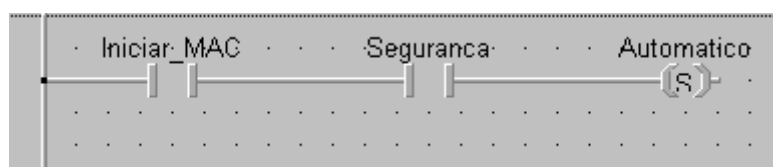
É efectuado o envio de 0 para as cartas dos 5 motores (5 canais) quando há uma falha de segurança, quando a máquina arranca (M8002) e quando termina um ciclo automático.

Este procedimento permite precaver alguns problemas que surgiam em ciclos consecutivos. Quando a máquina é parada (por fim de ciclo automático, por pressão do botão de fora de serviço, por pressão do botão de emergência ou até por falha do autómato) o MES é desactivado e os motores deixam de funcionar porque é desactivada a saída KA11 (ver antes). Os problemas surgiam sempre que as condições de funcionamento eram repostas, visto que as cartas mantinham os sinais de tensão que comandavam os variadores logo a máquina tinha “ordem” para funcionar, o que poderia causar problemas visto que a colocação da máquina em serviço não implica movimento imediato de todos os motores.

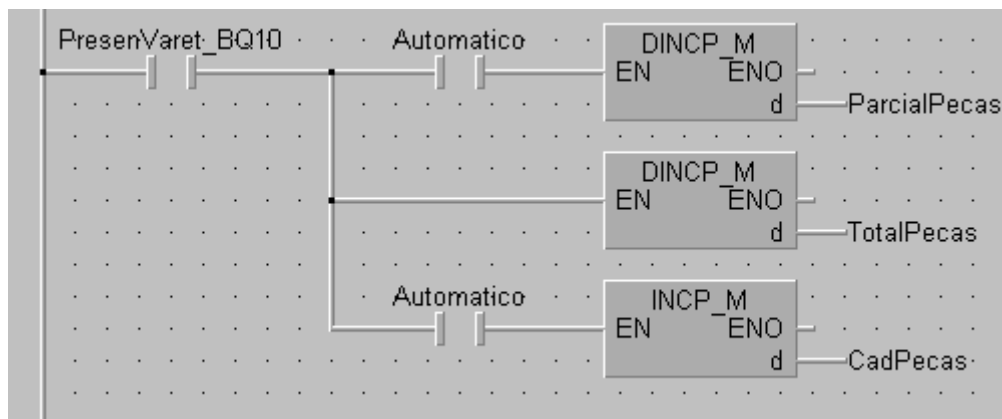


Aqui é verificada a condição de funcionamento do autómato. BFA (Bom funcionamento do autómato) é uma saída do autómato que fecha o circuito do MES.

Esta saída é um sinal do estado do PLC, visto que sempre que o PLC estiver condições de funcionamento normais esta saída está activa.



Esta sequência permite a entrada em ciclo automático a partir de um comando colocado na consola. É verificada a segurança.



O sensor BQ10 detecta a presença de varetas inteiras entre o alimentador de varetas e o tapete transportador da zona de corte.

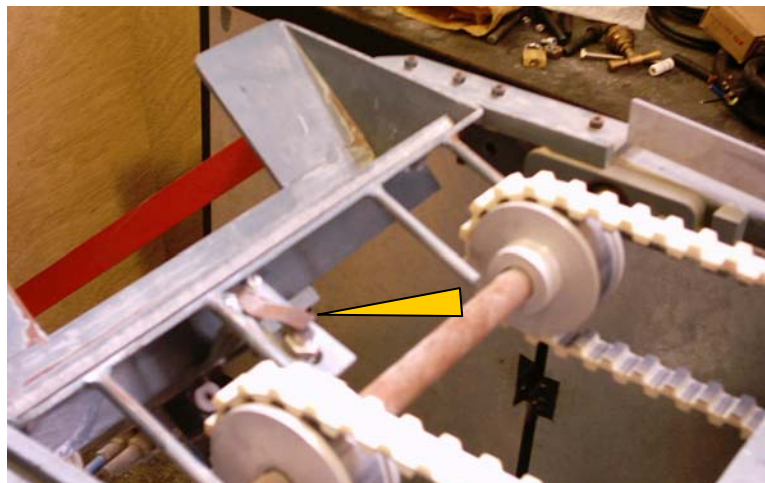
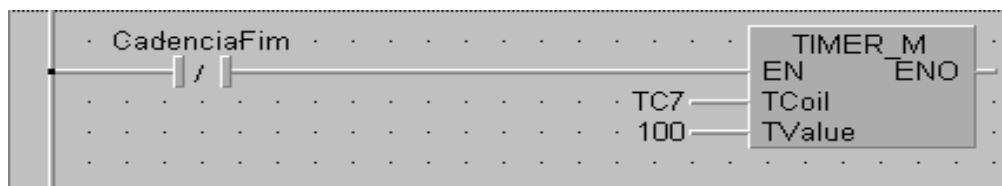


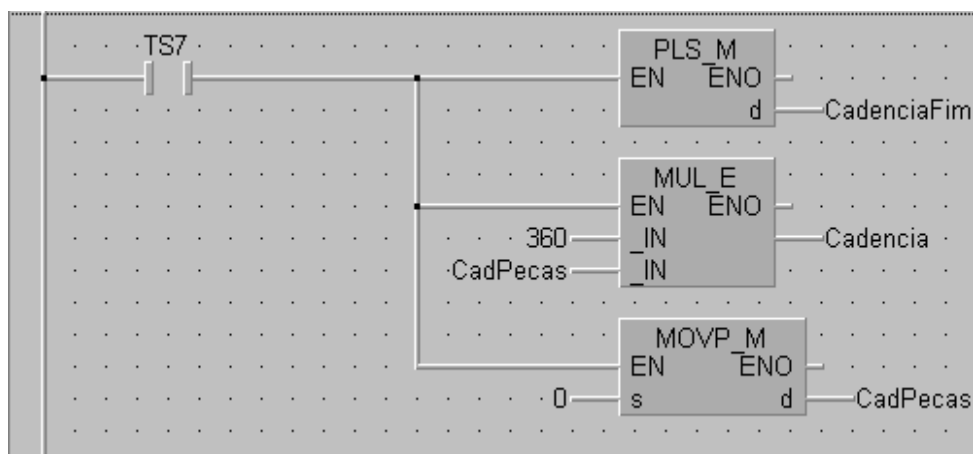
Figura 14 – Sensor de detecção de presença de varetas inteiras entre o alimentador de varetas e o tapete transportador da zona de corte.

Por cada vareta que passa neste sensor são incrementados os contadores parcial, usado para verificar a contagem em cada ciclo de funcionamento, total, usado para verificar o número de peças feito pela máquina desde sempre, e um contador auxiliar que permite calcular uma cadência cada dez segundos. Estes contadores medem varetas, não peças acabadas, pelo que é necessário afectar este valor de um ganho, procedimento que é efectuado na consola de diálogo.

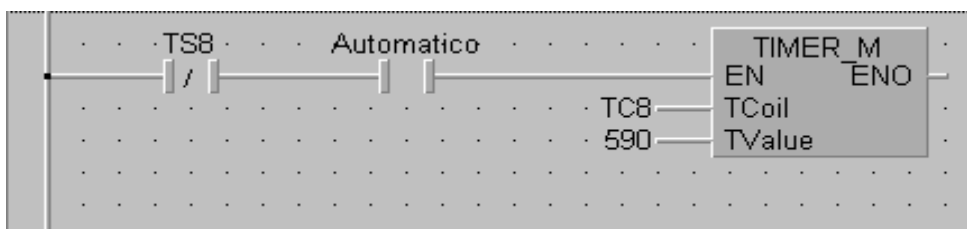


Para calcular a cadência são usadas contagens de peças de dez em dez segundos que são obtidas a partir deste contador.

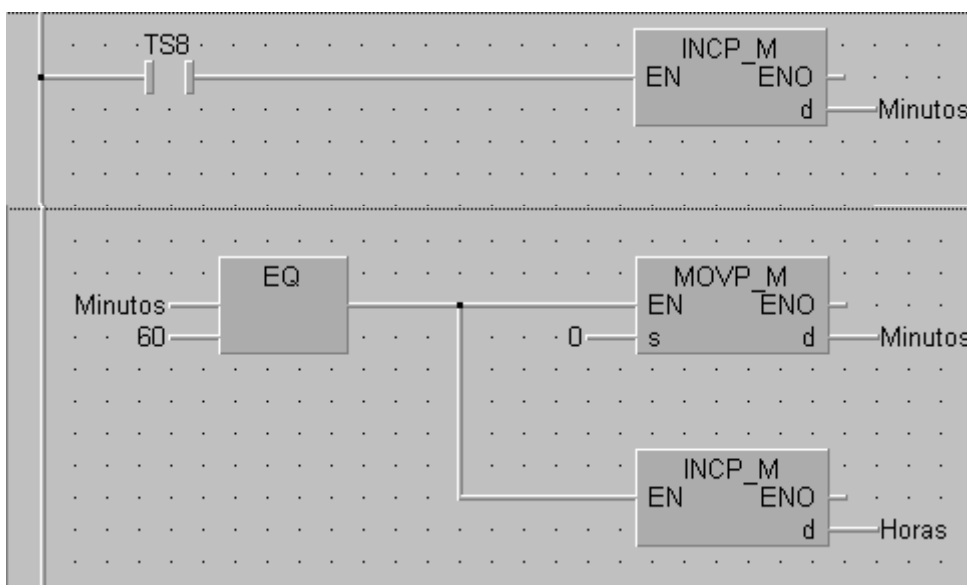




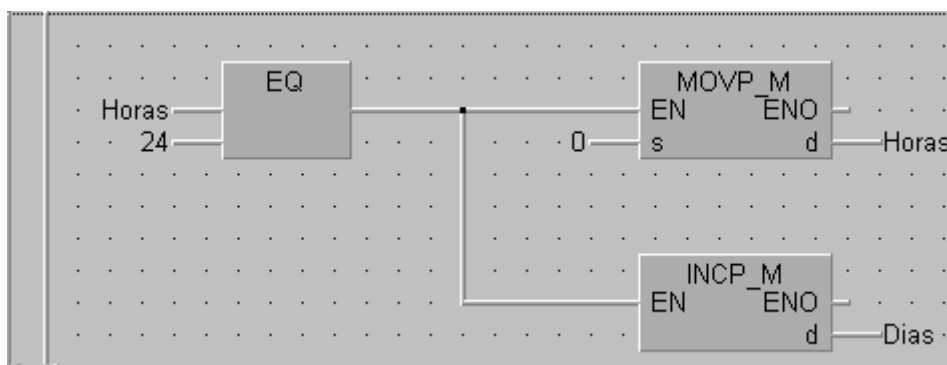
No fim de cada dez segundos (ver linha anterior), é calculada a cadência média para esses dez segundos, o valor do contador de peças é levado a zero, e o temporizador reiniciado.



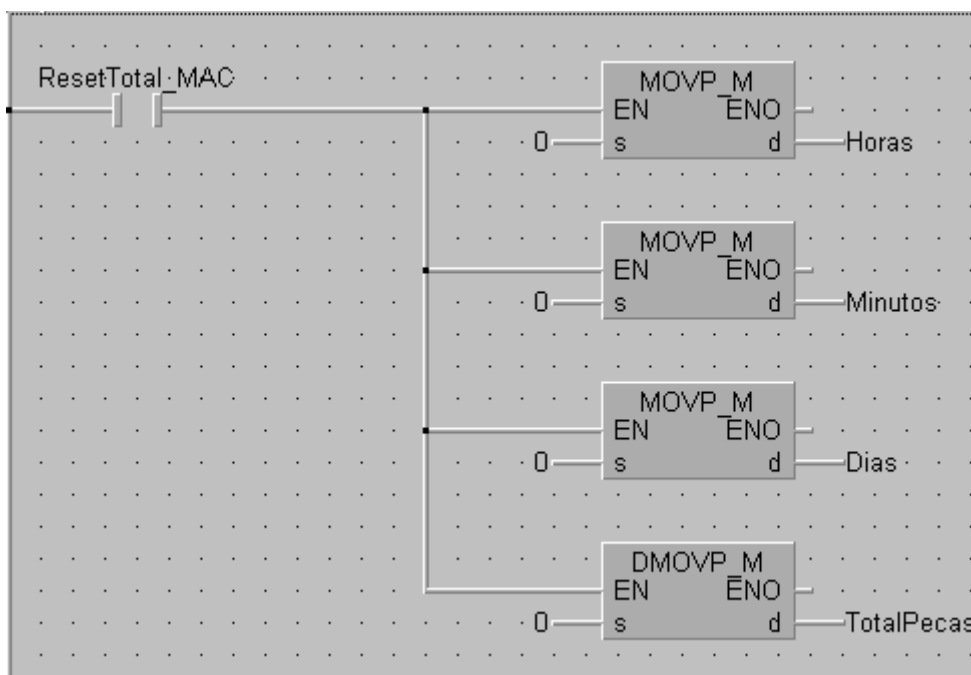
Este temporizador está associado a um relógio que têm como objectivo contabilizar o tempo de utilização da máquina em ciclo automático. Este tipo de verificação pode ser útil quer no estabelecimento de um plano de manutenção organizado, quer na determinação do retorno do investimento, entre outros.



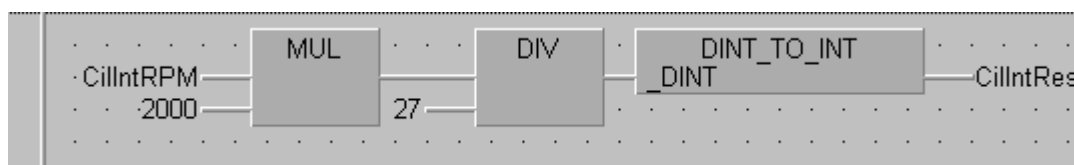
A unidade mais pequena deste relógio é o minuto.



São contabilizados também as horas e os dias, que são a unidade máxima de medida normalmente utilizada neste tipo de medições.



É disponibilizada a possibilidade de levar a zero os valores dos totalizadores. Esta facilidade está limitada na consola via palavra chave, que apenas deverá ser disponibilizada a níveis de responsabilidade elevada, visto que se trata de um registo que só faz sentido para toda a “vida” do equipamento.



O motor do cilindro interior têm como características principais 0,37 kW de potência e 1370 rpm de velocidade nominal.



Figura 15 Motor, redutor e transmissão por correia em V do cilindro interior –

À saída do motor encontra-se um redutor ( $i=50$ ) e uma transmissão por correias em V com polias de igual diâmetro (1:1). A partir destes dados foi calculada a velocidade do cilindro interior para a rotação nominal do motor.

$$n=1350/50=27 \text{ rpm}$$

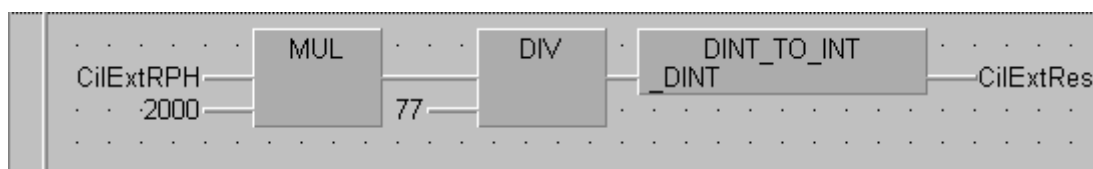
Como a carta analógica que está associada a este motor têm uma resolução de 2000 a relação entre as rpm do cilindro interior e o valor a enviar para a carta expresso na resolução da mesma é:

$$27 - 2000$$

$$r - n$$

$$r=n*2000/27$$

É nestes valores que se baseia a conversão efectuada na sequência anterior.



O motor que faz mover o cilindro exterior têm uma velocidade nominal de 1280 rpm, que é reduzida por dois redutores acoplados em série com valores de  $i=25$  e  $i=40$ .

$$n=1280/(25*40)=1.28 \text{ rpm}$$

Seguindo o mesmo raciocínio vem:

$$1.28 - 2000$$

$$r - n$$

$$r=n*2000/1.28 \text{ rpm}$$

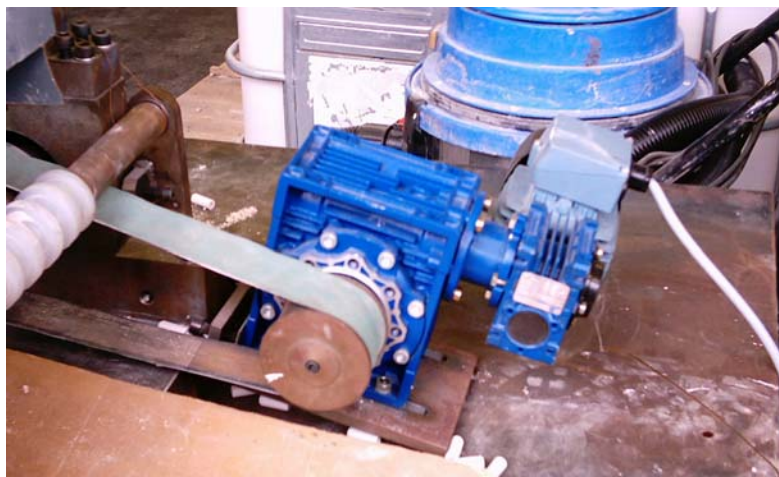
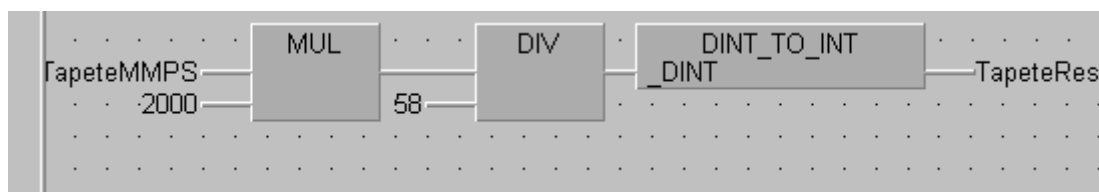


Figura 16 – Motor, redutor e transmissão por correia plana do cilindro exterior

Dado que este cilindro roda a uma velocidade muito baixa, não se torna agradável lidar com valores em rpm. Para contornar este problema a velocidade deste órgão de transporte foi expressa em rotações por hora. Assim o cálculo do valor a enviar para a carta expresso na sua resolução a partir da velocidade de rotação do cilindro exterior em rph vem:

$$r = n * 2000 / (1.28 * 60) = * 2000 / 77$$



O tapete de transporte de varetas possui uma transmissão complexa que para além de incluir um redutor/variador mecânico e uma transmissão por corrente, incluía ainda uma transmissão por atrito de umas correias de borracha sobre um tambor plástico onde as varetas estão apoiadas durante o corte.

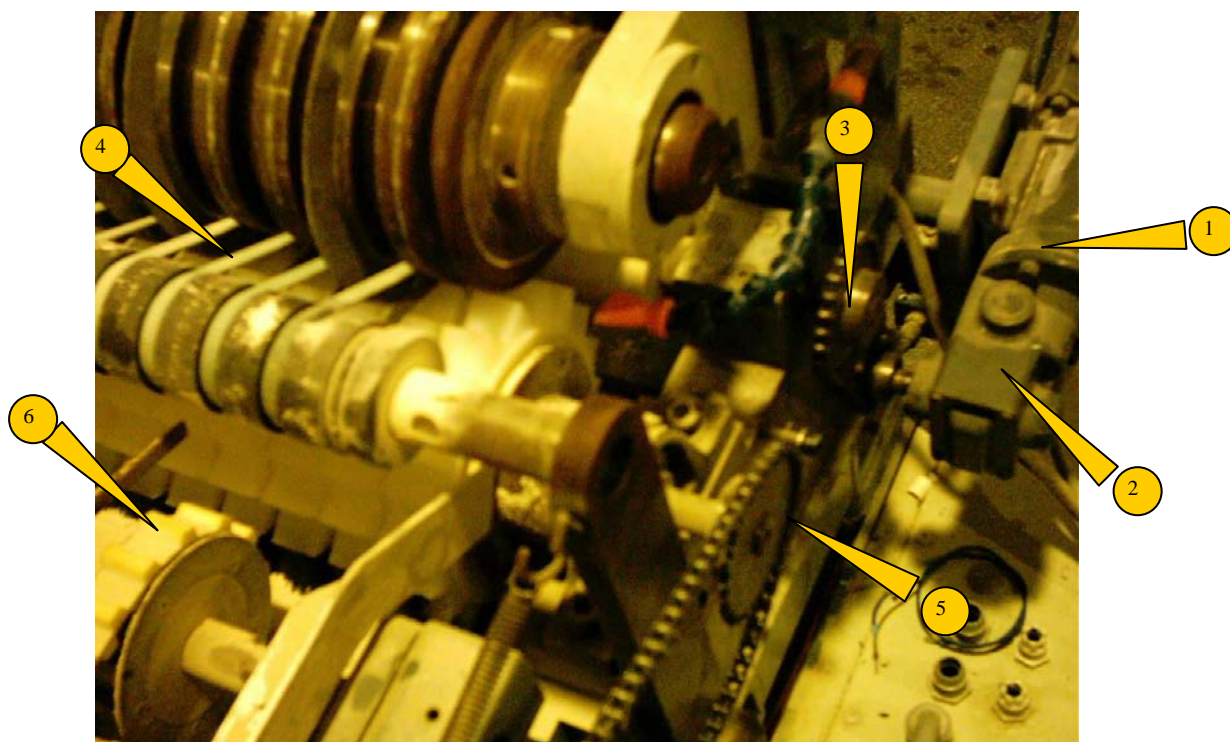
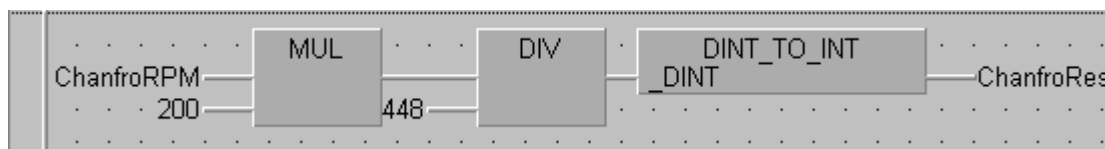


Figura 17 – transmissão do movimento de transporte 1-motor 2 –variador mecânico/redutor 3-corrente 4 - transmissão por atrito através das correias de borracha 5 –transmissão por corrente 6-Tapete transportador.

Todas estas características provocam uma dificuldade acrescida no cálculo da relação de velocidades motor/tapete pelo que, esta avaliação foi efectuada empiricamente. Foram efectuadas medições das velocidade do tapete para diferentes valores impostos pelo variador e a relação obtida foi a seguinte:

$$r=n*2000/58$$



O motor da bateria de chanfro possui uma velocidade nominal de 4480 rpm. A transmissão para a bateira é assegurada por uma correia em V, em que o diâmetro das polias é 160mm na polia de tracção e 200 na polia que recebe o movimento.

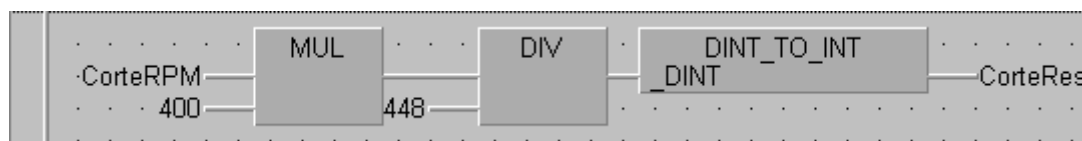
Logo para a bateira de discos de chanfro vem:

$$4480-200$$

$$n-r$$

$$r=n*2000/4480$$

Estes valores foram divididos por 10 e usados para calcular a resolução a introduzir no variador que correspondente.



Para a bateria de corte o cálculo é em tudo semelhante ao efectuado para a bateria de chanfro visto que os motores e as transmissões são semelhantes.

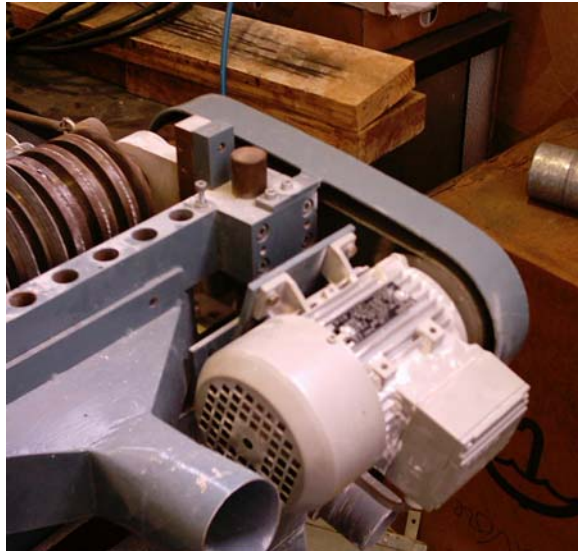


Figura 18 –Motor da bateria dos discos de chanfro

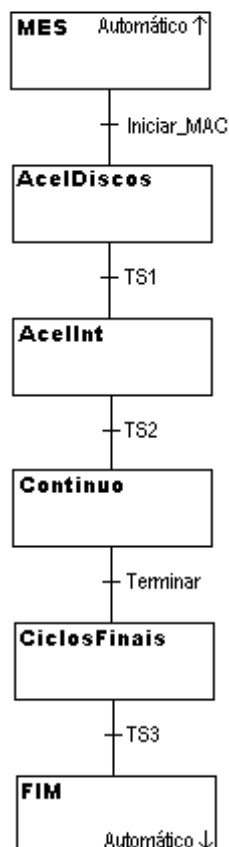
A única diferença reside no facto de este motor ser comandado por um variador que têm como sinal de referência um sinal proveniente da carta 2DA, que ao contrário da carta 4DA usada na condução dos outros quatro motores, aceita valores duma gama diferente: 0-4000.

Logo vem:

$$r=n*4000/4480$$

#### **5.3.2.1.2 POU Automatico**

Nesta unidade é desenvolvida a sequência de estados que permite a execução do ciclo em automático.



**MES** - Máquina em Serviço

**Iniciar\_MAC** – Comando proveniente da consola para iniciar o ciclo automático

**AcelDiscos** – Estado correspondente à aceleração dos discos de corte e chanfro (30 seg. –TS1)

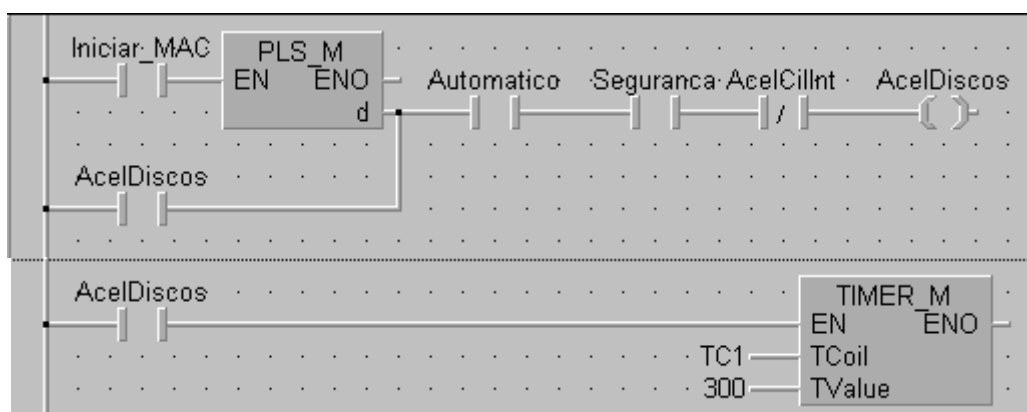
**AcelInt** – Estado correspondente à aceleração do cilindro interior.

**Contínuo** – Estado correspondente ao corte e chanfro de varetas em contínuo

**CiclosFinais** – Estado que corresponde ao corte e chanfro das varetas ainda presentes na linha de fabrico quando se atinge o número de peças determinado

**FIM** – Fim de ciclo

#### A descrição do código relativo ao POU Automatico:



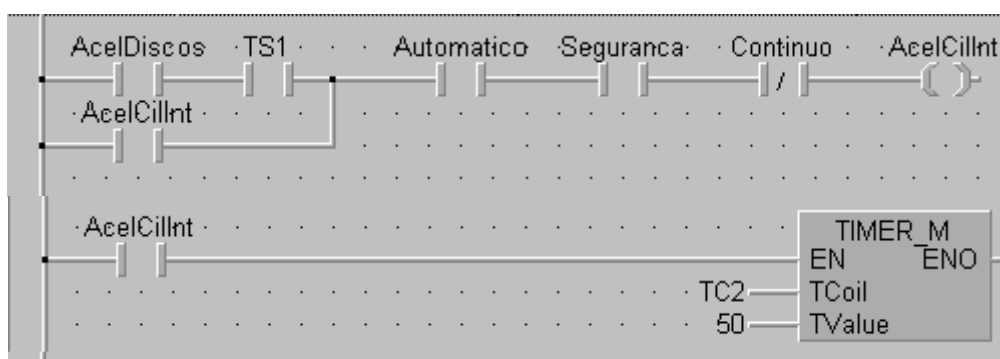
O primeiro estado do ciclo automático **AcelDiscos** é activado por uma ordem proveniente da MAC, e é mantido, em condições normais, até que a aceleração do cilindro interior se inicie, ou seja, quando os discos já atingiram a sua velocidade nominal. Este tempo de espera prende-se principalmente com duas razões:



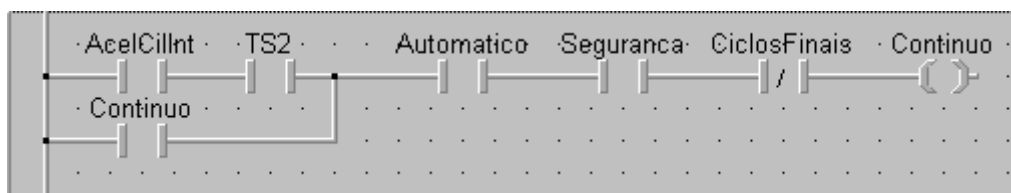


- Observação da máquina de corte existente
- verificação em ensaios que se a velocidade de corte não for suficientemente alta quando se começa a efectuar o corte o motor perde velocidade e não tem binário suficiente para recuperar.

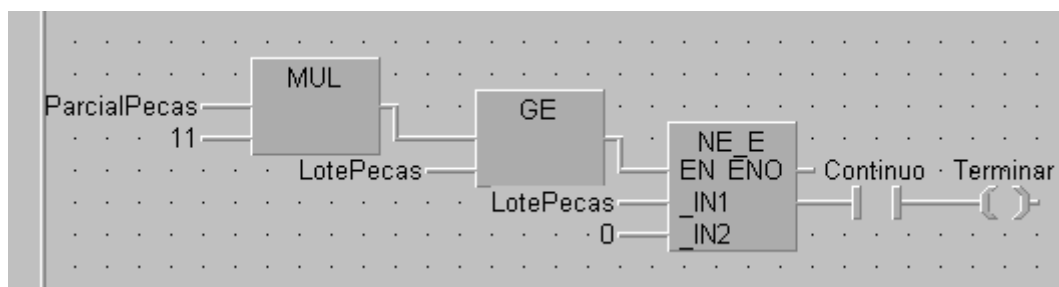
Esta situação deve-se ao facto da saída ser sujeita a uma multiplicação (pela relação diâmetros das polias) que provoca um aumento da velocidade de rotação, benéfica para uma operação de maquinagem como esta, mas que acarreta uma perda de binário significativa.



O segundo estado do ciclo automático corresponde ao período de aceleração do cilindro interior, que é o responsável pelo movimento da peça sobre o seu eixo longitudinal. Esta situação permite precaver a situação de estarem peças linha de produção no momento do arranque da máquina, o que caso elas não estivessem com garantia a rodar poderia provocar perda de peças ou mesmo acidentes pelo contacto dos disco em grande velocidade com as peças paradas.



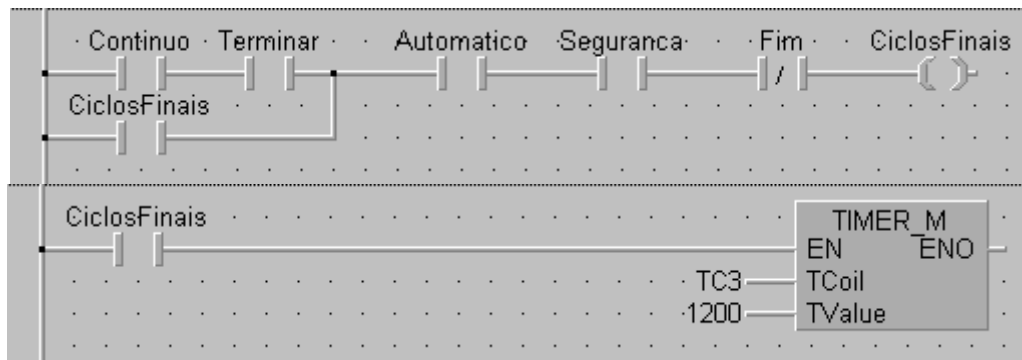
A seguir a esta de sequência de estados de aceleração vem o estado contínuo em que todos os motores funcionam às velocidades previstas e pedidas, e em que a máquina atingirá a cadência prevista de produção. Este estado representa grande parte da vida útil da máquina em questão.



Nesta linha é verificado se a quantidade de peças produzidas atingiu o valor desejado. Caso esse valor seja atingido é activada a marca “Terminar”. Esta verificação só ocorre quando existe algum pedido de lote (lote diferente de zero), o que permite que caso a máquina seja iniciada sem estabelecimento de nenhum limite

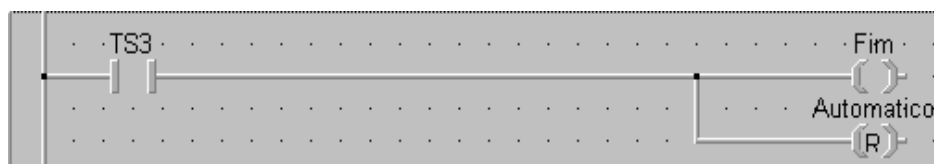


esta funcionará indefinidamente. Esta situação pretende conciliar duas vertentes básicas do planeamento deste trabalho. A inovação e o desenvolvimento do máximo de funcionalidades possíveis por um lado, e uma operacionalidade e facilidade que permita fazer uma ponte com o passado que no nosso caso se concretiza na máquina de corte já existente, como já foi referido fonte profícua de ensinamentos.



Quando é activada a saída terminar um novo estado surge que toma o nome de ciclos finais. Estes ciclos finais representam o tempo que a última peça a ser maquinada demoram a fazer o percurso do sensor, colocado antes do tapete que transporta as varetas para o corte, até ao fim do chanfro.

Esta situação, criada pela limitação de sensores, pode ser alterada em desenvolvimentos futuros, caso o módulo de chanfro seja dotado de sensorização adequada às suas exigências, que implicam a verificação de encravamentos de todas as peças, possivelmente efectuada através da contagem das peças em todas as pistas de chanfro, e cruzamento dos resultados destas contagens com os da contagem de varetas já existente.



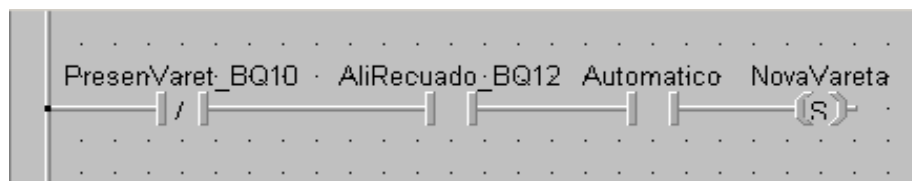
Finalmente quando as todas as peças desejadas estão produzidas é terminado o estado relativo aos ciclos finais e o ciclo automático é dado como terminado.

### 5.3.2.1.3 POU Alimentação

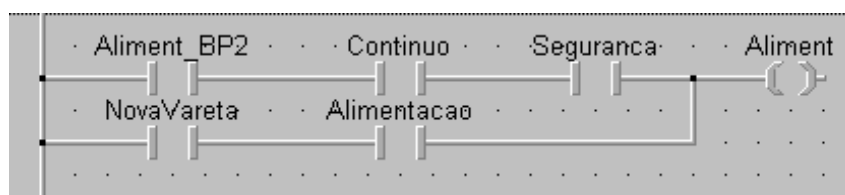
Aqui estão presentes as linhas de código que permitem ao PLC controlar o cilindro de alimentação em ciclo automático. A cadência deste é ajustada a partir da informação proveniente do sinal do sensor colocado à entrada do tapete de transporte de varetas para a secção de corte. É ainda verificada a falta de varetas por um tempo superior a 5 minutos que origina um corte da alimentação automática.



## Descrição do programa da alimentação.



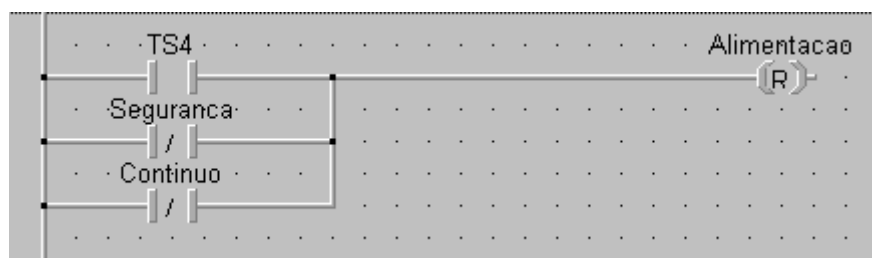
A sequência de alimentação têm um carácter adaptativo à cadência do tapete transportador de varetas. Este controlo é efectuado através de estrutura simples que consiste em verificar se a vareta já saiu de cima do sensor presente entre o módulo de alimentação e o tapete transportador para permitir a alimentação de uma nova vareta.

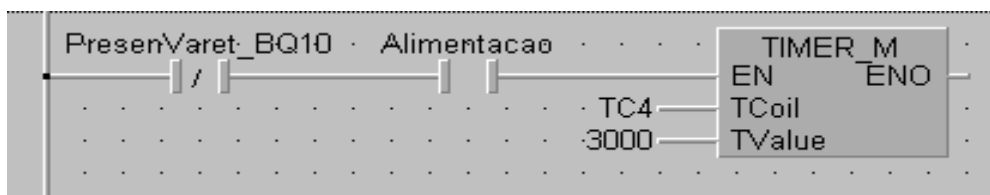


A activação da saída associada à electro-válvula que comanda o cilindro de alimentação é efectuada no POU de saídas. Assim a intenção de elevar o cilindro de alimentação passa por uma marca intermédia **Aliment**. Esta marca pode ser activada através do botão de pressão presente na consola, no primeiro ciclo de alimentação, ou sempre que se reúnem as condições para uma nova vareta ser alimentada. (ver linha anterior). A presença da marca contínuo em série com o botão de arranque da alimentação, garante que a alimentação só é activada quando a máquina já se encontra em condições de a maquinar correctamente.

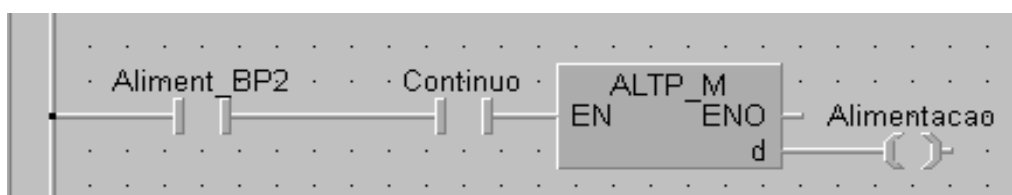


Nesta linha a marca nova vareta é posta a zero quando o cilindro de alimentação atinge o fim do seu curso ou quando há uma falha de segurança.



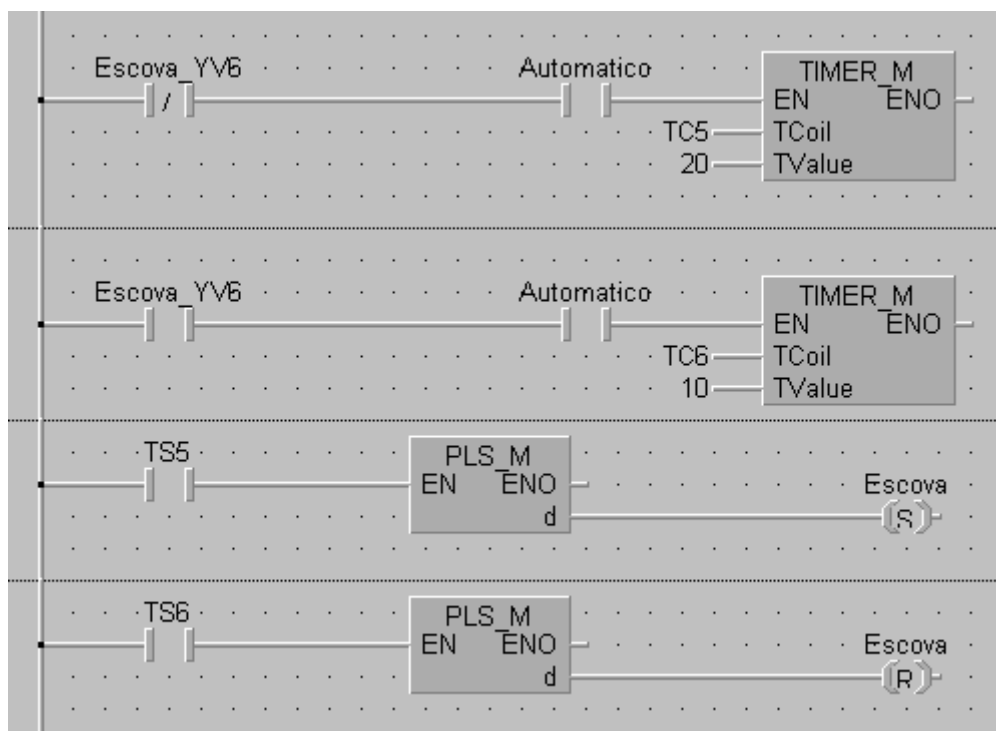


O estado **Alimentação** tem um fim sempre que há uma falha de segurança, sempre que termina o estado de funcionamento contínuo, o estado seguinte do ciclo automático **CiclosFinais** não contempla alimentação, ou sempre que não se verifica a chegada de uma vareta por mais de 5 minutos. Este procedimento permite poupar o sistema de alimentação caso exista uma falha de chegada de peças a montante da máquina. É de referir que neste momento a colocação de peças no sistema de alimentação é efectuada manualmente por um operador, situação que pode significar alguma irregularidade de abastecimentos.



Esta linha de comando permite desligar o sistema de alimentação manualmente, caso o botão de alimentação seja pressionado com a alimentação activa.

Apesar deste POU tomar o nome de alimentação estão tão incluídas nesta organização os códigos relativos ao controle da escova de limpeza, do tambor plástico da zona de corte.



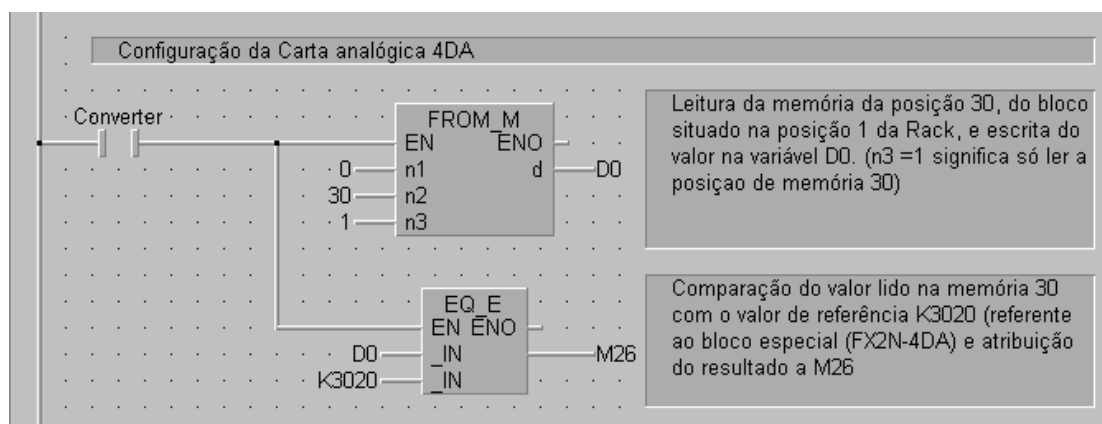


Esta sequência permite à escova de limpeza do módulo de corte efectuar um movimento alternativo. Os dois temporizadores representam os tempos de paragem nas posições avançado e recuado.

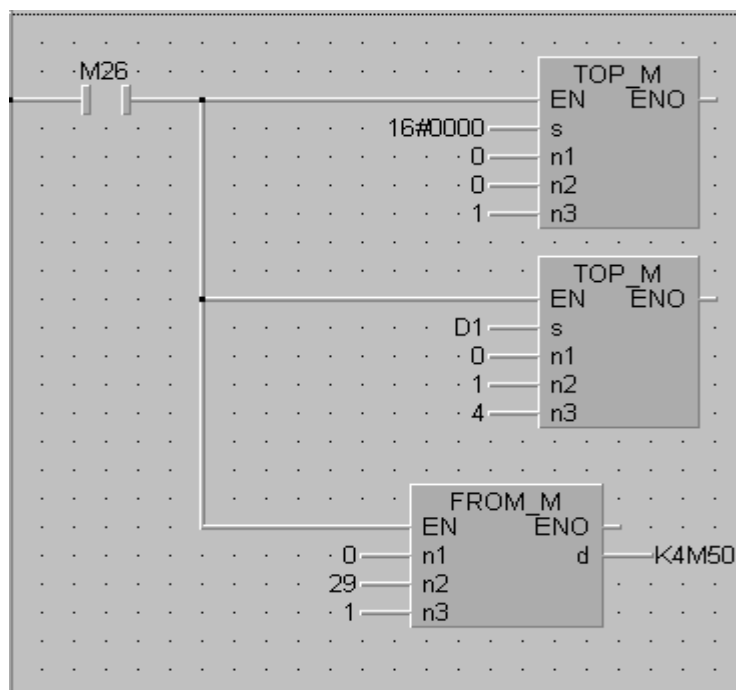
#### 5.3.2.1.4 POU Cartas Analógicas

Nesta POU são activadas e parametrizadas as cartas analógicas (por exemplo a escolha do tipo de sinal de saída tensão ou corrente), é efectuada a conversão dos valores pretendidos para cada motor para valores adequados à carta em questão que são posteriormente escritos na memória da carta analógica correspondente.

#### Configuração da carta 4DA



Numa primeira fase a configuração da carta 4DA executa uma verificação do tipo de carta presente na posição da *rack* em questão. Esta verificação permite ter uma maior certeza acerca da consequência da escrita num bloco especial



Depois de confirmado o tipo de carta em questão é efectuada a escrita propriamente dita. Primeiro é escolhido o tipo de conversão a efectuar, através da



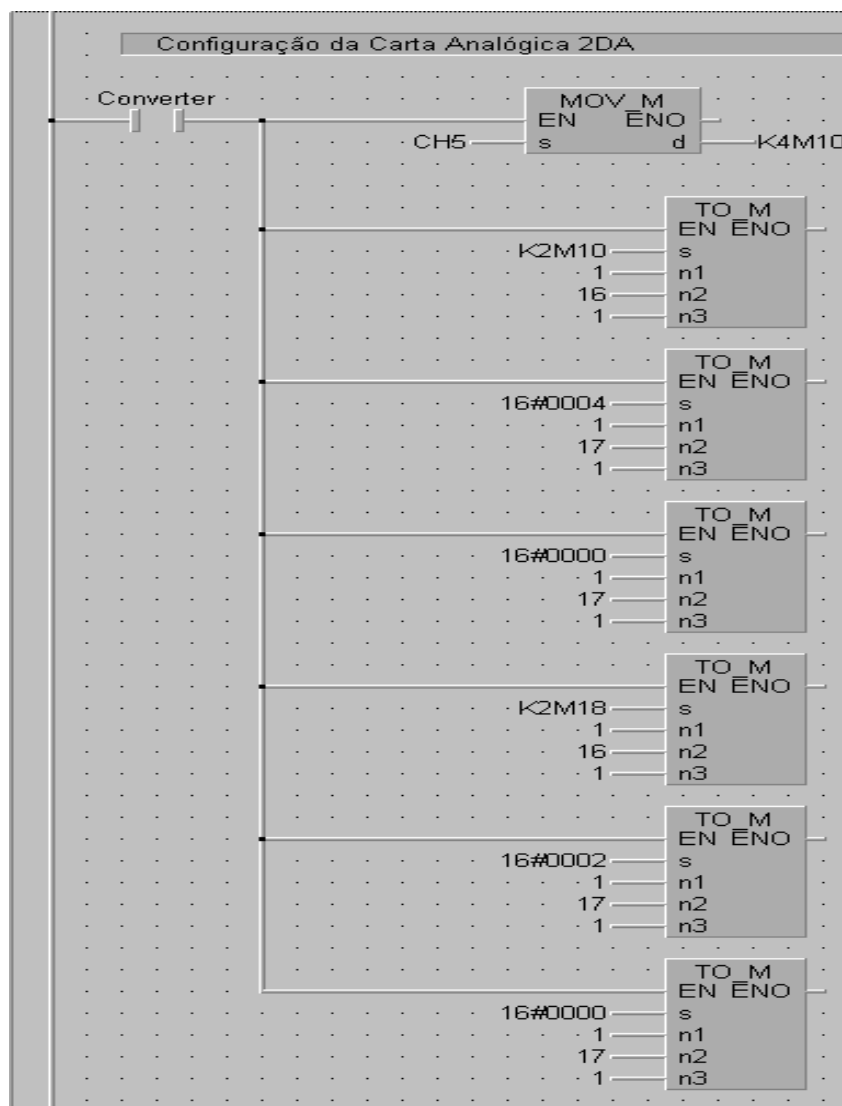
escrita de um valor hexadecimal em que cada um dos seus algarismos corresponde ao tipo de conversão de cada uma das cartas. Depois é escrito o valor dos registos D1 ... D4 na memória 1 da carta, que são os valores a serem convertidos pela carta. Finalmente é efectuada uma vistoria aos erros através de uma leitura da memória 29 da carta analógica e a escrita, bit a bit, nas marcas M50 a M65 (K4-16 bit) de um registo completo dos erros existentes na carta.



Verificação de dois erros que resumem todos os outros. Se existir algum erro um destes dois é activado e logo é activada a marca M28, que passa estar à presença de um erro na carta 4DA.

### Configuração da carta 2DA

A configuração da carta 2DA é substancialmente diferente da 4DA. Esta carta pode ser considerada mais rudimentar que a carta 4DA, pelo que apesar de “só” fazer a conversão de dois canais a sua configuração (conversão) é mais morosa e complicada.



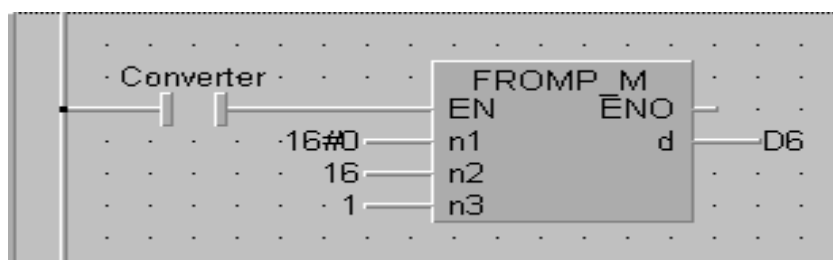




Sempre que é solicitada uma conversão à carta 2DA o procedimento é semelhante para os dois canais.

Primeiro o valor a converter é atribuído a 16 marcas do PLC sob a forma de binário, apesar de se saber à partida que os últimos (mais significativos) bits que constituem o valor a converter irão ser zero, dado que para representar o máximo valor que este bloco especial está habilitado a converter são apenas necessários 12 bits ( $2^{12}=4096 > 4000=$  resolução máxima da carta).

De seguida os primeiro 8 bits que constituem o valor a converter são enviados para a memória 16 da carta analógica. O terceiro bit da memória 17 toma o valor 1 e de seguida o valor zero, o que indica à carta que deve fazer uma retenção dos valores presentes na memória 16 (8 bits menos significativos). De seguida são escritas na memória 16 os 4 bits mais significativos que, juntamente com os valores retidos é convertido pela passagem de 1 a zero do segundo bit da memória 17[010](significa que a conversão deve ser executada pelo canal 1). Este é procedimento para se efectuar conversões com a carta 2DA sendo que o último passo se o bit da memória 17 a ser usado for o menos significativo [001] a conversão é efectuada pelo canal 2.

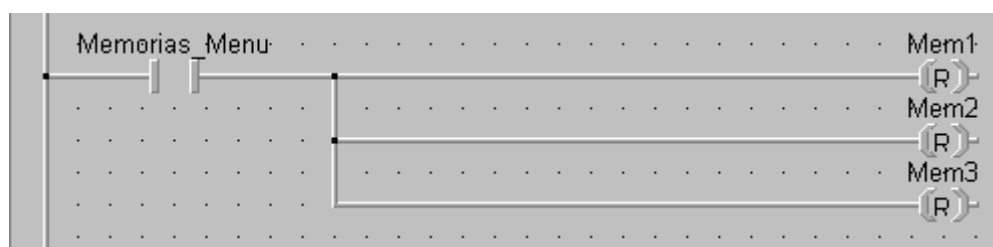


A memória 16 da carta 2DA é por onde passa toda a informação a ser convertida. Por esta razão, por vezes, torna-se interessante verificar o seu estado, que é o que é aqui efectuado.

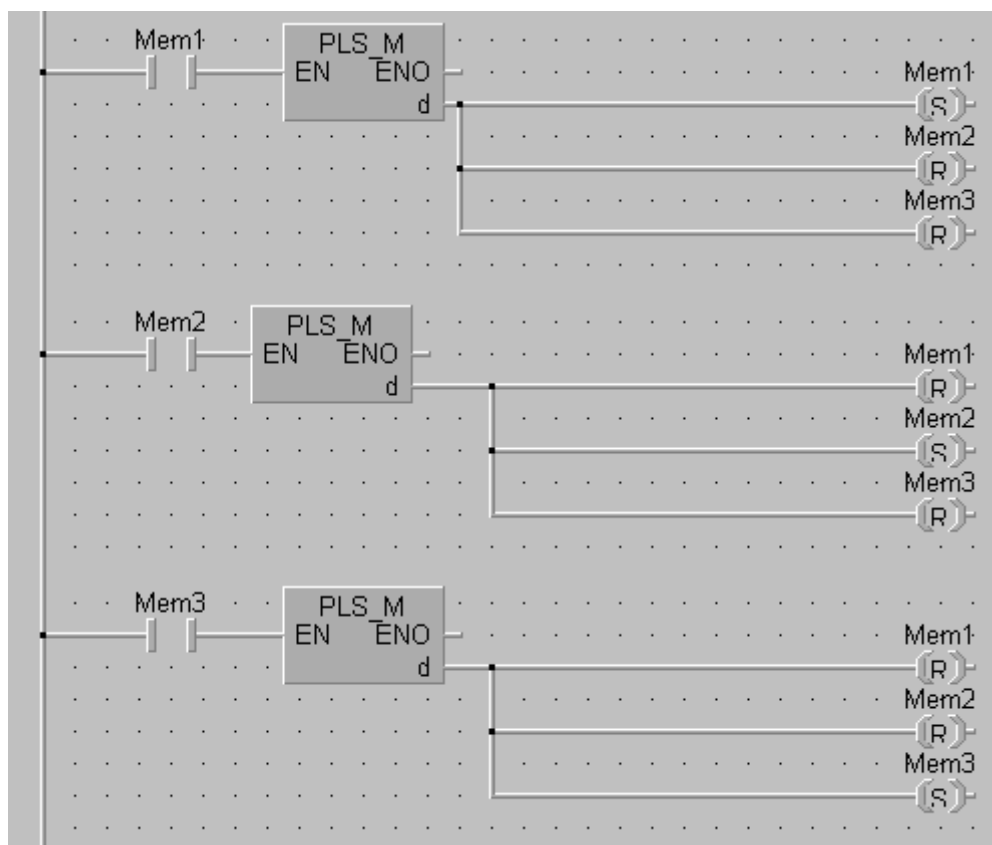
### 5.3.2.1.5 POU MAC

Esta POU consiste num “apoio” dado à consola por parte do autómato que permite a esta realizar operações mais exigentes.

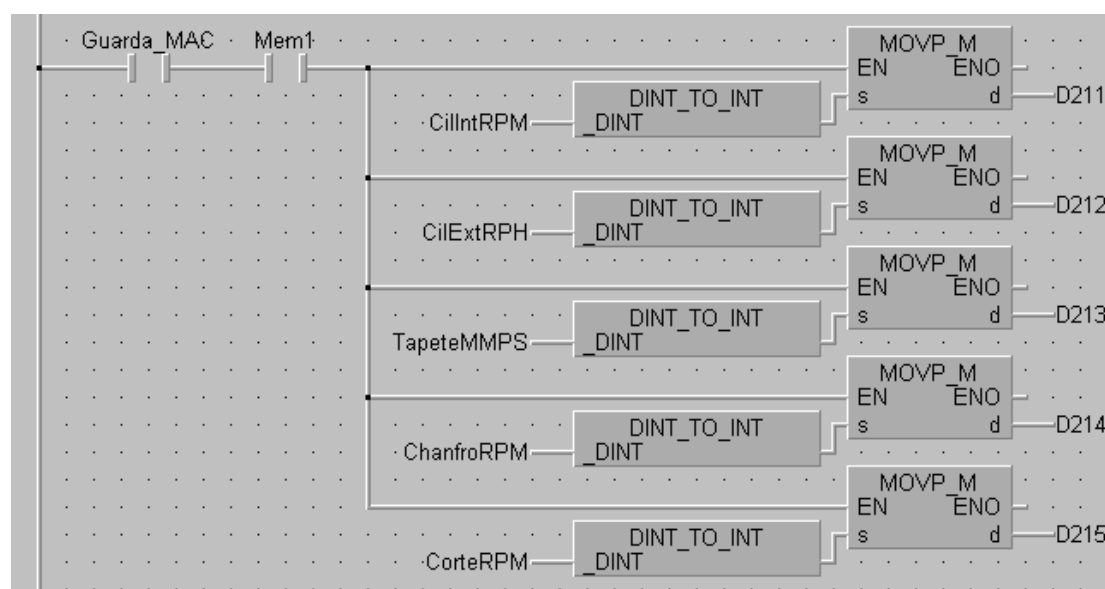
Descrição do programa:



Quando é efectuado um acesso ao menu **Memori** da consola de diálogo, são desactivadas quaisquer selecções anteriores.



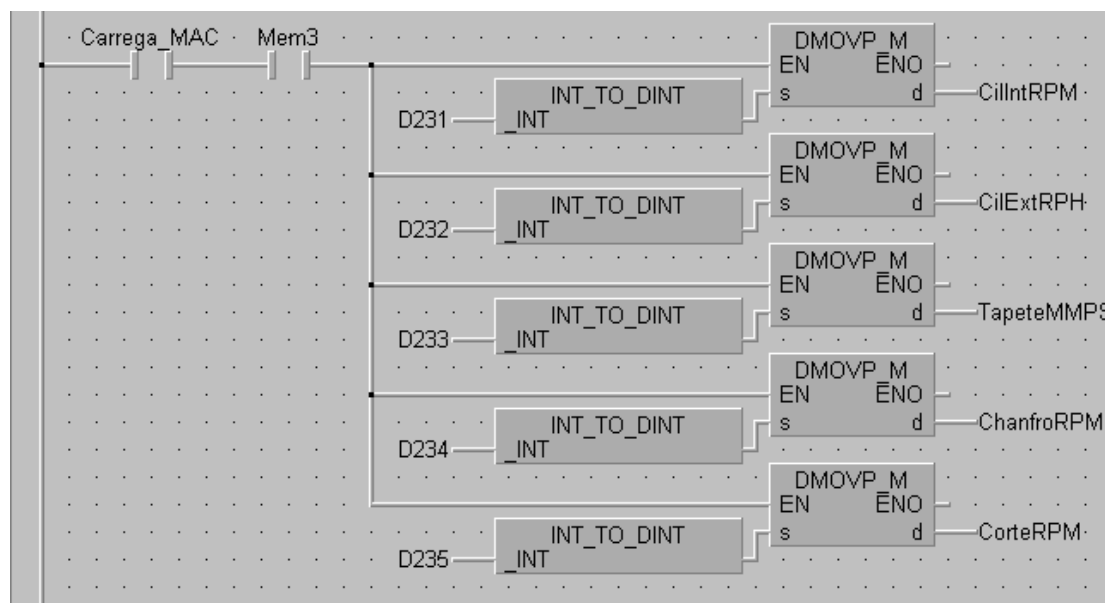
Os comandos Mem1 Mem2 e Mem3 correspondem à selecção através do cursor da consola de diálogo da memória que se pretende utilizar (Carregar ou Guardar). Estas linhas garante que apenas uma das memórias pode ser seleccionada de cada vez.



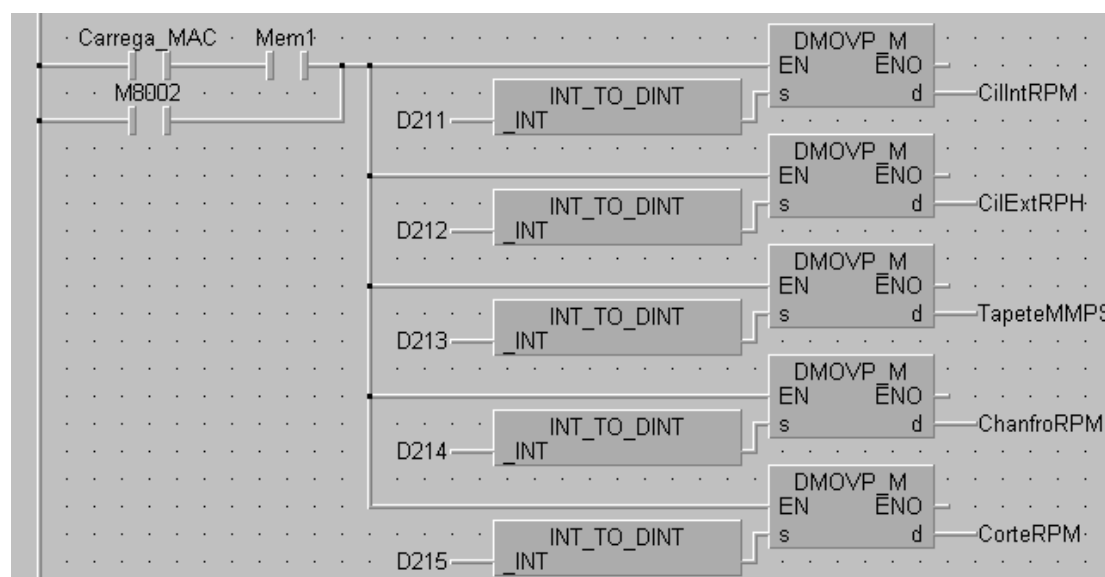
Quando é pressionado o comando para guardar a memória seleccionada e essa memória é a 1 os parâmetros máquina presentes nas variáveis actuais (voláteis) são



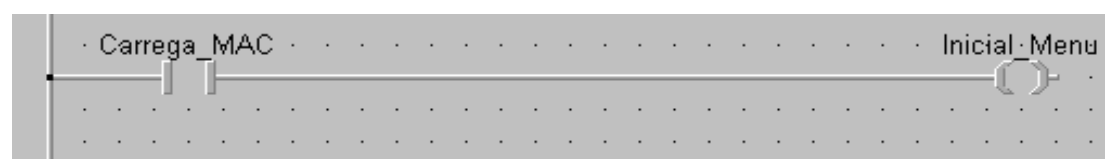
atribuídos às variáveis D211 a D215. (não voláteis). O mesmo se passa para as memórias 2 e 3.



Quando é premido o comando para carregar uma configuração máquina, o procedimento é inverso ao efectuado com o comando guardar.

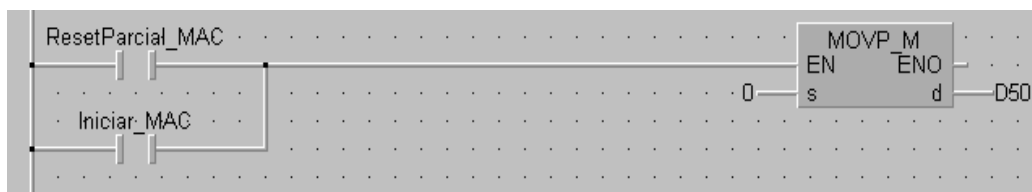


Todas as memórias compostas pelos registos D211 a D215, D221 a D225 e D231 a D235 são memórias não voláteis, pelo que quando o autómato perde a alimentação elas permanecem armazenadas. Para que a máquina arranque imediatamente após um corte na alimentação, sem que seja preciso carregar uma configuração, por defeito é carregada a memória 1 sempre que o autómato arranca.





Esta linha de código permite aceder ao menu inicial após carregar uma configuração saindo assim do menu **Memori**.

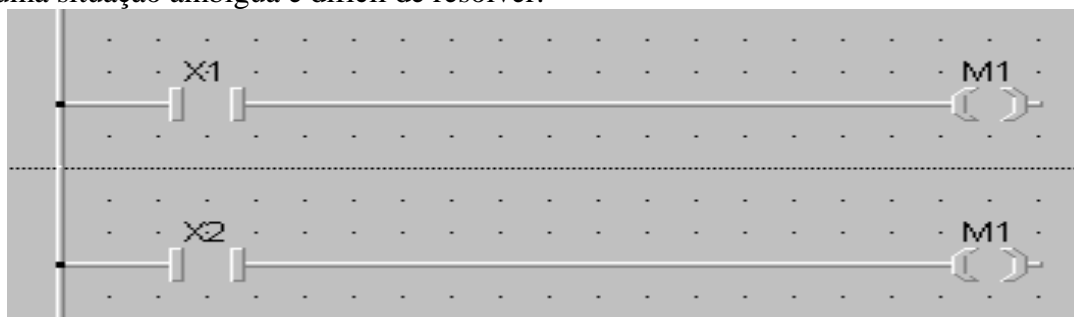


Os comandos da consola para iniciar o ciclo automático e para efectuar a inicialização do contador parcial de peças, como o próprio nome indica atribuem zero a essa variável de contagem.

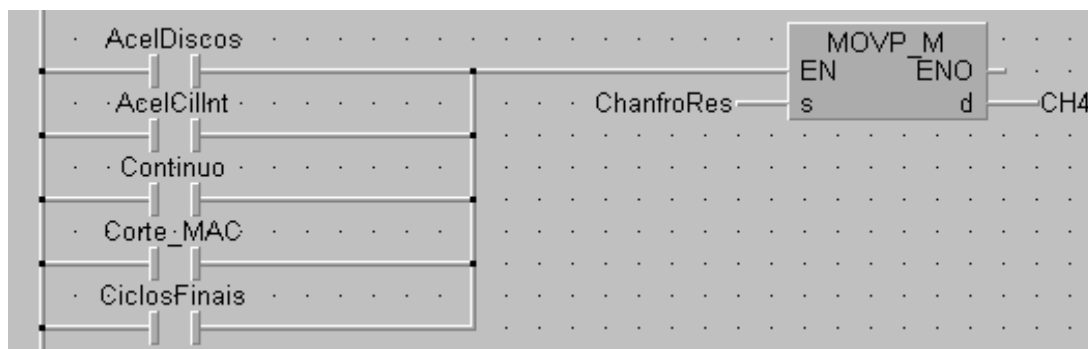
### 5.3.2.1.6 POU Saídas

Nesta unidade são activadas todas as saídas (digitais e analógicas). Apesar da atribuição de valores às saídas analógicas passar por um POU independente (cartas analógicas), é efectuado um controlo dos valores a converter pela POU “saídas” permitindo assim organizar numa só estrutura a confluência de fluxos de informação (automático, manual, arranque da máquina, etc.) que correspondem a sinais físicos de comando (saídas).

Este tipo de organização permite eliminar a existência de erros associados a uma situação ambígua e difícil de resolver.



Este código mostra o problema que pode surgir quando uma bobine é activada em duas linhas diferentes. A activação de X1 não implica a activação de M1 porque logo a seguir a bobine é desactivada pela falta de sinal em M2. A activação de X2 implica a passagem a 1 da bobine M1. Para evitar este tipo de ambiguidades todas as entradas que activam a mesma saída devem estar reunidas na mesma linha como por exemplo:





Um dos principais problemas dos equipamentos de maquinagem de cerâmicos reside no pó produzido. Este pó tem influências prejudiciais tanto no qualidade de vida no ambiente em redor da máquina, como na previsibilidade do comportamento das peças sobre os transportadores, dado que eles se encontram inundados de pó o que provoca nas peças posicionamentos estranhos.

Para evitar estes problemas a máquina de corte possuía alguns sistemas de extracção de pó, com vista à melhoria da qualidade de vida no redor da máquina, e alguns sistemas de limpeza de pó nos sítios mais sensíveis de transporte de peças.

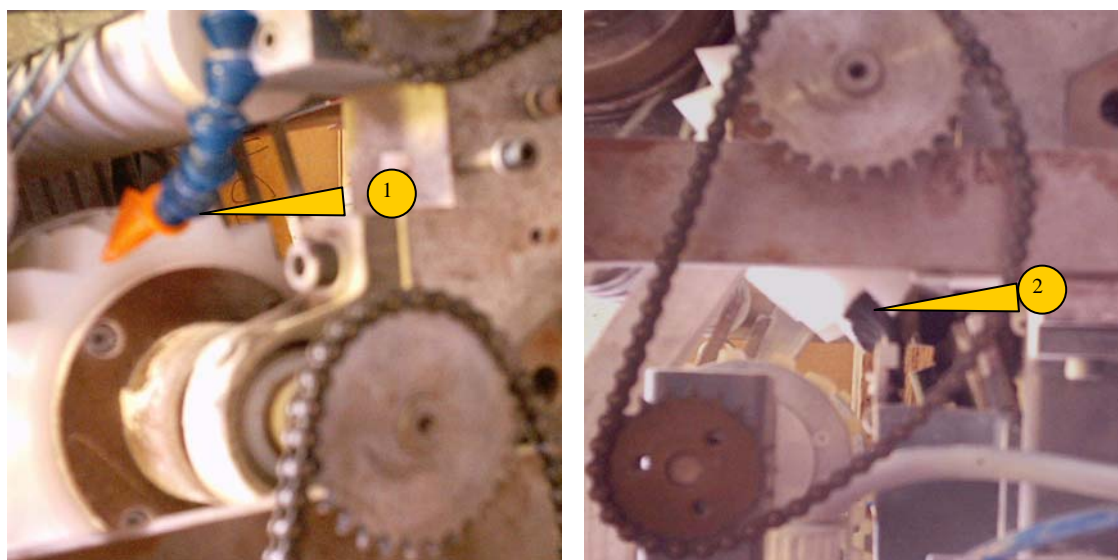
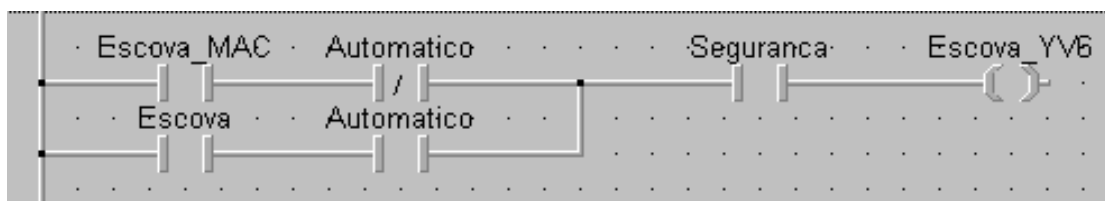


Figura 19 –

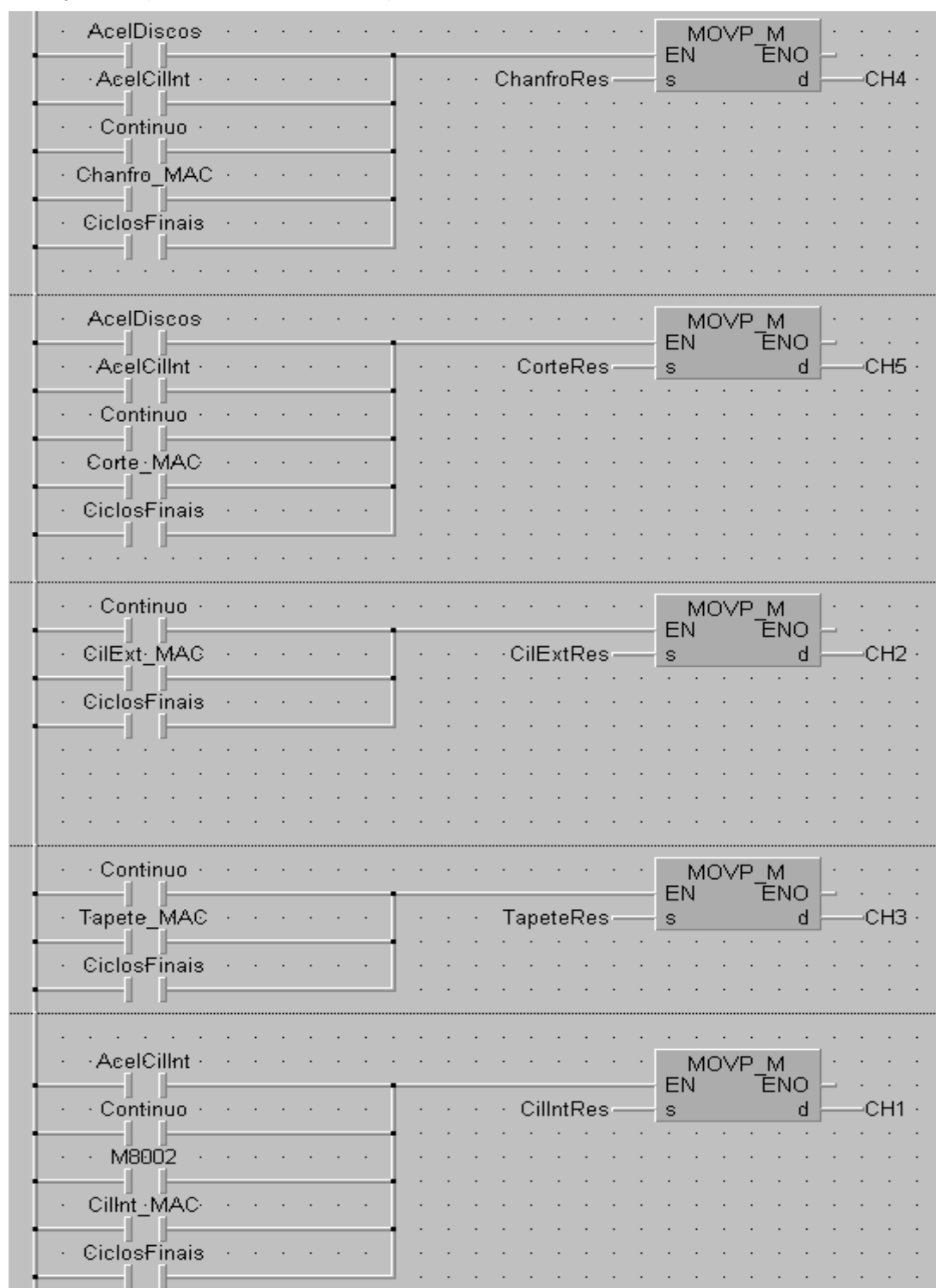
Neste âmbito é necessário efectuar o controle duma escova que está associada a um conjunto cilindro/electro-válvula pneumáticos e de um bico de sopro com abertura controlada a partir de uma electro-válvula.



Aqui estão reunidos os controles que dizem respeito à escova. O comando com o nome que tem a extensão MAC diz respeito ao comando da escova em manual, disponível no interior do menu manual. A variável **Escova** tem a sua codificação presente no POU **Automático**.

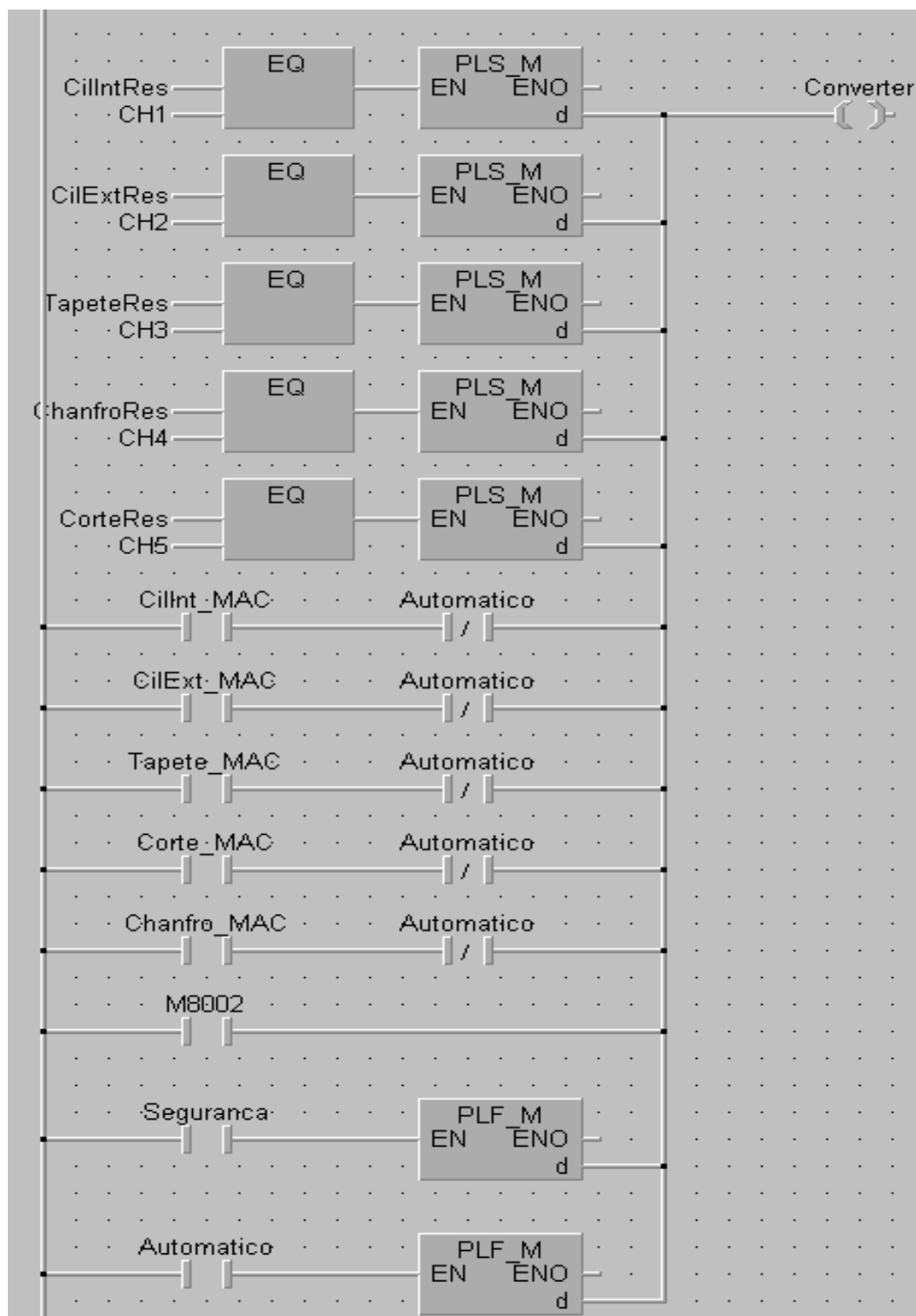


O bico de sopro, tal como a escova de limpeza, pode ser accionado no modo manual, sendo a sua activação em ciclo automático codificada no POU correspondente.



A atribuição dos valores em resolução (caracterizados em termos de nome pela terminação em res) aos valores CH1 CH2 ... CH5, toma o significado de verdadeiro envio de valores para as cartas analógicas, visto que os valores CH são os valores que as cartas analógicas convertem em valores de tensão sempre que a variável **Converter** tome o valor um. Aqui é possível verificar a entrada de cada um dos motores em funcionamento. É também possível verificar a activação dos motores em modo manual através da consola de diálogo.



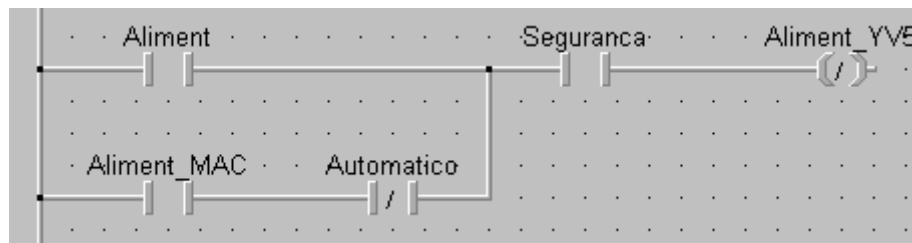


A variável converter significa que as cartas podem converter em sinais de tensão os valores presentes nos registos CH1, CH2, CH3, CH4, CH5.

Durante o ciclo automático, a “intenção” de enviar um valor para o motor é expressa através da atribuição do valor desejado expresso em resolução da carta (este valor é calculado no POU **Geral** a partir do valor em unidades mais agradáveis tais como rpm rph ou mm por seg.) às variáveis CH. Sempre que se dá esta atribuição é garantida a conversão pelos 5 primeiros ramos desta linha de código. Outras situações em que são efectuadas conversões são:



- quando um motor é activado em manual
- quando a máquina arranca
- sempre que finaliza um ciclo automático
- sempre que à uma falha de segurança.



Para finalizar, a saída física associada à electro-válvula que comanda o cilindro de alimentação, é activada pelo comando manual presente na consola de diálogo, ou pela marca **Aliment** que tem o seu comportamento, controlado no POU **Alimentação**.

De seguida apresenta-se a lista das variáveis utilizadas.

|    | Class      | Au | Identifier   | MIT-Addr | IEC-Addr. | Type | Initial | Comment                                       | Remark      |
|----|------------|----|--------------|----------|-----------|------|---------|---|-------------|
| 0  | VAR_GLOBAL |    | CH1          | D1       | %MWD.1    | INT  | 0       | Valor do motor 1 a enviar para as cartas      | 0-2000      |
| 1  | VAR_GLOBAL |    | CH2          | D2       | %MWD.2    | INT  | 0       | Valor do motor 2 a enviar para as cartas      | 0-2000      |
| 2  | VAR_GLOBAL |    | CH3          | D3       | %MWD.3    | INT  | 0       | Valor do motor 3 a enviar para as cartas      | 0-2000      |
| 3  | VAR_GLOBAL |    | CH4          | D4       | %MWD.4    | INT  | 0       | Valor do motor 4 a enviar para as cartas      | 0-2000      |
| 4  | VAR_GLOBAL |    | CH5          | D5       | %MWD.5    | INT  | 0       | Valor do motor 5 a enviar para as cartas      | 0-4000      |
| 5  | VAR_GLOBAL |    | CadPecas     | D58      | %MWD.58   | INT  | 0       | Número de peças a cada 10 segundos            |             |
| 6  | VAR_GLOBAL |    | Cadencia     | D56      | %MWD.56   | INT  | 0       | Cadência estimada a partir do sensor          |             |
| 7  | VAR_GLOBAL |    | CilIntRPM    | D10      | %MD0.10   | DINT | 0       | Valor do motor 1 em RPM                       | 0-27        |
| 8  | VAR_GLOBAL |    | CilExtRPH    | D12      | %MD0.12   | DINT | 0       | Valor do motor 2 em rot. por hora             | 0-77        |
| 9  | VAR_GLOBAL |    | TapeteMMPS   | D14      | %MD0.14   | DINT | 0       | Valor do motor 3 em mm por segundo            | 0-58        |
| 10 | VAR_GLOBAL |    | ChanfroRPM   | D16      | %MD0.16   | DINT | 0       | Valor do motor 5 em RPM                       | 0-4480      |
| 11 | VAR_GLOBAL |    | CorteRPM     | D18      | %MD0.18   | DINT | 0       | Valor do motor 4 em RPM                       | 0-4480      |
| 12 | VAR_GLOBAL |    | ParcialPecas | D52      | %MD0.52   | DINT | 0       | Parcial de peças                              |             |
| 13 | VAR_GLOBAL |    | LotePecas    | D54      | %MD0.54   | DINT | 0       | Número de peças a cortar                      |             |
| 14 | VAR_GLOBAL |    | Minutos      | D201     | %MWD.201  | INT  | 0       |   | Não volátil |
| 15 | VAR_GLOBAL |    | Horas        | D202     | %MWD.202  | INT  | 0       |   | Não volátil |
| 16 | VAR_GLOBAL |    | Dias         | D203     | %MWD.203  | INT  | 0       |   | Não volátil |
| 17 | VAR_GLOBAL |    | TotalPecas   | D250     | %MD0.250  | DINT | 0       | Total de peças                                |             |
| 18 | VAR_GLOBAL |    | BFA          | M1       | %MX0.1    | BOOL | FALSE   | Bom funcionamento do autómato                 |             |
| 19 | VAR_GLOBAL |    | Seguranca    | M2       | %MX0.2    | BOOL | FALSE   |   |             |
| 20 | VAR_GLOBAL |    | Converter    | M3       | %MX0.3    | BOOL | FALSE   | Conversão das cartas                          |             |
| 21 | VAR_GLOBAL |    | Automatico   | M70      | %MX0.70   | BOOL | FALSE   |   |             |
| 22 | VAR_GLOBAL |    | AcelDiscos   | M71      | %MX0.71   | BOOL | FALSE   | Estado de acel. dos discos                    |             |
| 23 | VAR_GLOBAL |    | AcelCilInt   | M72      | %MX0.72   | BOOL | FALSE   | Estado de acel. do Cil. Interior              |             |
| 24 | VAR_GLOBAL |    | Continuo     | M73      | %MX0.73   | BOOL | FALSE   | Estado de funcionamento contínuo              |             |
| 25 | VAR_GLOBAL |    | CiclosFinais | M74      | %MX0.74   | BOOL | FALSE   | Estado de funcionamento contínuo              |             |
| 26 | VAR_GLOBAL |    | Fim          | M75      | %MX0.75   | BOOL | FALSE   | Estado de funcionamento contínuo              |             |
| 27 | VAR_GLOBAL |    | Terminar     | M78      | %MX0.78   | BOOL | FALSE   | Estado de funcionamento contínuo              |             |
| 28 | VAR_GLOBAL |    | Alimentacao  | M80      | %MX0.80   | BOOL | FALSE   | Alimentação ligada                            |             |
| 29 | VAR_GLOBAL |    | NovaVareta   | M81      | %MX0.81   | BOOL | FALSE   | Nova Vareta                                   |             |
| 30 | VAR_GLOBAL |    | Aliment      | M82      | %MX0.82   | BOOL | FALSE   | Marca auxiliar para o cilindro de alimentação |             |
| 31 | VAR_GLOBAL |    | Escova       | M83      | %MX0.83   | BOOL | FALSE   | Marca auxiliar para o movimento da escova     |             |
| 32 | VAR_GLOBAL |    | CadenciaFim  | M84      | %MX0.84   | BOOL | FALSE   | Marca aux para a determinação da cadência     |             |
| 33 | VAR_GLOBAL |    | Iniciar_MAC  | M91      | %MX0.91   | BOOL | FALSE   | Início de ciclo automático                    |             |



# Automação de máquina de corte e chanfro de componentes cerâmicos

|    |            |  |                  |      |          |      |  |       |  |  |
|----|------------|--|------------------|------|----------|------|--|-------|--|--|
| 34 | VAR_GLOBAL |  | Aliment_MAC      | M95  | %MX0.95  | BOOL |  | FALSE | Conversão das cartas em Manual             |  |
| 35 | VAR_GLOBAL |  | Escova_MAC       | M96  | %MX0.96  | BOOL |  | FALSE | Conversão das cartas em Manual             |  |
| 36 | VAR_GLOBAL |  | BicodeSopro_MAC  | M97  | %MX0.97  | BOOL |  | FALSE | Conversão das cartas em Manual             |  |
| 37 | VAR_GLOBAL |  | ResetParcial_MAC | M99  | %MX0.99  | BOOL |  | FALSE | Inicialização da contagem de peças         |  |
| 38 | VAR_GLOBAL |  | CilInt_MAC       | M101 | %MX0.101 | BOOL |  | FALSE | Conversão da carta em manual               |  |
| 39 | VAR_GLOBAL |  | CilExt_MAC       | M102 | %MX0.102 | BOOL |  | FALSE | Conversão da carta em manual               |  |
| 40 | VAR_GLOBAL |  | Tapete_MAC       | M103 | %MX0.103 | BOOL |  | FALSE | Conversão da carta em manual               |  |
| 41 | VAR_GLOBAL |  | Corte_MAC        | M104 | %MX0.104 | BOOL |  | FALSE | Conversão da carta em manual               |  |
| 42 | VAR_GLOBAL |  | Chanfro_MAC      | M105 | %MX0.105 | BOOL |  | FALSE | Conversão da carta em manual               |  |
| 43 | VAR_GLOBAL |  | Mem1             | M111 | %MX0.111 | BOOL |  | FALSE | Seleccção da memória 1 no menu Memori      |  |
| 44 | VAR_GLOBAL |  | Mem2             | M112 | %MX0.112 | BOOL |  | FALSE | Seleccção da memória 2 no menu Memori      |  |
| 45 | VAR_GLOBAL |  | Mem3             | M113 | %MX0.113 | BOOL |  | FALSE | Seleccção da memória 3 no menu Memori      |  |
| 46 | VAR_GLOBAL |  | Carrega_MAC      | M117 | %MX0.117 | BOOL |  | FALSE | Carrega os val. seleccionados              |  |
| 47 | VAR_GLOBAL |  | Guarda_MAC       | M118 | %MX0.118 | BOOL |  | FALSE | Guarda os val. seleccionados               |  |
| 48 | VAR_GLOBAL |  | Config_Menu      | M124 | %MX0.124 | BOOL |  | FALSE | Marca para aceder ao menu de configurações |  |
| 49 | VAR_GLOBAL |  | Memorias_Menu    | M125 | %MX0.125 | BOOL |  | FALSE | Marca para aceder ao menu de memórias      |  |
| 50 | VAR_GLOBAL |  | ResetTotal_MAC   | M126 | %MX0.126 | BOOL |  | FALSE | Reset dos totais da máquina                |  |
| 51 | VAR_GLOBAL |  | MES              | X1   | %IX1     | BOOL |  | FALSE | Máquina em serviço                         |  |
| 52 | VAR_GLOBAL |  | Aliment_BP2      | X2   | %IX2     | BOOL |  | FALSE | Ent. do BP da alimentação                  |  |
| 53 | VAR_GLOBAL |  | PresenVaret_BQ10 | X10  | %IX8     | BOOL |  | FALSE | Sensor de presença de vareta               |  |
| 54 | VAR_GLOBAL |  | AliAvancado_BQ11 | X11  | %IX9     | BOOL |  | FALSE | Cil. de alimentação avançado               |  |
| 55 | VAR_GLOBAL |  | AliRecuado_BQ12  | X12  | %IX10    | BOOL |  | FALSE | Ent. do BP da alimentação                  |  |
| 56 | VAR_GLOBAL |  | Aliment_YV5      | Y5   | %QX5     | BOOL |  | FALSE | Saída para a válv. do cil. de alimentação  |  |
| 57 | VAR_GLOBAL |  | Escova_YV6       | Y6   | %QX6     | BOOL |  | FALSE | Saída para a válv da escova                |  |
| 58 | VAR_GLOBAL |  | BicodeSopro_YV7  | Y7   | %QX7     | BOOL |  | FALSE | Saída para a válv do bico de sopro         |  |
| 59 | VAR_GLOBAL |  | Motores_KA11     | Y10  | %QX8     | BOOL |  | FALSE | Saída para autorização de mov. aos mot.    |  |



### 5.3.3 Processo

O processo é essencialmente constituído pela máquina a controlar conforme definida no ponto 5.2. Esta encontra-se dotada de cinco motores trifásicos de corrente alterna que são os responsáveis pelo movimento das partes móveis da máquina, três electro-válvulas uma para comando do cilindro do sistema de alimentação, uma para controlo de uma escova de limpeza presente no sistema de corte e a última para controlo de um jacto de ar utilizado como sistema de limpeza também no sistema de corte. A máquina possui ainda como elementos de controlo três sensores inductivos, dois deles utilizados na determinação da posição do cilindro da alimentação e o terceiro utilizado na detecção de componentes à saída do sistema de alimentação.

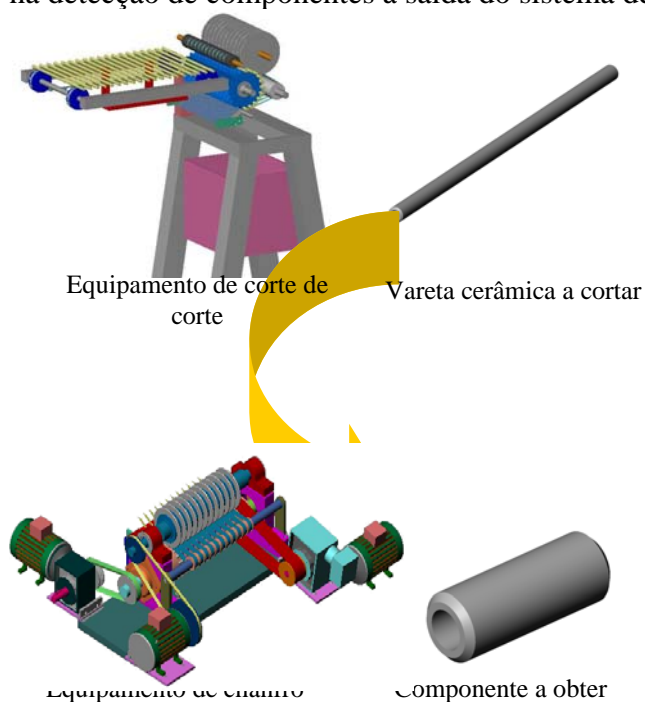


Figura 20 – Esquema geral do processo



## 6 Conclusão

Este projecto de automação alcançou, na generalidade, os objectivos propostos. Desenvolveram e implementaram-se as estruturas necessárias à automação da máquina de corte e chanfro desenvolvida pelo Departamento de Engenharia Mecânica tendo-se dotado esta de um quadro eléctrico, equipado por um PLC e por cinco variadores de velocidade, e de um quadro de comando, equipado com uma consola de diálogo e botões de comando.

Esta estrutura de comando (quadro eléctrico, PLC, variadores.) permite efectuar o controlo do módulo de chanfro desenvolvido, tal como substituir a estrutura de controlo presente no módulo de corte já existente levando assim a uma solução global de automação com todas as vantagens que esta normalmente encerra, como por exemplo a sincronização das cadências dos módulos, entre outras.

Desenvolveu-se ainda toda a programação para o PLC e para a consola por forma a garantir um funcionamento da máquina de acordo com as necessidades do processo em causa, facilidade de utilização pelo operador, flexibilidade e robustez. Embora não tenha sido possível executar o trabalho de afinação e regulação da máquina final, uma vez que a integração das soluções de corte e de chanfro numa só máquina ainda não se encontra disponível, o programa para PC desenvolvido permite fazê-lo de forma fácil.

É de destacar a forte componente prática que sempre acompanhou os estudos teóricos desenvolvidos. A existência de uma equipa de orientação extensa onde se fundiam conhecimentos teóricos mais académicos com conhecimentos de carácter mais prático provenientes da vida industrial, levou a que o projecto resultasse numa saudável panóplia de ideias, sempre uma mais valia para um finalista.

A contribuição dada por profissionais, principalmente na implementação do quadro eléctrico, revelou-se também uma fonte de ensinamentos de índole mais prático.

Não podemos esquecer também as contribuições de todos os colegas finalistas, ou não, que em diversas ocasiões se revelaram também uma extensa fonte de apoio e, não raras vezes, o substrato ideal para a discussão de ideias e o seu amadurecimento.



## 7 Bibliografia

**MECHANICAL ENGINEERING DESIGN**-*Joseph Edward Shigley; Charles R. Mischke. McGRAW-HILL, Singapore 1989.*

**MITSUBISHI TRANSISTORED INVERTER FR-S500** – Instruction manual (Basic),*Mitsubishi Electronic Corporation*

**E terminals** –Instalation to MELSEC . *Beijer Electronics AB , 2000*

**MITSUBISHI PROGRAMMABLE CONTROLLERS MELSEC-F** – Programming Manual II, The FX series of Programmable Controller (FX1s, FX1N, FX2N, FX2NC). *Mitsubishi Electronic Corporation*

**NORMAS PORTUGUESAS NP1129, NP1849, NP1850, NP1883, NP3706-3, NP 3706-4.** *Instituto Portugues da Qualidade.12 de Junho 2002.*

**TRABALHOS PRÁTICOS DE INFORMÁTICA INDUSTRIAL (2001/2002)**

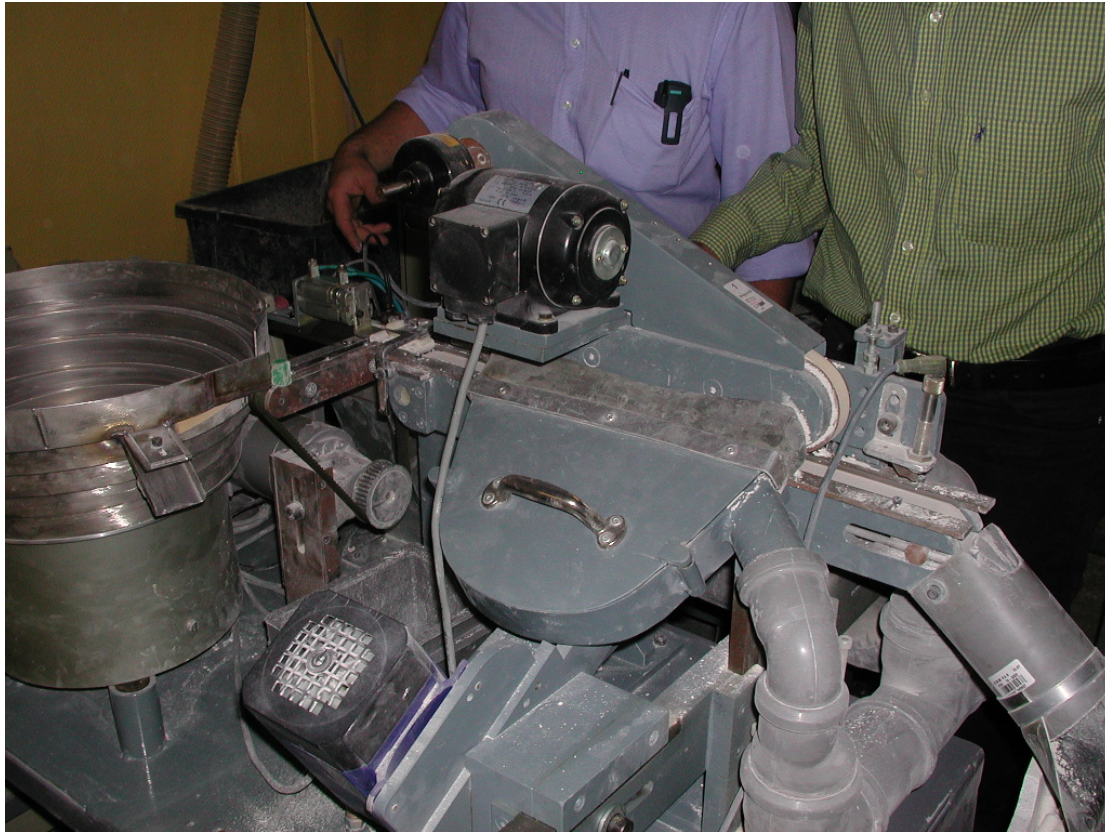
**VISUAL BASIC 5.0 PASSO A PASSO 1ª Edição**- *Lionardo Fonseca Paiva.1996 (Formato electrónico)*





## **ANEXO A**

### **Solução actualmente utilizada pela empresa no chanfro dos componentes cerâmicos**



*Figura A1 – Equipamento utilizado actualmente pela empresa no chanfro de componentes cerâmicos*



A empresa Rauschert Portuguesa (Carcavelos) utiliza actualmente no chanfro de componentes cerâmicos a máquina da Figura A1. Esta é constituída por:

- Um alimentador vibratório (Figura A2 ponto 1)
- Um tapete transportador á saída do armazém (Figura A2 ponto 2)
- Um cilindro para empurrar os componentes individualmente (Figura A2 ponto 3)
- Um outro tapete para transportar os componentes através dos discos de chanfro (Figura A2 ponto 4)
- Uma correia colocada sobre o tapete anterior faz, juntamente com este, as peças ganharem rotação durante o chanfro.
- Dois cilindros de chanfro colocados obliquamente sobre o conjunto anterior. (Figura A3)

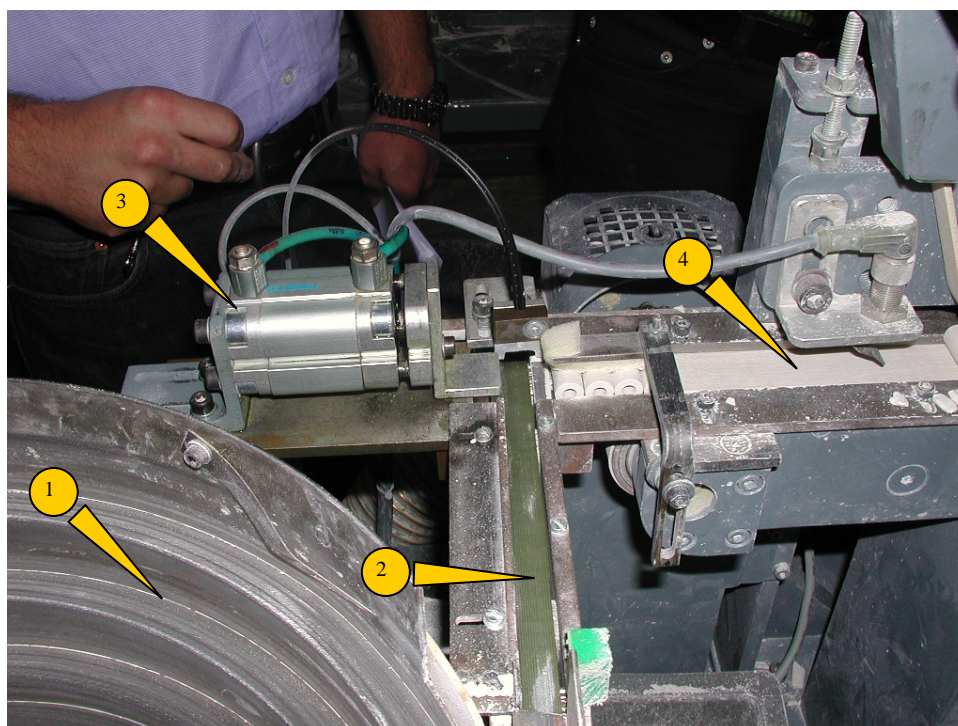


Figura A2 – Pormenor da máquina de corte actual. 1) Alimentador vibratório 2) 1º tapete transportador 3) Cilindro da alimentação 4) 2º tapete transportador.

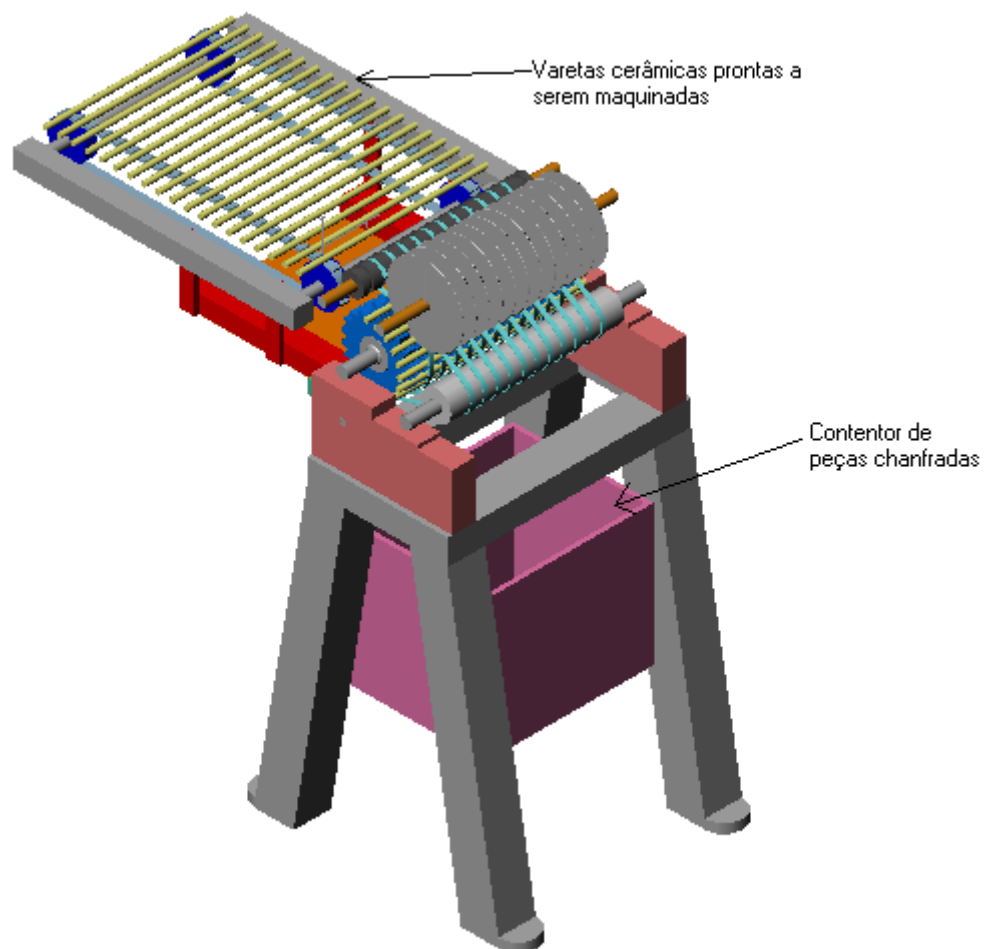


Figura A3 – Colocação dos discos de chanfro.



## ANEXO B

### Solução actualmente utilizada pela empresa no corte dos componentes cerâmicos



*Figura B1 – Máquina actualmente utilizada no corte das varetas cerâmicas.*





A empresa utiliza actualmente no corte dos componentes cerâmicos a máquina representada na Figura B1. Em termos de automação é constituída por:

- Dois motores trifásicos.
- Dois cilindros pneumáticos.
- Três válvulas pneumáticas
- Três sensores
- Um PLC Siemens LOGO
- Um variador Siemens

Na Figura seguinte podemos ver uma vista do quadro eléctrico presente na máquina.



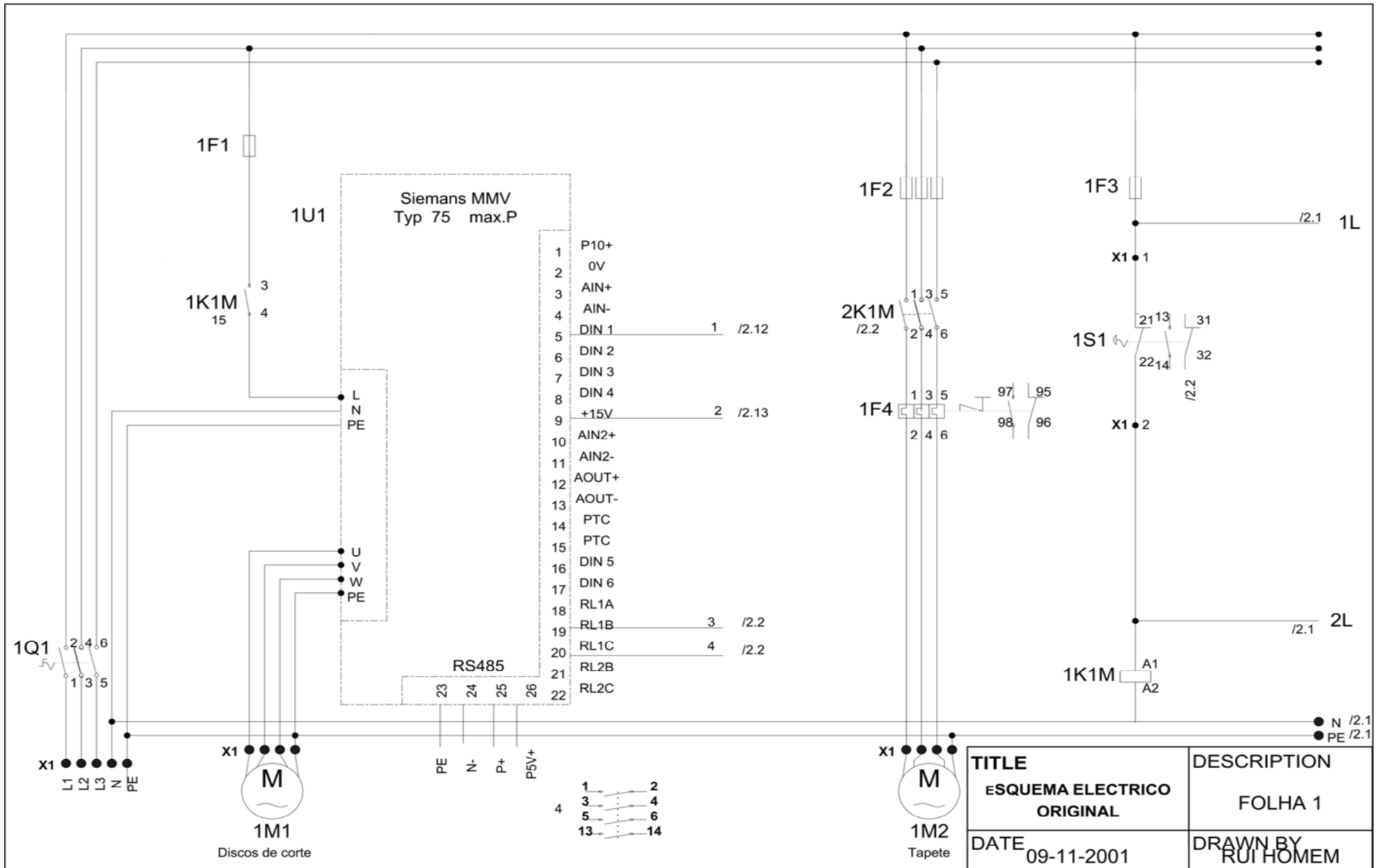
*Figura B.2 – Vista do quadro eléctrico da máquina actualmente utilizada pela empresa.*

O esquema eléctrico do quadro da Figura B.2 pode ser consultado de seguida.

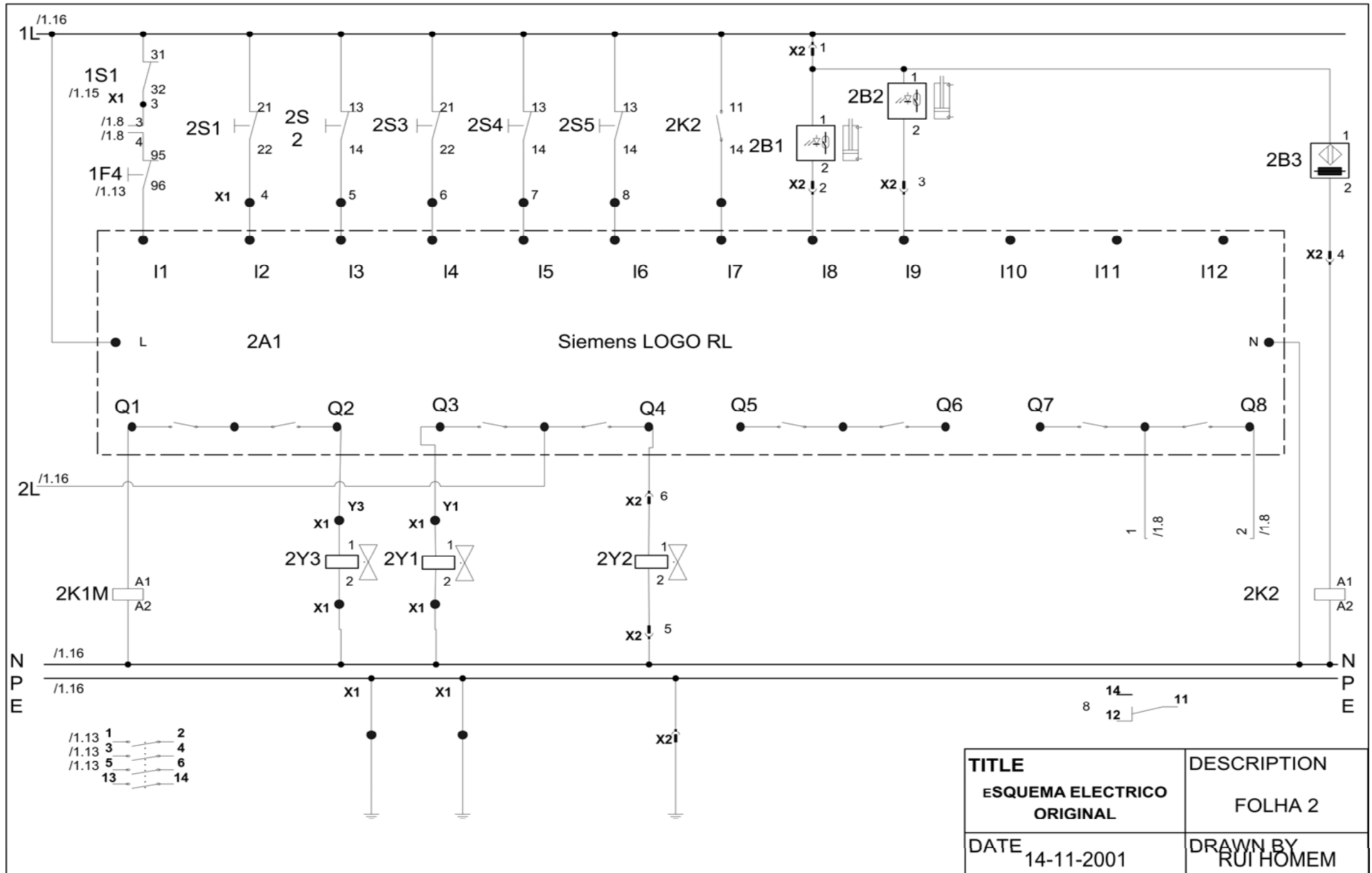


## **ANEXO B1**

### **Esquema eléctrico da máquina de corte actual**









## **ANEXO C**

### **Software para controlo da actual máquina de corte da empresa.**



Para o estudo da actual máquina de corte de componentes cerâmicos desenvolveram-se estruturas de comando e controlo utilizando os recursos existentes no Departamento de Engenharia Mecânica.

As estruturas desenvolvidas foram um programa PLC para o autómato Mitsubishi A1S respeitando o modo actual de funcionamento da máquina e um programa de consola de comando Mac 90 para interface com o utilizador da máquina. Desenvolveram-se ainda dois programas LabView dentro da filosofia cliente servidor. O programa cliente deveria correr num PC junto da máquina e permitia controlar e monitorizar esta. O programa servidor tinha como objectivo o funcionamento num PC remoto e permitia a comunicação com várias máquinas de corte (através do programa cliente) enviando-lhes parâmetros de funcionamento e requerendo-lhes informações acerca do estado de funcionamento.



## **ANEXO C1**

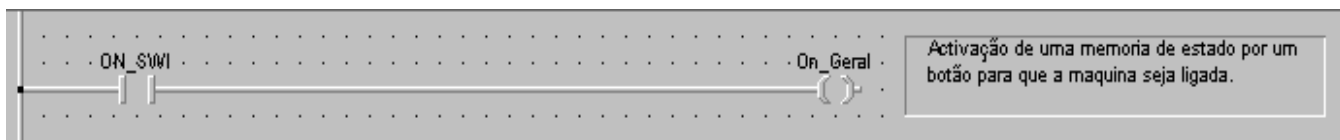
### **Programa para PLC Mitsubishi A1S usado para controlar a máquina de corte da empresa.**



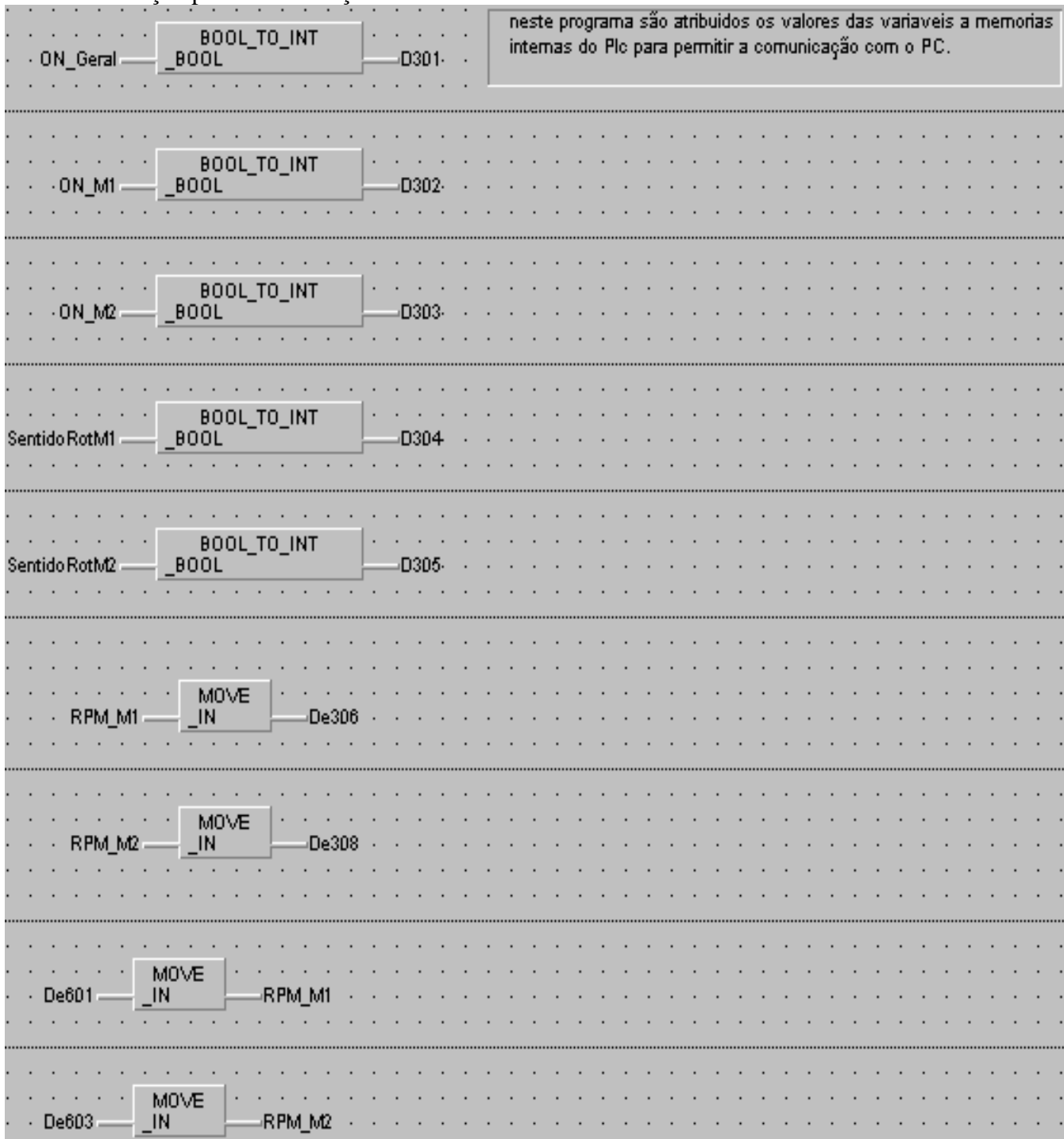
## Lista de variáveis:

|    | Class      | Aut | Identifier       | MIT-Addr | IEC-Addr. | Type | Initial | Comment  |
|----|------------|-----|------------------|----------|-----------|------|---------|--|
| 0  | VAR_GLOBAL | ±   | Def_Ten_Cor_1_M1 | Y28      | %QX40     | BOOL | FALSE   | Variavel de configuração da carta analogica1   |
| 1  | VAR_GLOBAL | ±   | Def_Ten_Cor_1_M2 | Y68      | %QX104    | BOOL | FALSE   | Variavel de configuração da carta analogica2   |
| 2  | VAR_GLOBAL | ±   | De8              | D18      | %MD0.18   | DINT | 0       | Variavel auxiliar                              |
| 3  | VAR_GLOBAL | ±   | WDTErrorM1       | X20      | %IX32     | BOOL | FALSE   | Variavel de erro da carta analogica1           |
| 4  | VAR_GLOBAL | ±   | WDTErrorM2       | X60      | %IX96     | BOOL | FALSE   | Variavel de erro da carta analogica2           |
| 5  | VAR_GLOBAL | ±   | CartaProntaM1    | X21      | %IX33     | BOOL | FALSE   | Variavel de estado da carta analogica1         |
| 6  | VAR_GLOBAL | ±   | CartaProntaM2    | X61      | %IX97     | BOOL | FALSE   | Variavel de estado da carta analogica2         |
| 7  | VAR_GLOBAL | ±   | Def_Resol_1_M1   | Y38      | %QX56     | BOOL | FALSE   | Variavel de configuração da carta analogica1   |
| 8  | VAR_GLOBAL | ±   | Def_Resol_1_M2   | Y39      | %QX57     | BOOL | FALSE   | Variavel de configuração da carta analogica2   |
| 9  | VAR_GLOBAL | ±   | Def_Resol_2_M1   | Y78      | %QX120    | BOOL | FALSE   | Variavel de configuração da carta analogica1   |
| 10 | VAR_GLOBAL | ±   | Def_Resol_2_M2   | Y79      | %QX121    | BOOL | FALSE   | Variavel de configuração da carta analogica2   |
| 11 | VAR_GLOBAL | ±   | Def_Ten_Cor_3_M1 | Y3C      | %QX60     | BOOL | FALSE   | Variavel de configuração da carta analogica1   |
| 12 | VAR_GLOBAL | ±   | Def_Ten_Cor_3_M2 | Y7C      | %QX124    | BOOL | FALSE   | Variavel de configuração da carta analogica2   |
| 13 | VAR_GLOBAL | ±   | Valor_IN_M1      | D4       | %MD0.4    | DINT | 0       | Valor de entrada para a carta analogica 1      |
| 14 | VAR_GLOBAL | ±   | Valor_IN_M2      | D6       | %MD0.6    | DINT | 0       | Valor de entrada para a carta analogica 2      |
| 15 | VAR_GLOBAL | ±   | Sair_Valor_An_M1 | M100     | %M0.100   | BOOL | FALSE   | Variavel auxiliar                              |
| 16 | VAR_GLOBAL | ±   | Sair_Valor_An_M2 | M101     | %M0.101   | BOOL | FALSE   | Variavel auxiliar                              |
| 17 | VAR_GLOBAL | ±   | Activ_Sai_Ana_M1 | Y30      | %QX48     | BOOL | FALSE   | Variavel auxiliar                              |
| 18 | VAR_GLOBAL | ±   | Activ_Sai_Ana_M2 | Y70      | %QX112    | BOOL | FALSE   | Variavel auxiliar                              |
| 19 | VAR_GLOBAL | ±   | SentidoRotM1     | Y10      | %QX16     | BOOL | FALSE   | Seleção do sentido de rotação do motor 1       |
| 20 | VAR_GLOBAL | ±   | SentidoRotM2     | Y11      | %QX17     | BOOL | FALSE   | Seleção do sentido de rotação do motor 2       |
| 21 | VAR_GLOBAL | ±   | TemC1            | TC1      | %M05.1    | BOOL | FALSE   | Variavel de temporizador                       |
| 22 | VAR_GLOBAL | ±   | TemN1            | TN1      | %M03.1    | INT  | 0       | Variavel de temporizador                       |
| 23 | VAR_GLOBAL | ±   | TemC2            | TC2      | %M05.2    | BOOL | FALSE   | Variavel de temporizador                       |
| 24 | VAR_GLOBAL | ±   | TemN2            | TN2      | %M03.2    | INT  | 0       | Variavel de temporizador                       |
| 25 | VAR_GLOBAL | ±   | TemS1            | TS1      | %M03.1    | BOOL | FALSE   | Variavel de temporizador                       |
| 26 | VAR_GLOBAL | ±   | TemS2            | TS2      | %M03.2    | BOOL | FALSE   | Variavel de temporizador                       |
| 27 | VAR_GLOBAL | ±   | Sent_Rot_MAC_M1  | M120     | %M0.120   | BOOL | FALSE   | Variavel auxiliar para operações com a consola |
| 28 | VAR_GLOBAL | ±   | Sent_Rot_MAC_M2  | M121     | %M0.121   | BOOL | FALSE   | Variavel auxiliar para operações com a consola |
| 29 | VAR_GLOBAL | ±   | VelUP_MAC_M1     | M122     | %M0.122   | BOOL | FALSE   | Variavel auxiliar para operações com a consola |
| 30 | VAR_GLOBAL | ±   | VelUP_MAC_M2     | M123     | %M0.123   | BOOL | FALSE   | Variavel auxiliar para operações com a consola |
| 31 | VAR_GLOBAL | ±   | VelDOWN_MAC_M1   | M124     | %M0.124   | BOOL | FALSE   | Variavel auxiliar para operações com a consola |
| 32 | VAR_GLOBAL | ±   | VelDOWN_MAC_M2   | M125     | %M0.125   | BOOL | FALSE   | Variavel auxiliar para operações com a consola |
| 33 | VAR_GLOBAL | ±   | ON_M1            | Y12      | %QX18     | BOOL | FALSE   | Ligar motor 1 (saida)                          |
| 34 | VAR_GLOBAL | ±   | ON_M2            | Y13      | %QX19     | BOOL | FALSE   | Ligar motor 2 (saida)                          |
| 35 | VAR_GLOBAL | ±   | ON_Geral         | Y14      | %QX20     | BOOL | FALSE   | Ligar geral (saida)                            |
| 36 | VAR_GLOBAL | ±   | ON_M1_SWI        | X1       | %IX1      | BOOL | FALSE   | Ligar motor 1                                  |
| 37 | VAR_GLOBAL | ±   | ON_M2_SWI        | X2       | %IX2      | BOOL | FALSE   | Ligar motor 2                                  |
| 38 | VAR_GLOBAL | ±   | ON_SWI           | X0       | %IX0      | BOOL | FALSE   | Ligar geral                                    |
| 39 | VAR_GLOBAL | ±   | RPM_M1           | D8       | %MD0.8    | DINT | 0       | Variavel auxiliar                              |
| 40 | VAR_GLOBAL | ±   | RPM_M2           | D10      | %MD0.10   | DINT | 0       | Variavel auxiliar                              |
| 41 | VAR_GLOBAL | ±   | De6              | D12      | %M00.12   | DINT | 0       | Variavel auxiliar                              |
| 42 | VAR_GLOBAL | ±   | De7              | D14      | %M00.14   | DINT | 0       | Variavel auxiliar                              |
| 43 | VAR_GLOBAL | ±   | De306            | D306     | %MD0.306  | DINT | 0       | Variavel auxiliar                              |
| 44 | VAR_GLOBAL | ±   | De308            | D308     | %MD0.308  | DINT | 0       | Variavel auxiliar                              |
| 45 | VAR_GLOBAL | ±   | De601            | D601     | %MD0.601  | DINT | 0       | Variavel auxiliar                              |
| 46 | VAR_GLOBAL | ±   | De603            | D603     | %MD0.603  | DINT | 0       | Variavel auxiliar                              |

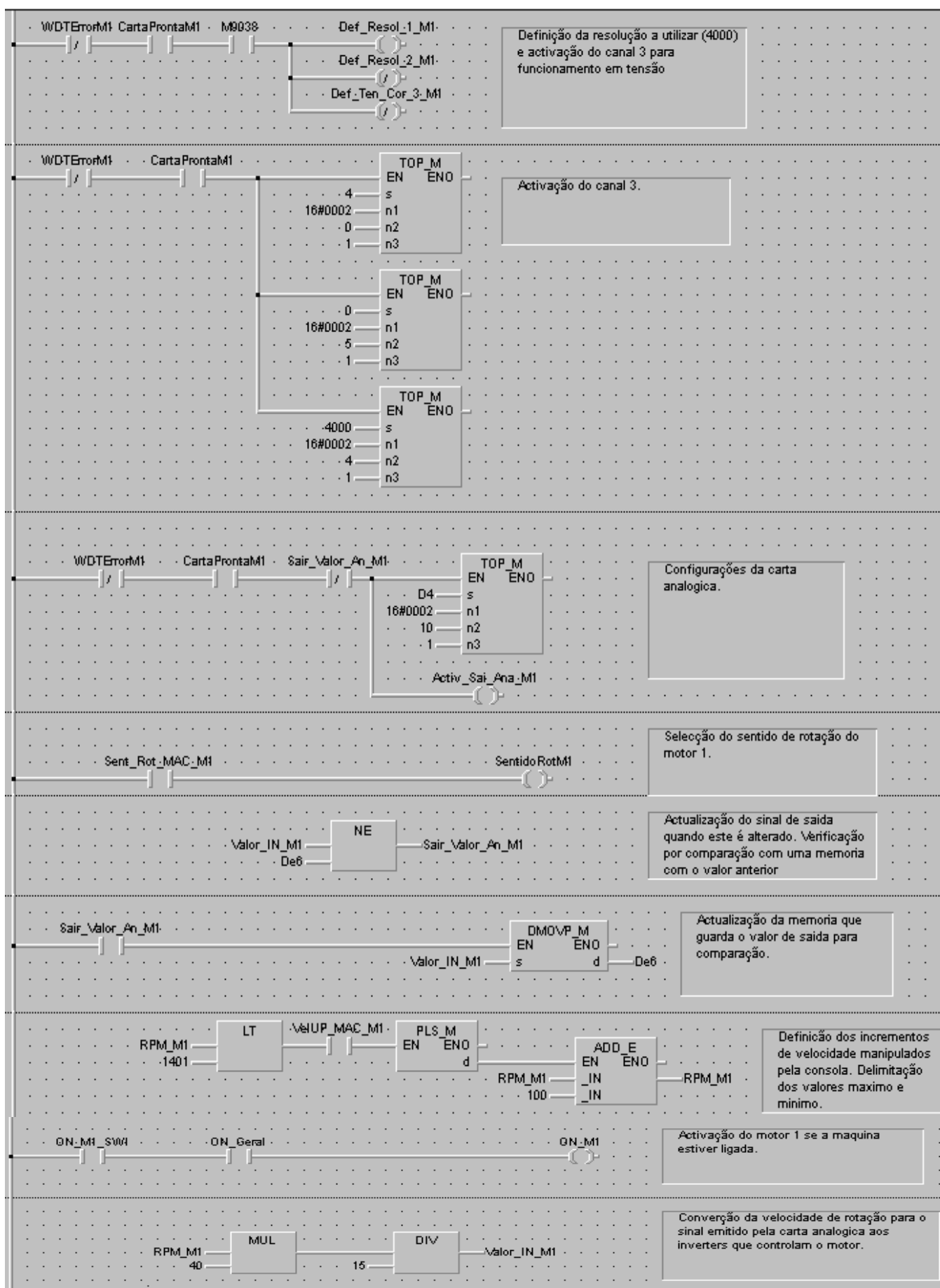
## Sequência de arranque:



Codificação para comunicação RS232 com o PC:



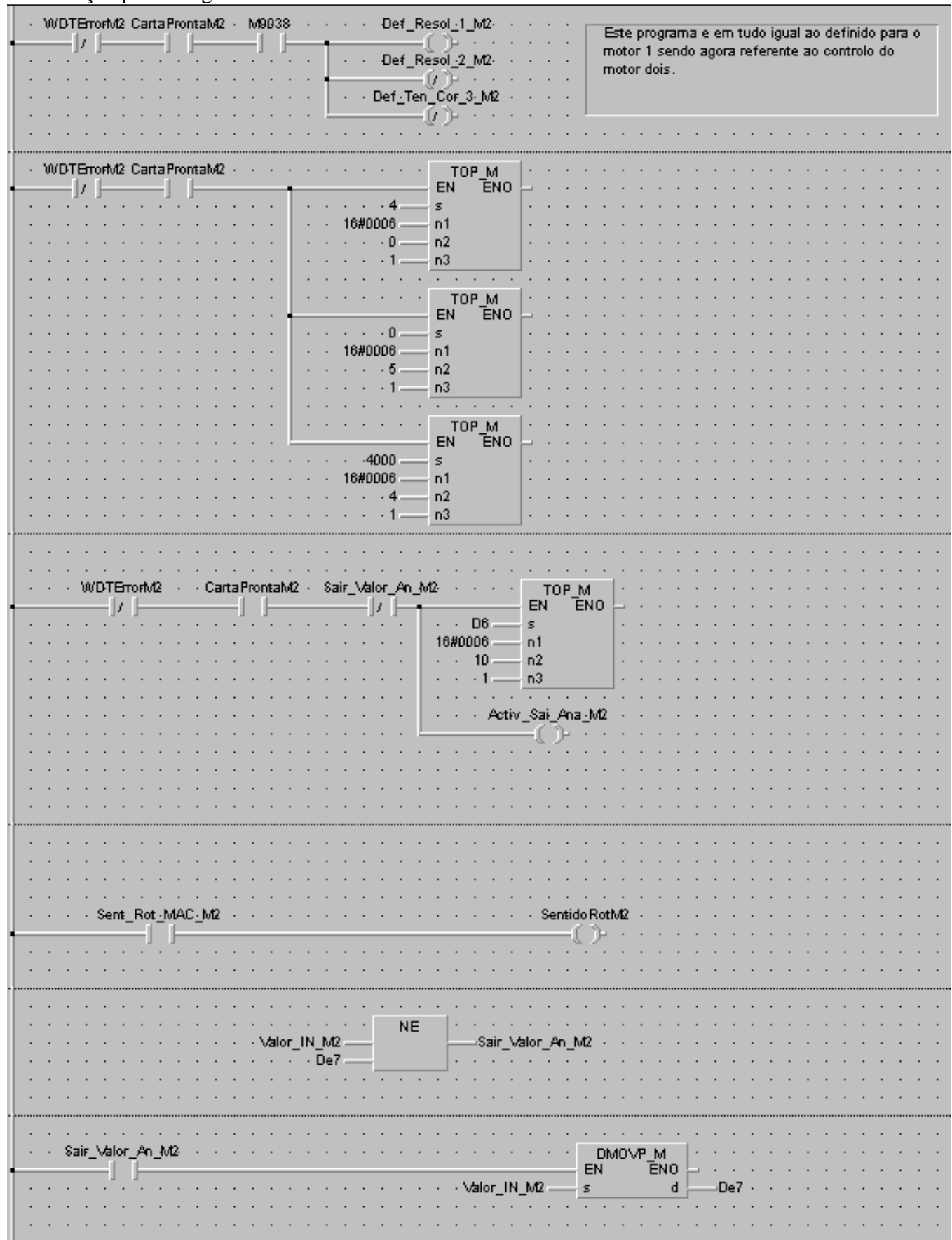
Codificação para um dos motores:

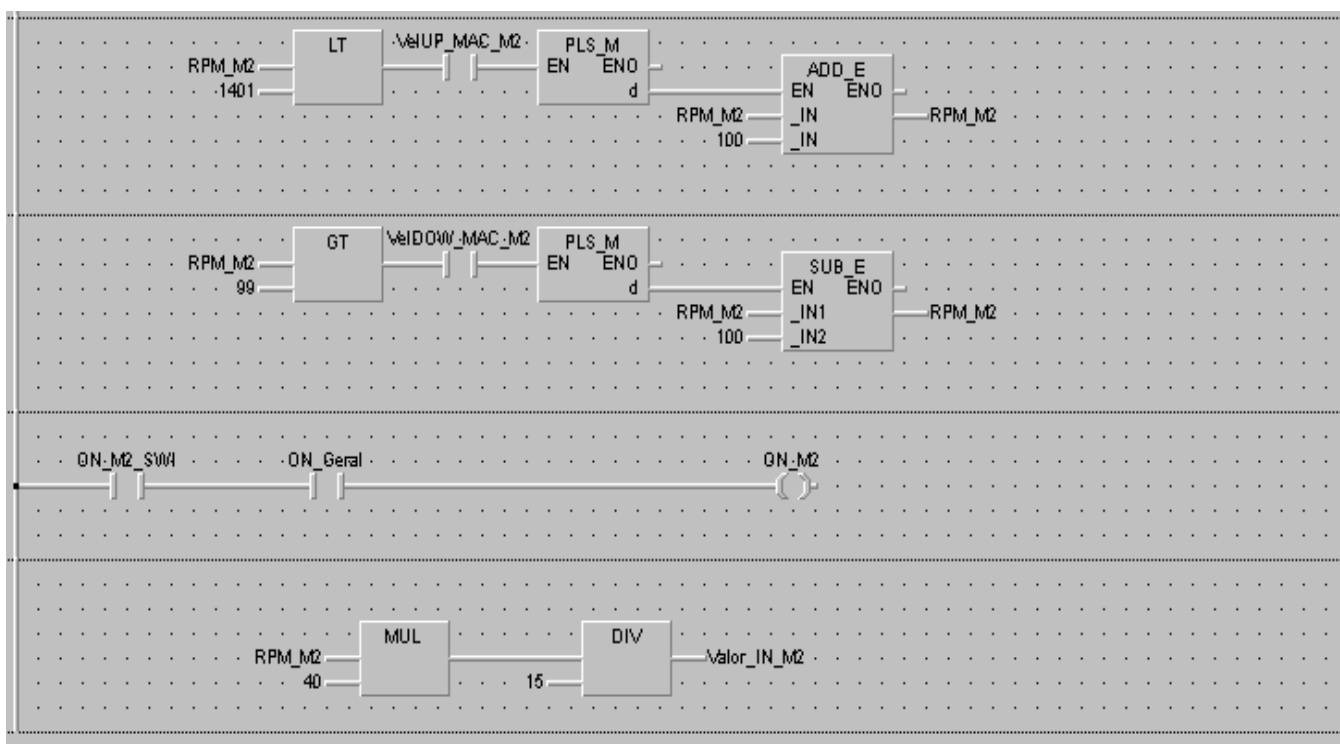






## Codificação para o segundo motor:







## Anexo C2

### Programa para Consola Mitsubishi Mac 90. Para interligação com o programa automático do anexo C1.

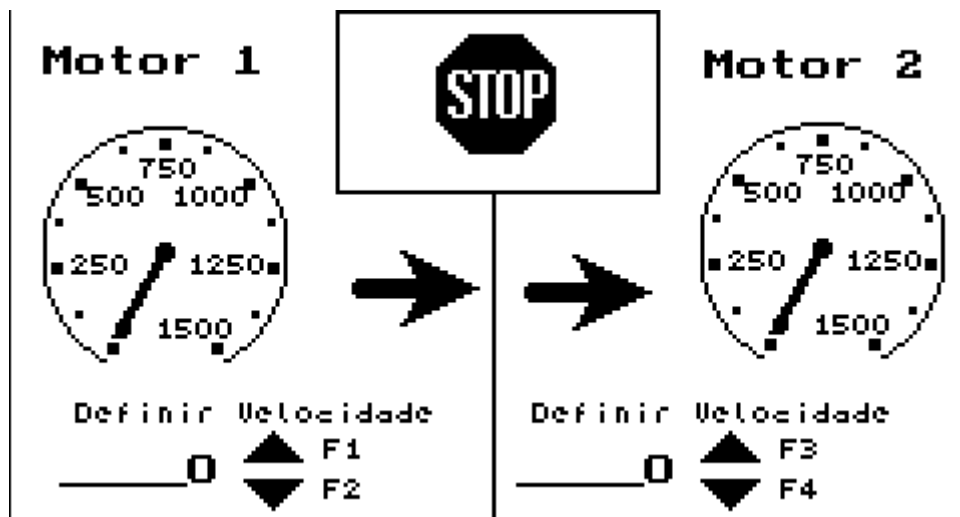


Figura C2.1 – Aspecto geral do bloco programado na consola de diálogo.

Através deste bloco (Figura C2.1 ) na consola de diálogo o operador pode verificar a velocidade actual dos dois motores, definir essa velocidade e alterar o sentido de rotação dos motores.



## **ANEXO C3**

### **Software de monitorização e controlo remoto por PC.**



Para efectuar a monitorização e o comando remoto da máquina por PC desenvolveu-se duas aplicações em LabView. Uma delas funciona localmente (Cliente) e comunica por ligação série RS232 com a porta do CPU do PLC. Recebe desta informação sobre o estado de funcionamento da máquina e pode enviar-lhe novos parâmetros de funcionamento. A outra aplicação (servidor) serve para integração em célula de trabalho da máquina. Permite a comunicação com vários programas cliente, requisitando lhes informação sobre o estado de funcionamento das máquinas e enviando-lhes novos parâmetros de funcionamento. A comunicação entre a aplicação cliente e a servidora via DDE.

Seguidamente apresentamos as interfaces desenhadas para cada uma das aplicações.

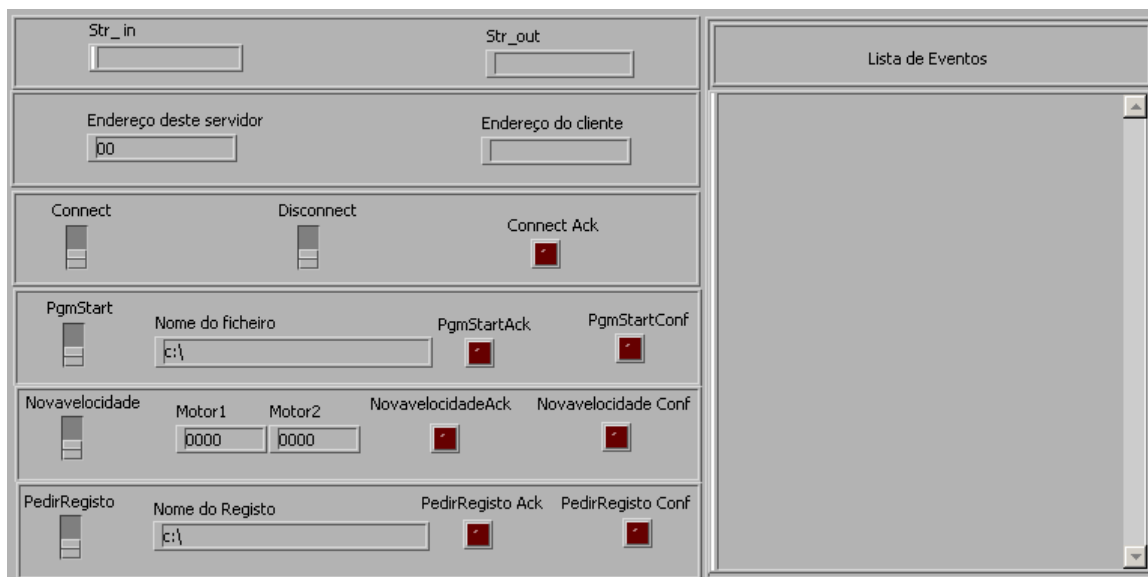


Figura C3.1-Painel da aplicação servidora

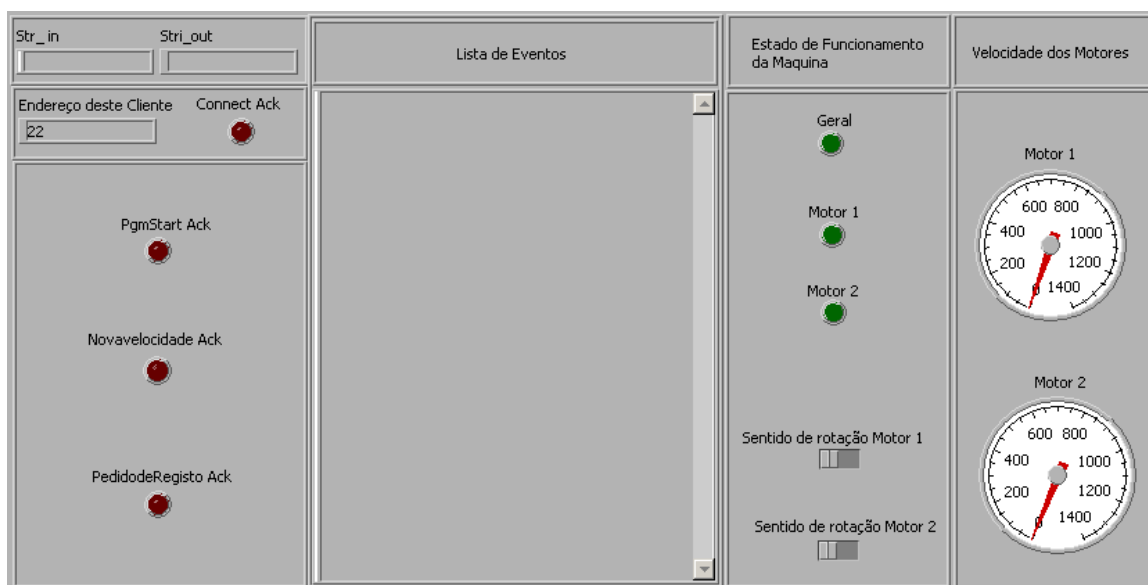


Figura C3.2 – Painel da aplicação cliente

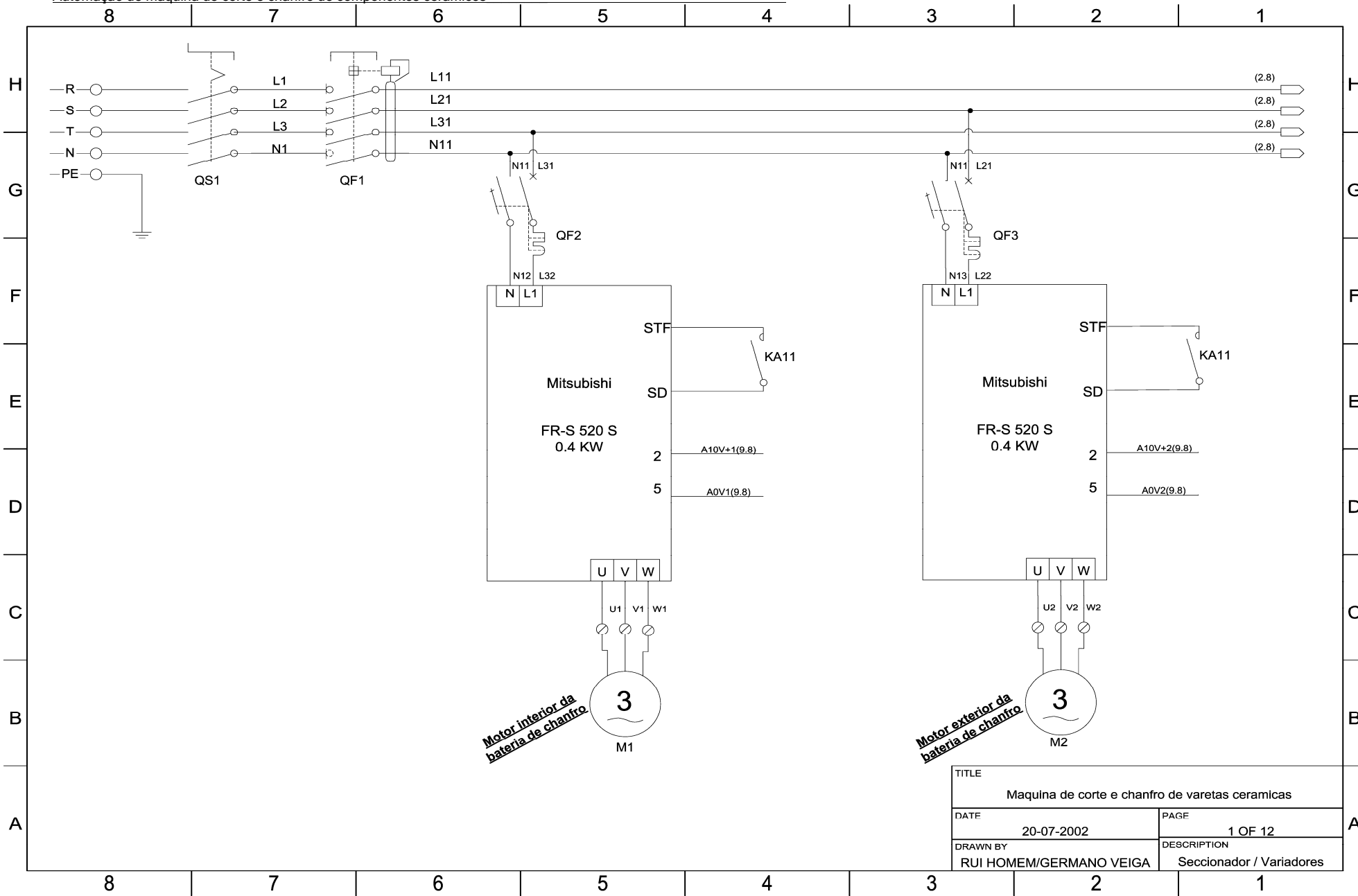
Seguidamente pode consultar-se as listagens LabView desenvolvidas.



## **ANEXO D**

### **Esquema do quadro eléctrico implementado.**

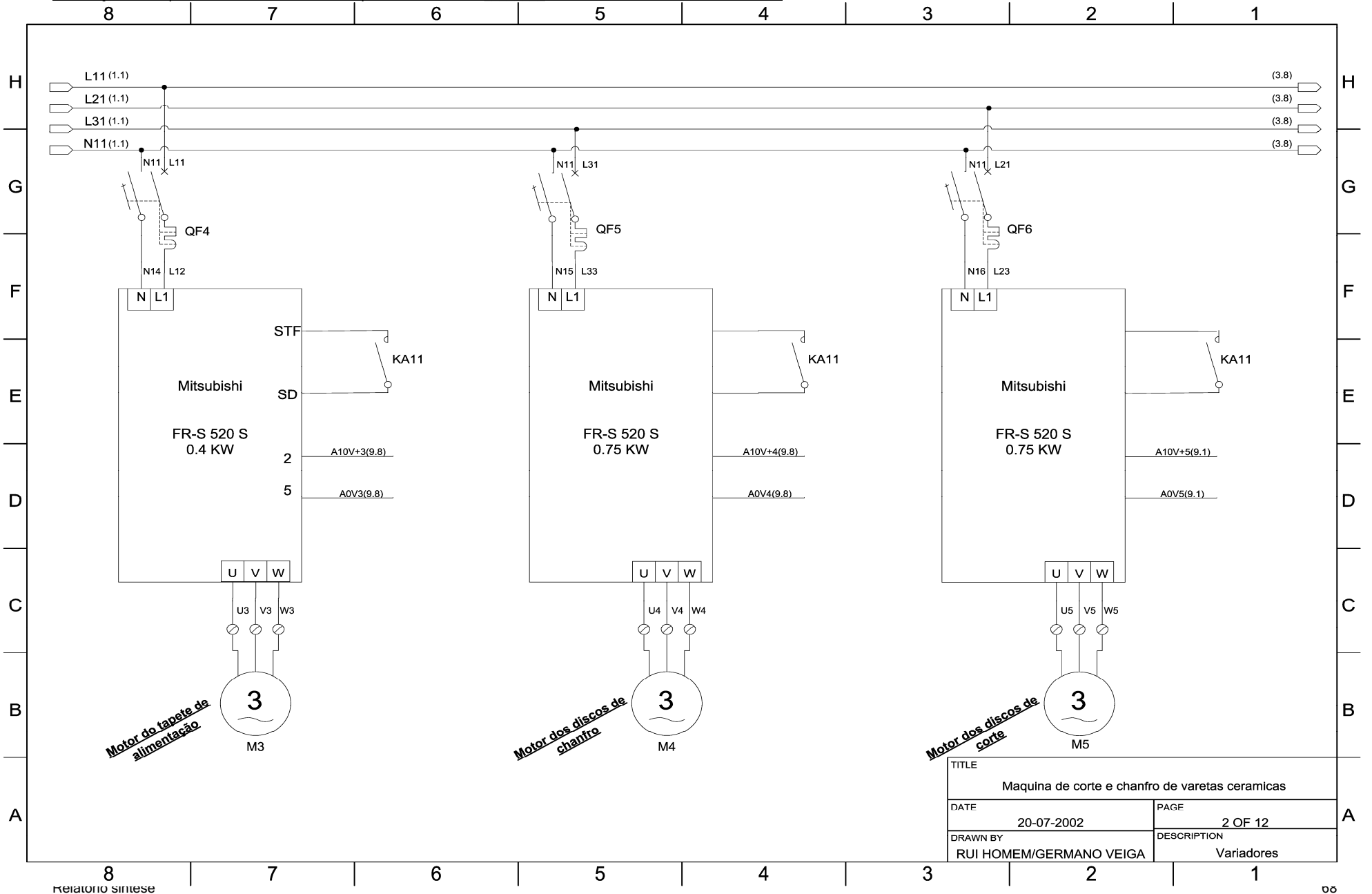
Automação de máquina de corte e chanfro de componentes cerâmicos



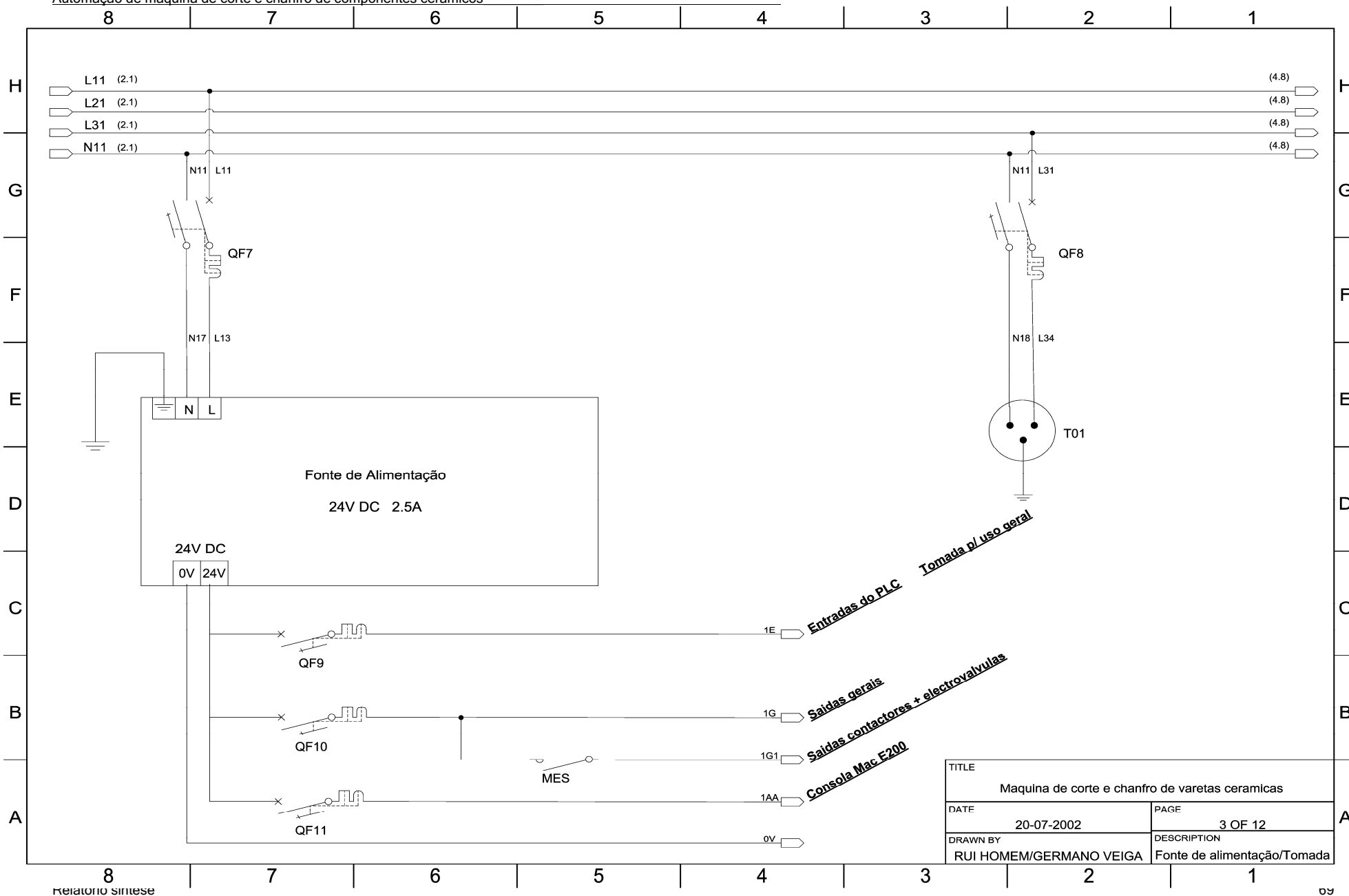
|   |                          |
|---|--------------------------|
| TÍTULO  |                          |
| Maquina de corte e chanfro de varetas ceramicas |                          |
| DATE  | PAGE                     |
| 20-07-2002                                      | 1 OF 12                  |
| DRAWN BY  | DESCRIPTION              |
| RUI HOMEM/GERMANO VEIGA                         | Seccionador / Variadores |



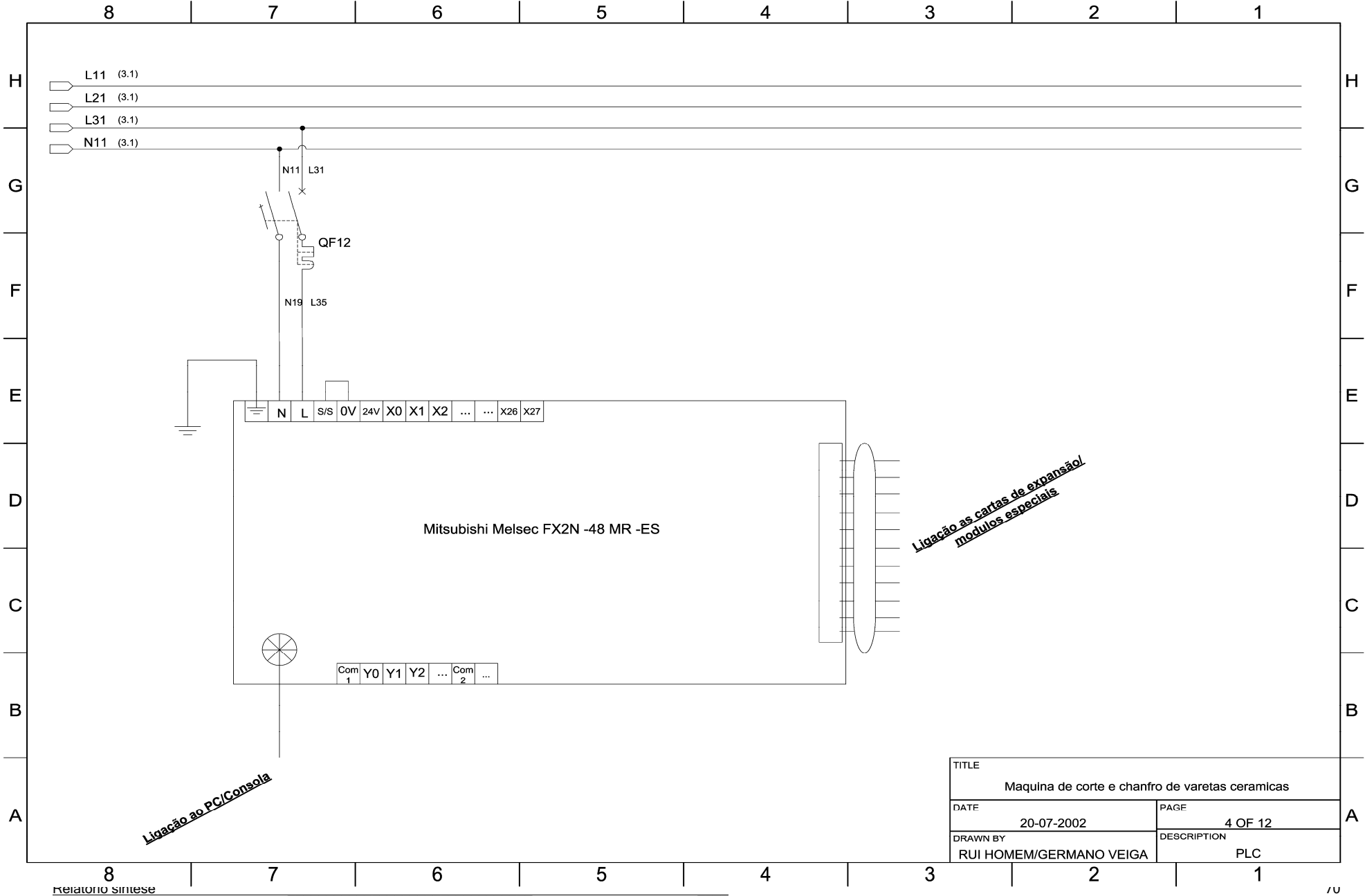
Automação de máquina de corte e chanfro de componentes cerâmicos

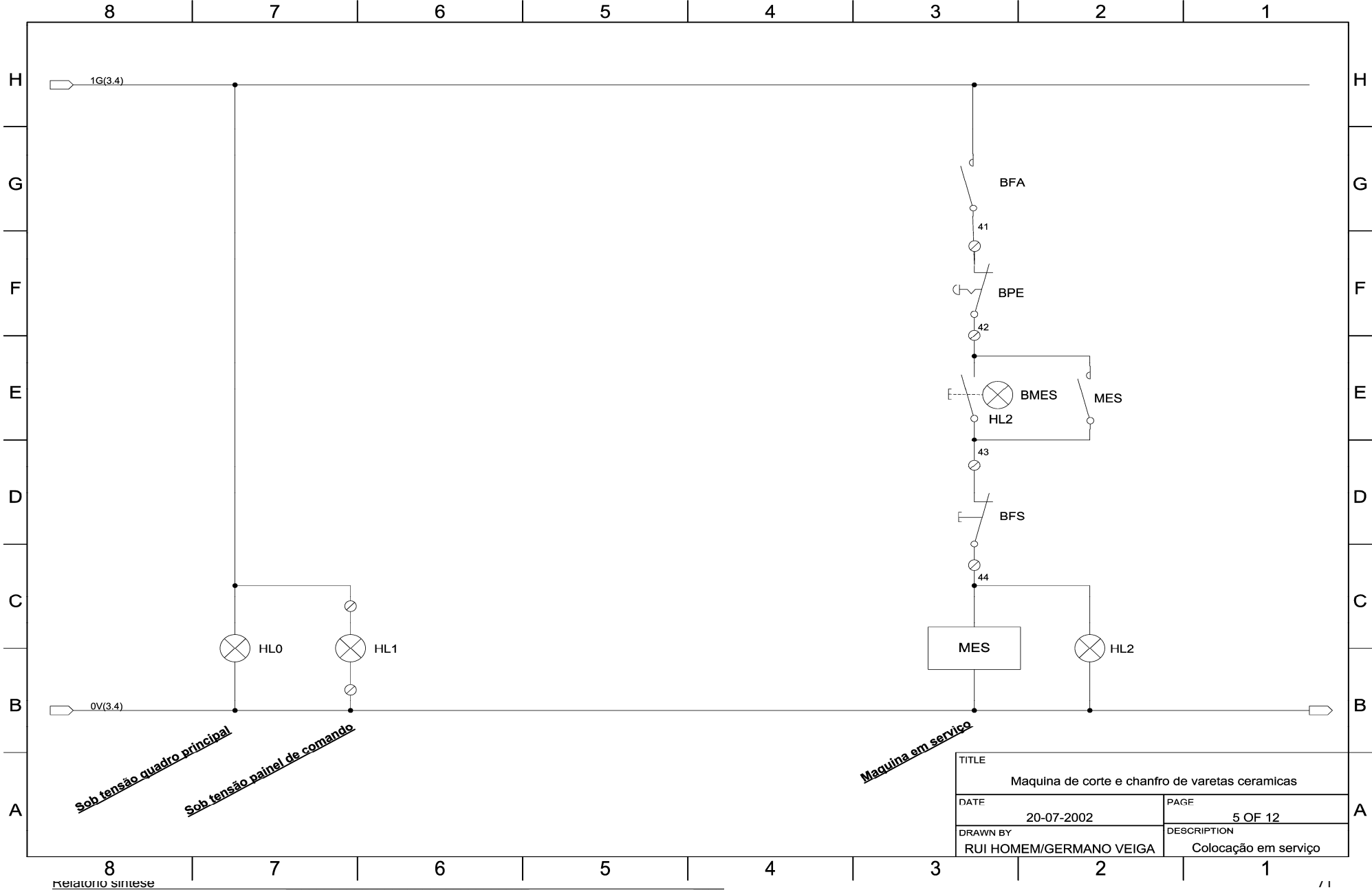


# Automação de máquina de corte e chanfro de componentes cerâmicos



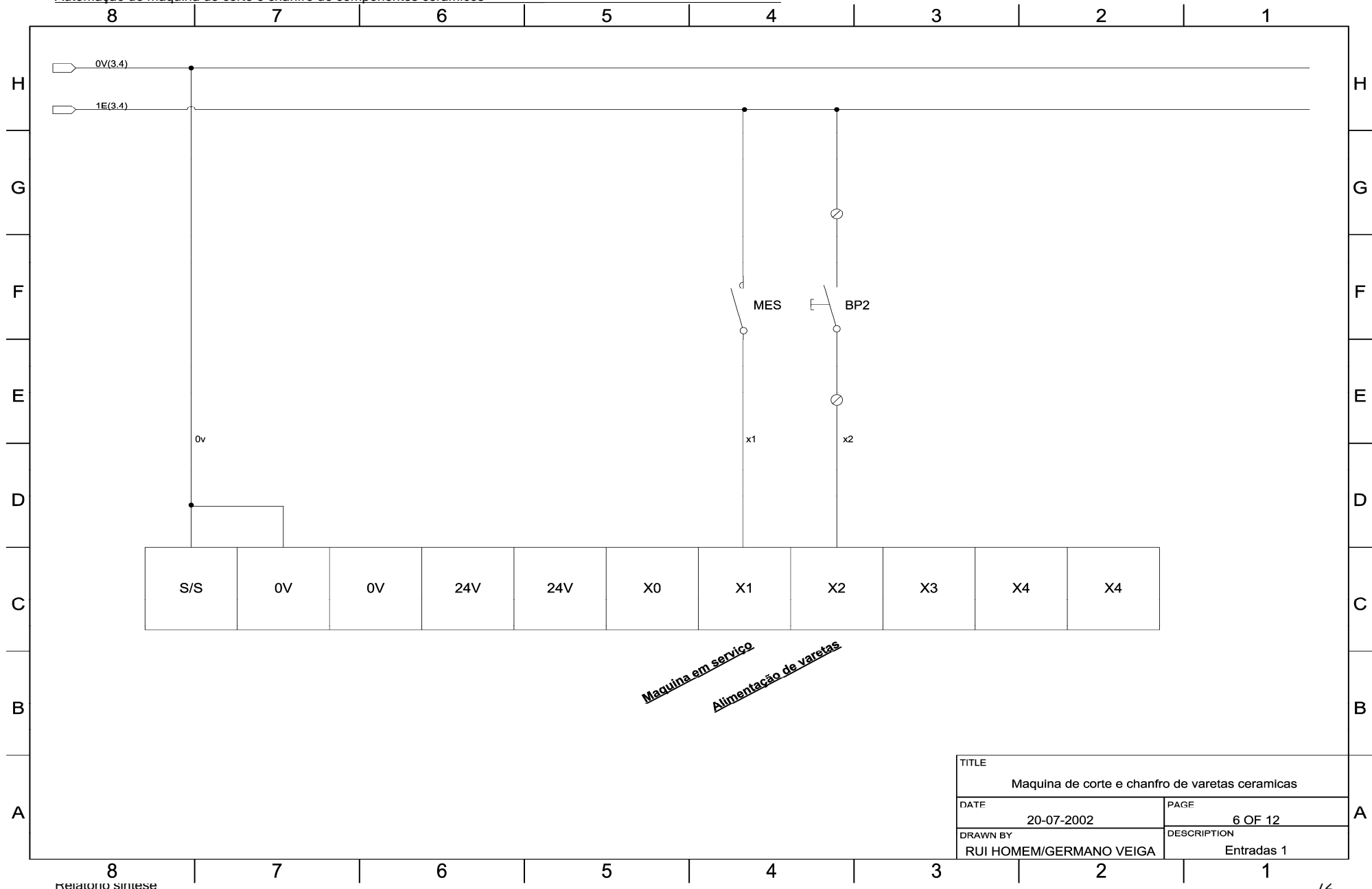
|   |                             |
|---|-----------------------------|
| TITLE   |                             |
| Maquina de corte e chanfro de varetas ceramicas |                             |
| DATE  | PAGE                        |
| 20-07-2002                                      | 3 OF 12                     |
| DRAWN BY  | DESCRIPTION                 |
| RUI HOMEM/GERMANO VEIGA                         | Fonte de alimentação/Tomada |





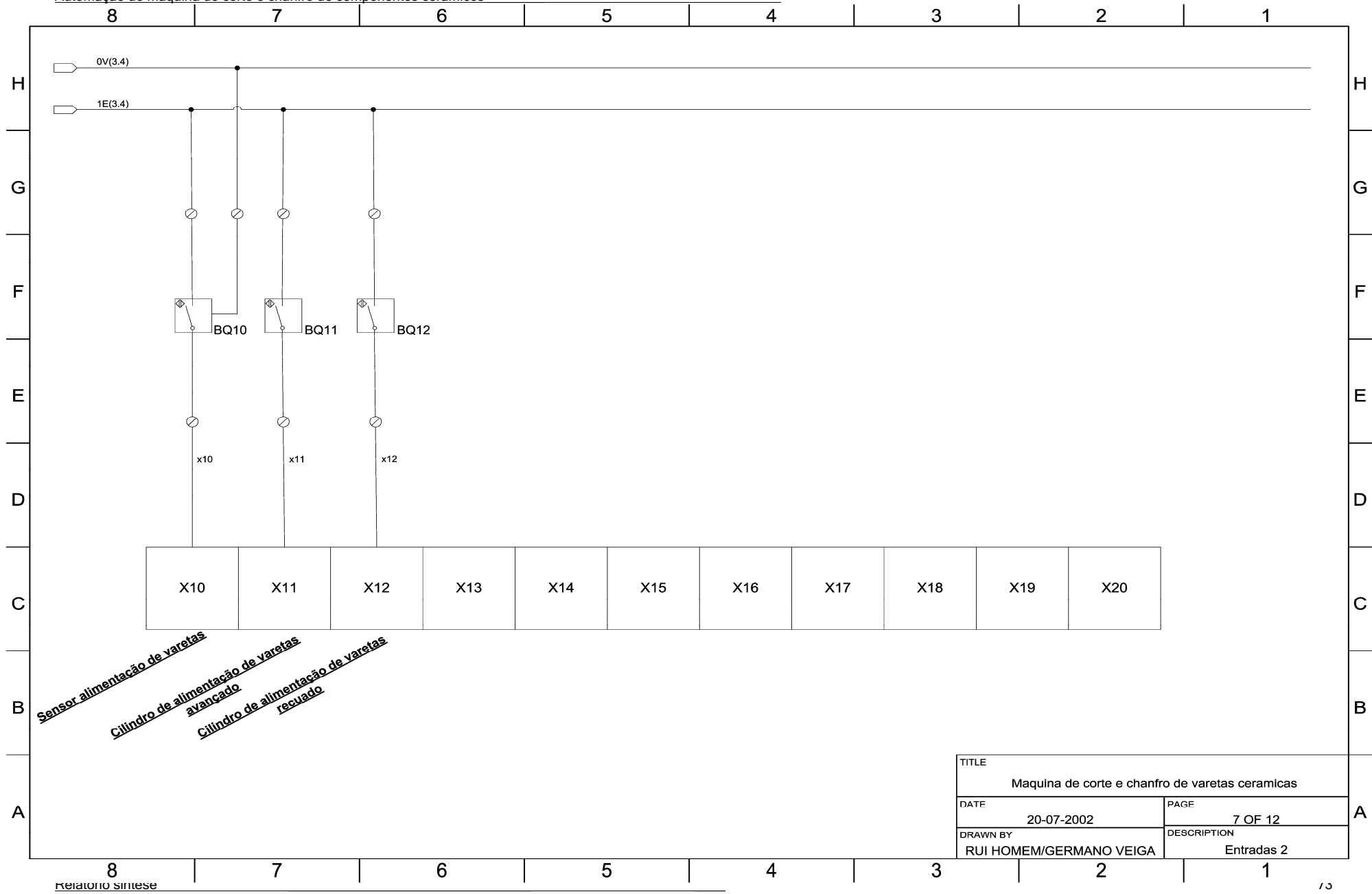


Automação de máquina de corte e chanfro de componentes cerâmicos

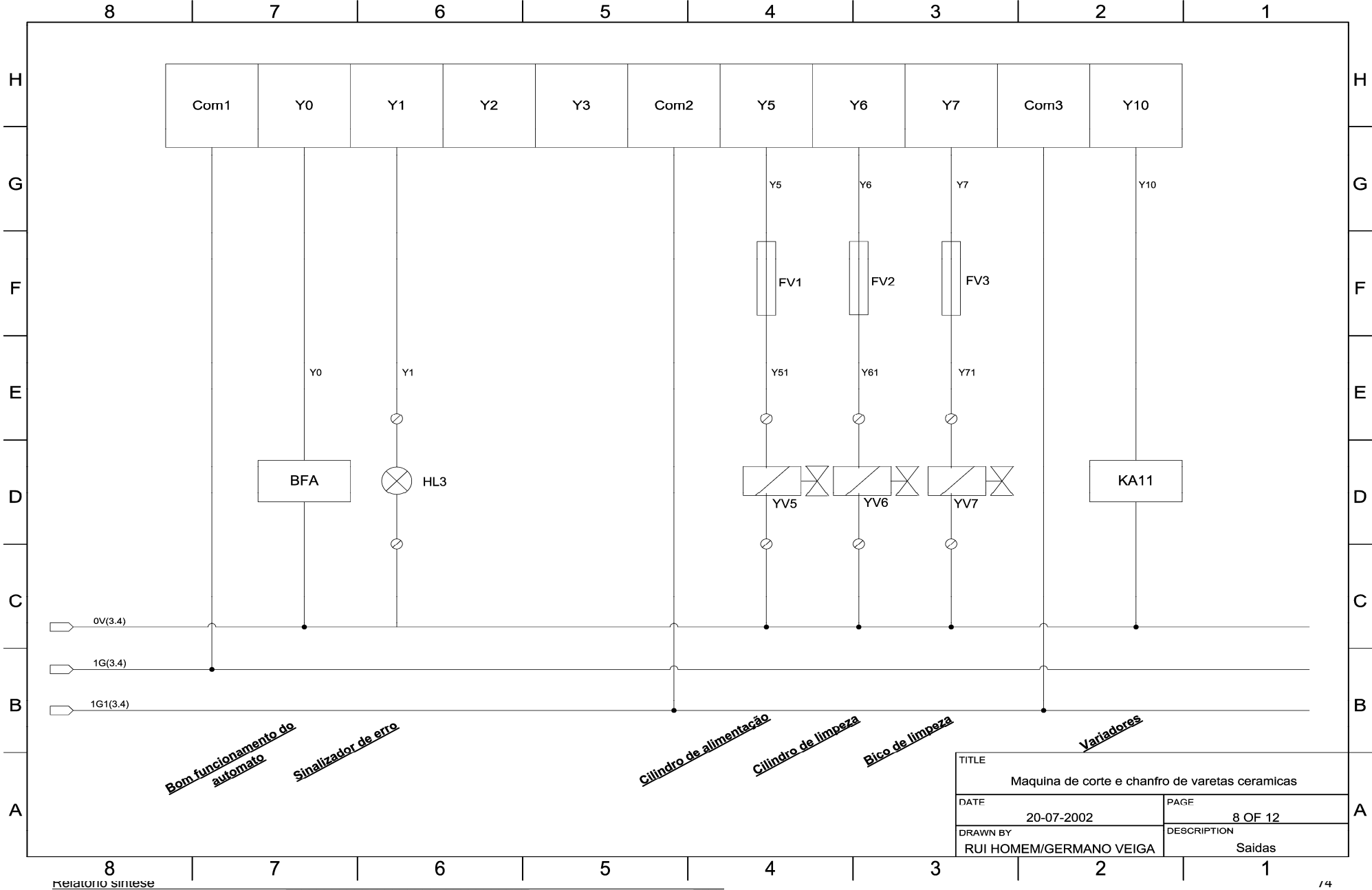




Automação de máquina de corte e chanfro de componentes cerâmicos



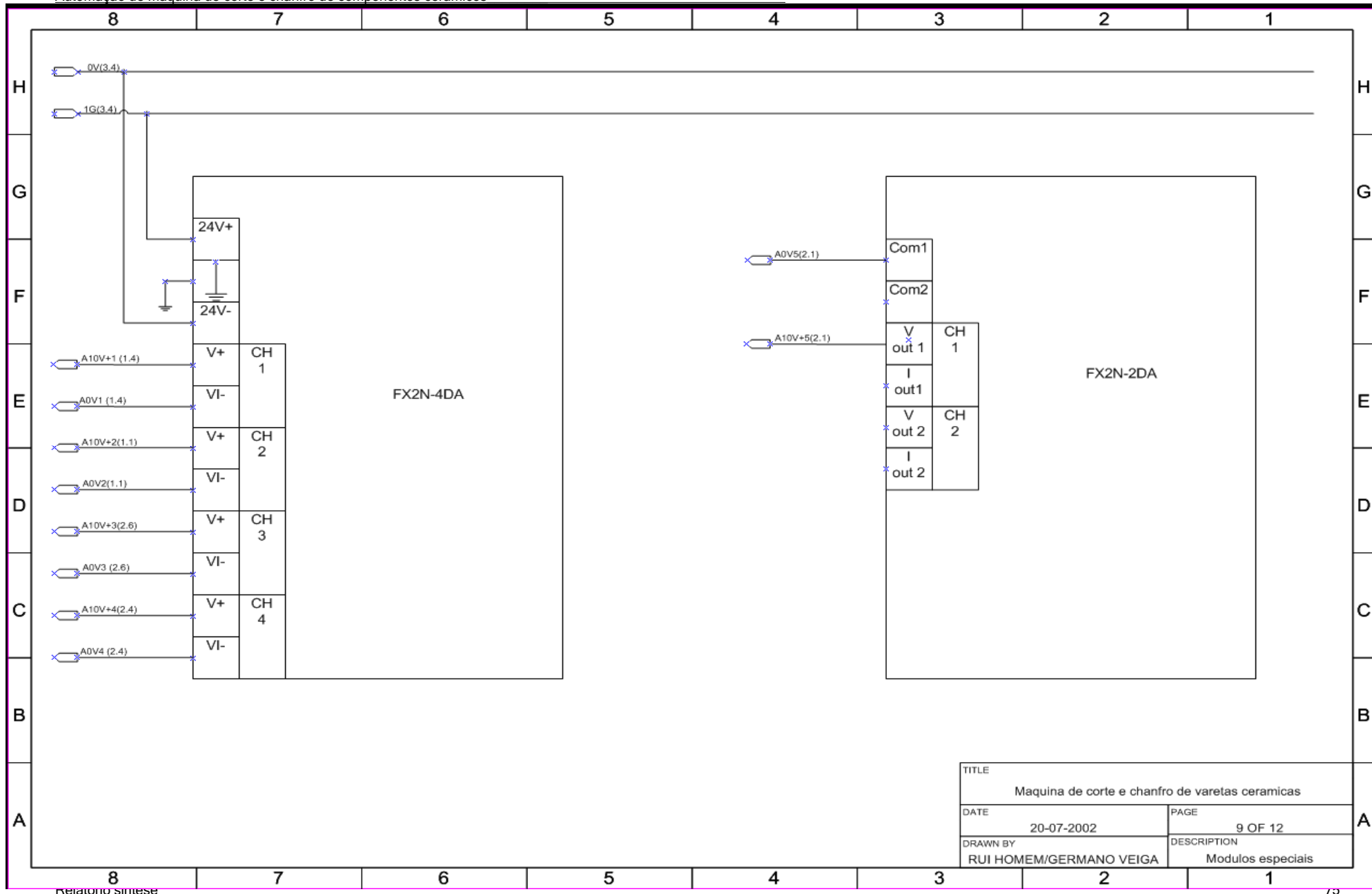
|          |                         |   |            |
|----------|-------------------------|---|------------|
| TITLE    |                         | Maquina de corte e chanfro de varetas ceramicas |            |
| DATE     | 20-07-2002              | PAGE  | 7 OF 12    |
| DRAWN BY | RUI HOMEM/GERMANO VEIGA | DESCRIPTION                                     | Entradas 2 |



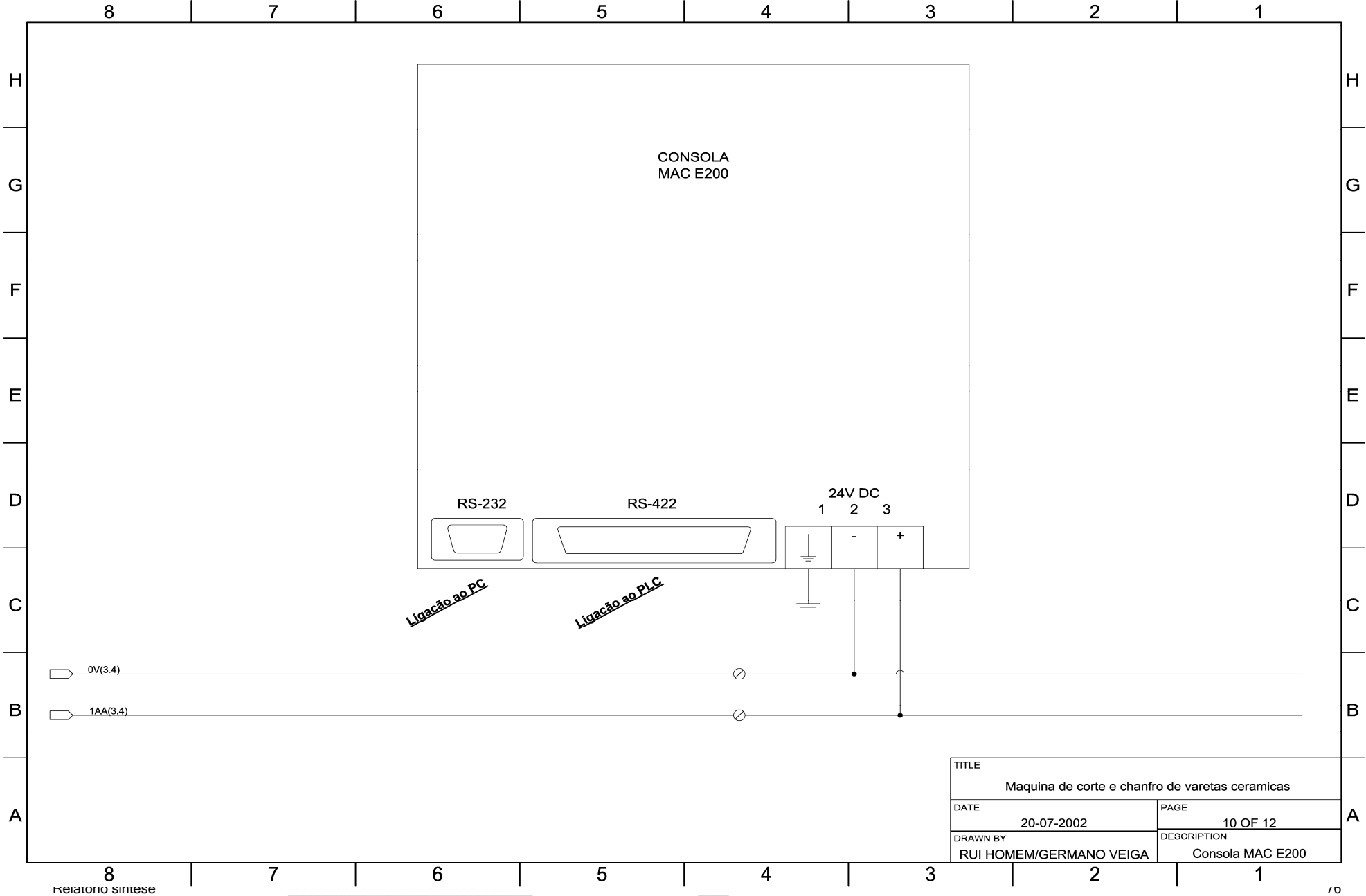




Automação de máquina de corte e chanfro de componentes cerâmicos

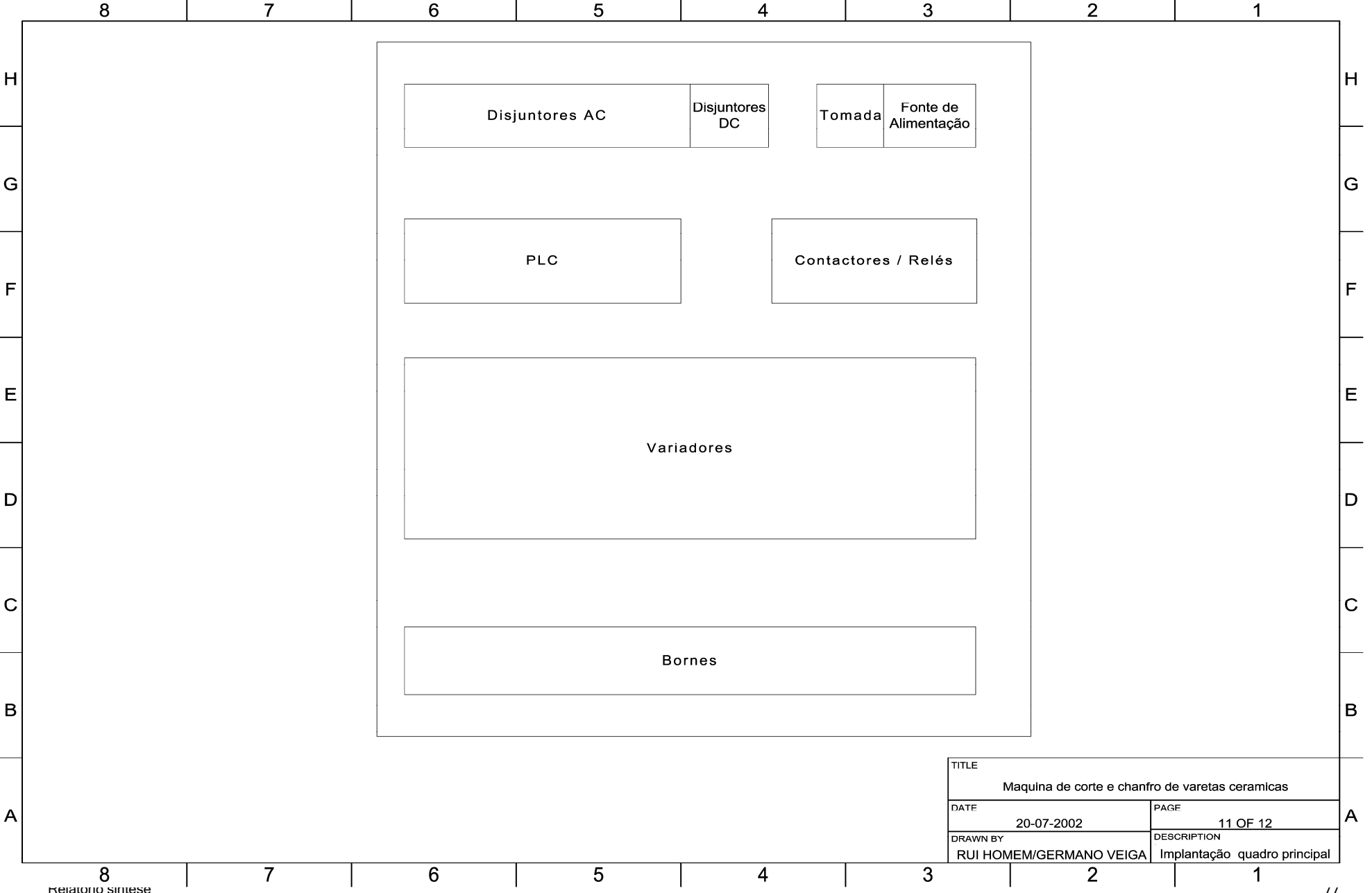


|          |                         |   |                   |
|----------|-------------------------|---|-------------------|
| TITLE    |                         | Maquina de corte e chanfro de varetas ceramicas |                   |
| DATE     | 20-07-2002              | PAGE  | 9 OF 12           |
| DRAWN BY | RUI HOMEM/GERMANO VEIGA | DESCRIPTION                                     | Modulos especiais |





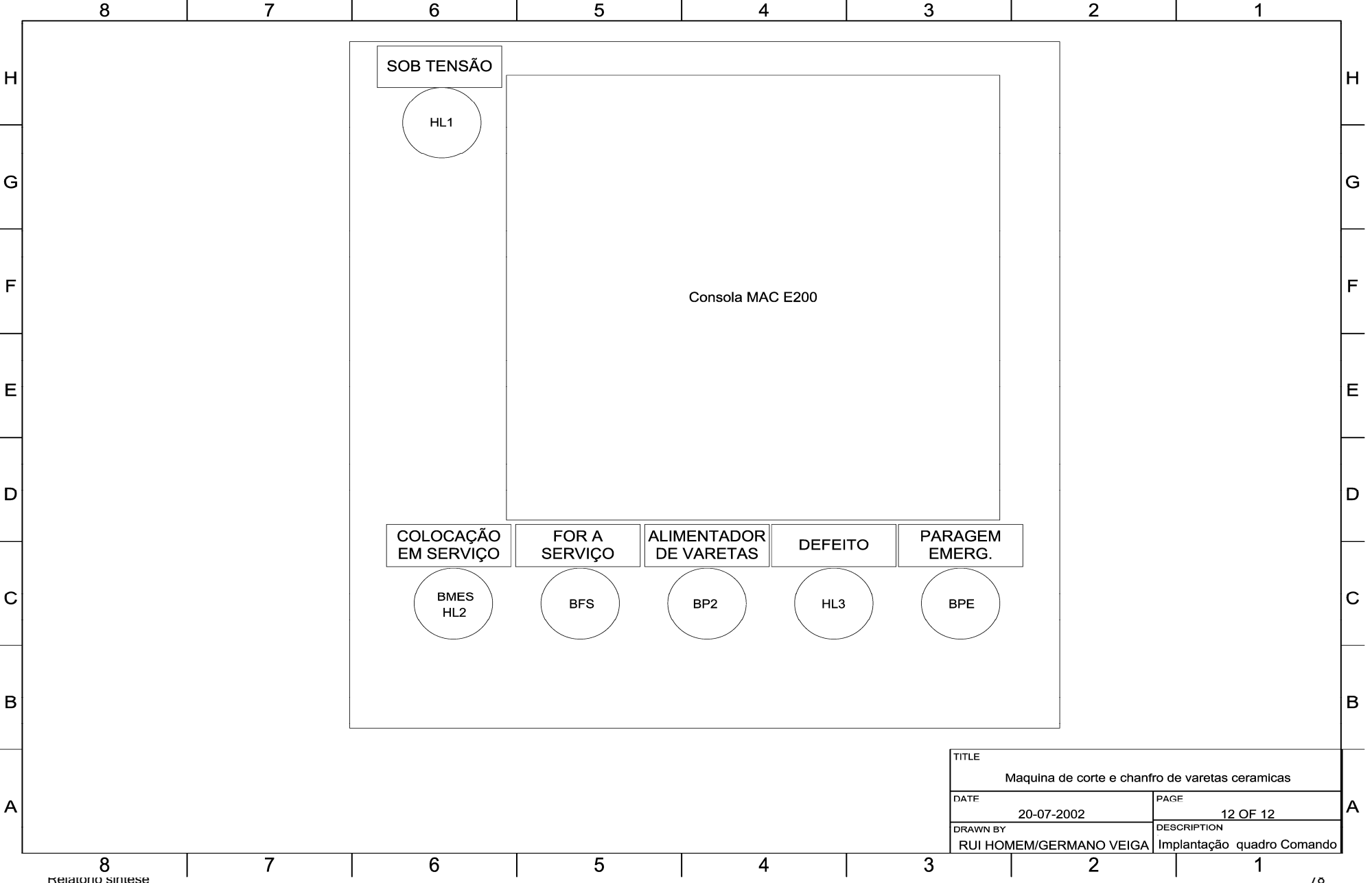
Automação de máquina de corte e chanfro de componentes cerâmicos



|   |                              |
|---|------------------------------|
| TITLE   |                              |
| Maquina de corte e chanfro de varetas ceramicas |                              |
| DATE  | PAGE                         |
| 20-07-2002                                      | 11 OF 12                     |
| DRAWN BY  | DESCRIPTION                  |
| RUI HOMEM/GERMANO VEIGA                         | Implantação quadro principal |



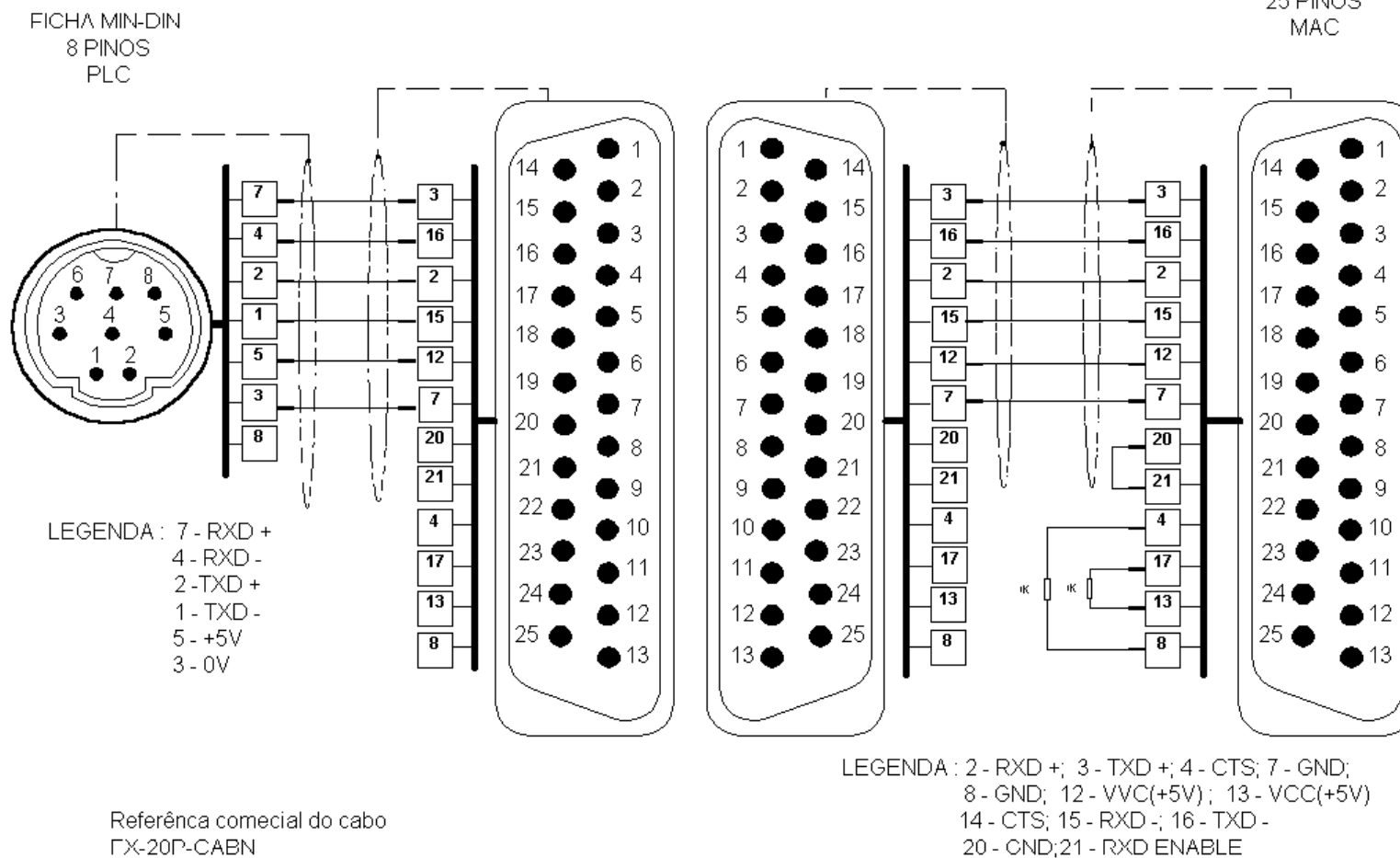
Automação de máquina de corte e chanfro de componentes cerâmicos



|          |                         |   |                            |
|----------|-------------------------|---|----------------------------|
| TITLE    |                         | Maquina de corte e chanfro de varetas ceramicas |                            |
| DATE     | 20-07-2002              | PAGE  | 12 OF 12                   |
| DRAWN BY | RUI HOMEM/GERMANO VEIGA | DESCRIPTION                                     | Implantação quadro Comando |



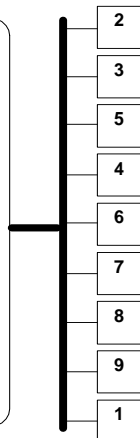
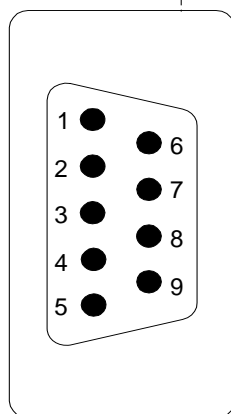
## CABO DE LIGAÇÃO DA MAC AO PLC



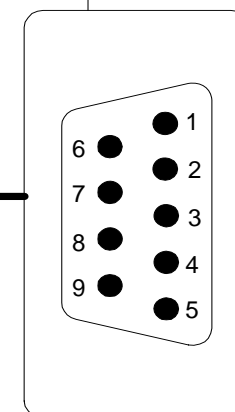
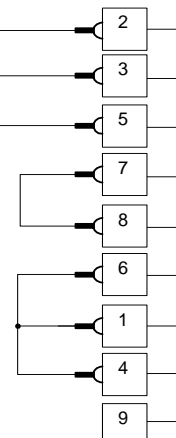


## CABO DE LIGAÇÃO DA MAC AO PC (MAC-PC-RS/CAB5)

FICHA DE 9  
PINOS  
(MAC)



FICHA DE 9  
PINOS  
(PC)



LEGENDA : 2 - TXD  
3 - RXD  
5 - GND

Referência comercial do cabo.  
CAB5

LEGENDA : 1 - DCD  
2 - RXD  
3 - TXD  
4 - DTR  
5 - GND  
6 - DSR  
7 - RTS  
8 - CTS



## Maquina de corte e chanfro de varetas ceramicas

### Lista de material

| Designação | Pag. | Descrição                                      | Marca          | Referência         | Fornecedor     | Qt |
|------------|------|--|----------------|--------------------|----------------|----|
|            | 11   | Armario metalico 300x250x150+Platine           | Heimel         | CNR3025/150        | Santos&Quelhas | 1  |
|            | 12   | Armario metalico 800x600x200+Platine           | Heimel         | CNR86/200          | Santos&Quelhas | 1  |
|            | 1    | Variadores de frequência 0,4 kW                | Mitsubishi     | FR-S 520 S         | FFonseca       | 2  |
|            | 2    | Variadores de frequência 0,4 kW                | Mitsubishi     | FR-S 520 S         | FFonseca       | 1  |
|            | 2    | Variadores de frequência 0,75 kW               | Mitsubishi     | FR-S 520 S         | FFonseca       | 2  |
|            |      | Bornes porta fusíveis 5x20                     | Legrand        | 39086              | Santos&Quelhas | 3  |
| QS1        | 1    | Seccionador Geral                              |                |                    | Santos&Quelhas | 1  |
| QF1        | 1    | Interruptor Diferencial 25A 0.300              | Merlin Gerin   | 23040              | Santos&Quelhas | 1  |
| QF2        | 1    | Disjuntor DPN N C10                            | Merlin Gerin   | 19266              | Santos&Quelhas | 1  |
| QF3        | 1    | Disjuntor DPN N C10                            | Merlin Gerin   | 19266              | Santos&Quelhas | 1  |
| QF4        | 2    | Disjuntor DPN N C10                            | Merlin Gerin   | 19266              | Santos&Quelhas | 1  |
| QF5        | 2    | Disjuntor DPNa C16                             | Merlin Gerin   | 19146              | Santos&Quelhas | 1  |
| QF6        | 2    | Disjuntor DPNa C16                             | Merlin Gerin   | 19146              | Santos&Quelhas | 1  |
| QF7        | 3    | Disjuntor DPN N C3                             | Merlin Gerin   | 19262              | Santos&Quelhas | 1  |
| QF8        | 3    | Disjuntor DPN N C2                             | Merlin Gerin   | 19261              | Santos&Quelhas | 1  |
| QF9        | 3    | Disjuntor C32H-DC C3A                          | Merlin Gerin   | 20533              | Santos&Quelhas | 1  |
| QF10       | 3    | Disjuntor C32H-DC C3A                          | Merlin Gerin   | 20533              | Santos&Quelhas | 1  |
| QF11       | 3    | Disjuntor C32H-DC C3A                          | Merlin Gerin   | 20533              | Santos&Quelhas | 1  |
| T01        | 3    | Tomada   | Legrand        | 4285               | Santos&Quelhas | 1  |
|            | 3    | Fonte de Alimentação 24V DC 2,5A               | MEAN WELL      | 5-60-24            | FFonseca       | 1  |
| QF12       | 4    | Disjuntor DPN N C2                             | Merlin Gerin   | 19261              | Santos&Quelhas | 1  |
|            | 4    | PLC Mitsubishi                                 | Mitsubishi     | FX2N-48MR-ES       | FFonseca       | 1  |
| HL0        | 5    | Sinalizador branco(Sob tensão)                 | Telemechanique | ZB4BV01            | Santos&Quelhas | 1  |
| HL1        | 5    | Sinalizador branco(Sob Tensão)                 | Telemechanique | ZB4BV01            | Santos&Quelhas | 1  |
| HL2        | 5    | Sinalizador verde                              | Telemechanique |                    | Santos&Quelhas | 1  |
| BPE        | 5    | Botão de Emergencia                            | Telemechanique | XALW 1741          | Santos&Quelhas | 1  |
| BMES       | 5    | Botão verde NA / colocação em serviço          | Telemechanique |                    | Santos&Quelhas | 1  |
| BPS        | 5    | Botão vermelho NF/ colocação fora de serviço   | Telemechanique | ZB43Z102+ZB4B554   | Santos&Quelhas | 1  |
| MES        | 5    | Contactador/ colocação em serviço              | Telemechanique | CA3KN31BD3         | Santos&Quelhas | 1  |
| BP2        | 6    | Botão verde NA / alimentação de varetas        | Telemechanique | ZB4BZ101+ZB4BA3    | Santos&Quelhas | 1  |
| BQ10       | 7    | Sensor da alimentação de varetas               | Festo          |                    |                | 1  |
| BQ11       | 7    | Sensor de avanço do cilindro de alimentação    | Festo          |                    |                | 1  |
| BQ12       | 7    | Sensor de recuo do cilindro de alimentação     | Festo          |                    |                | 1  |
| BFA        | 8    | Relé / Bom Funcionamento do automato           | Finder         | 55,32,9,024,0040   | Santos&Quelhas | 1  |
| HL3        | 8    | Sinalizador vermelho(defeito)                  | Telemechanique |                    | Santos&Quelhas | 1  |
| FV1        | 8    | Fusível para electrovalvula                    |                |                    | Santos&Quelhas | 1  |
| Fv2        | 8    | Fusível para electrovalvula                    |                |                    | Santos&Quelhas | 1  |
| Fv3        | 8    | Fusível para electrovalvula                    |                |                    | Santos&Quelhas | 1  |
| YV5        | 8    | Electrovalvula                                 | Festo          |                    |                | 1  |
| YV6        | 8    | Electrovalvula                                 | Festo          |                    |                | 1  |
| YV7        | 8    | Electrovalvula                                 | Festo          |                    |                | 1  |
| KA11       | 8    | Contactador/Ligar saída dos variadores         | Telemechanique | LP1K0910BD+LA1KN40 | Santos&Quelhas | 1  |
|            | 9    | Carta de conversão digital/analogico(4 canais) | Mitsubishi     | FX2N-4DA           | FFonseca       | 1  |
|            | 9    | Carta de conversão digital/analogico(2 canais) | Mitsubishi     | FX2N-2DA           | FFonseca       | 1  |
|            | 10   | Consola de comando                             | Mitsubishi     | MAC E200           | FFonseca       | 1  |
|            | 11   | Bornes porta fusíveis 5x20                     | Legrand        | 39086              | Santos&Quelhas | 3  |
|            | 11   | Bornes 4mm cinza                               | Legrand        | 39064              | Santos&Quelhas |    |
|            | 11   | Bornes 4mm azul                                | Legrand        | 39301              | Santos&Quelhas |    |
|            | 11   | Bornes de terra 4mm                            | Legrand        | 39371              | Santos&Quelhas |    |





## **ANEXO E**

### **Notas sobre projecto e construção de um quadro eléctrico.**



O projecto e construção de um quadro eléctrico passa primeiro que tudo pela consideração das necessidades e funções da máquina que se pretende electrificar. Assim, logo que esteja definido o tipo de controlo a efectuar na máquina, os tipos de actuadores presentes, os tipos de sensorização, os dispositivos de segurança necessários, etc., começa-se por executar o esquema eléctrico.

A execução do esquema eléctrico obedece a certas regras e normas sofrendo de maior ou menor flexibilidade conforme o cliente e o tipo de função da máquina.

Seguidamente apresentam-se algumas regras colhidas essencialmente por observação de quadros já efectuados e por conselho de profissionais da área.

Assim temos que:

- O esquema deve ser dividido por folhas por forma a ser mais simples de o compreender. Assim cada folha deve ser reservada a uma parte específica do esquema não devendo ter demasiados componentes por folha.
- Os elementos do quadro devem ser representados por simbologia própria existente, devendo estes ser desenhados em tamanho apropriado.
- Todos os componentes devem ser identificados e referenciados utilizando simbologia apropriada.
- As referencias colocam-se a direita dos objectos.
- Devem colocar-se pequenas legendas por forma a facilitar a compreensão do esquema.
- Todas as linhas devem ser identificadas mudando a referencia sempre que a linha atravessa um novo componente.
- Quando uma linha se destina a uma outra folha do esquema, deve ser identificado na terminação da linha a pagina e a coluna onde essa linha começa de novo, entre parênteses . O mesmo acontece quando uma linha provem de outra folha.
- O esquema eléctrico deve contemplar um layout da implementação física do quadro eléctrico.

Seguidamente apresenta-se alguns exemplos de símbolos utilizados frequentemente, bem como das referencias de símbolos e linhas e da numeração destas.



| <b>Símbolo</b> | <b>Referencia</b> | <b>Descrição</b>  | <b>Símbolo</b> | <b>Referencia</b> | <b>Descrição</b>                                |
|----------------|-------------------|---|----------------|-------------------|---|
|                | <b>QS1</b>        | <b>Seccionador Geral</b>  |                | <b>KA11</b>       | <b>Contacto normalmente aberto de contactor</b> |
|                | <b>QF1</b>        | <b>Interruptor diferencial</b>  |                | <b>KA11</b>       | <b>Contactor</b>                                |
|                | <b>QF2</b>        | <b>Disjuntor com corte de fase e neutro</b>   |                | <b>BQ1</b>        | <b>Sensor capacitivo</b>                        |
|                | <b>QF3</b>        | <b>Disjuntor</b>  |                | <b>YV1</b>        | <b>Electrovalvula</b>                           |
|                | <b>BP1</b>        | <b>Botão de pressão com contacto normalmente aberto</b>                                     |                | <b>FV1</b>        | <b>Fusível</b>                                  |
|                | <b>BP2 / BFS</b>  | <b>Botão de pressão com contacto normalmente fechado. Colocação fora de serviço</b>         |                |                   | <b>Ligação a terra</b>                          |
|                | <b>BPE</b>        | <b>Botão de emergência</b>  |                | <b>M1</b>         | <b>Motor trifásico de corrente alterna.</b>     |
|                | <b>BP3 / BMES</b> | <b>Botão de pressão com contacto normalmente aberto e sinalizador. Colocação em serviço</b> |                |                   | <b>Borne</b>                                    |
|                | <b>HL1</b>        | <b>Sinalizador</b>  |                |                   |   |

Tabela E.1 -Alguns símbolos e referencias para quadros eléctricos.

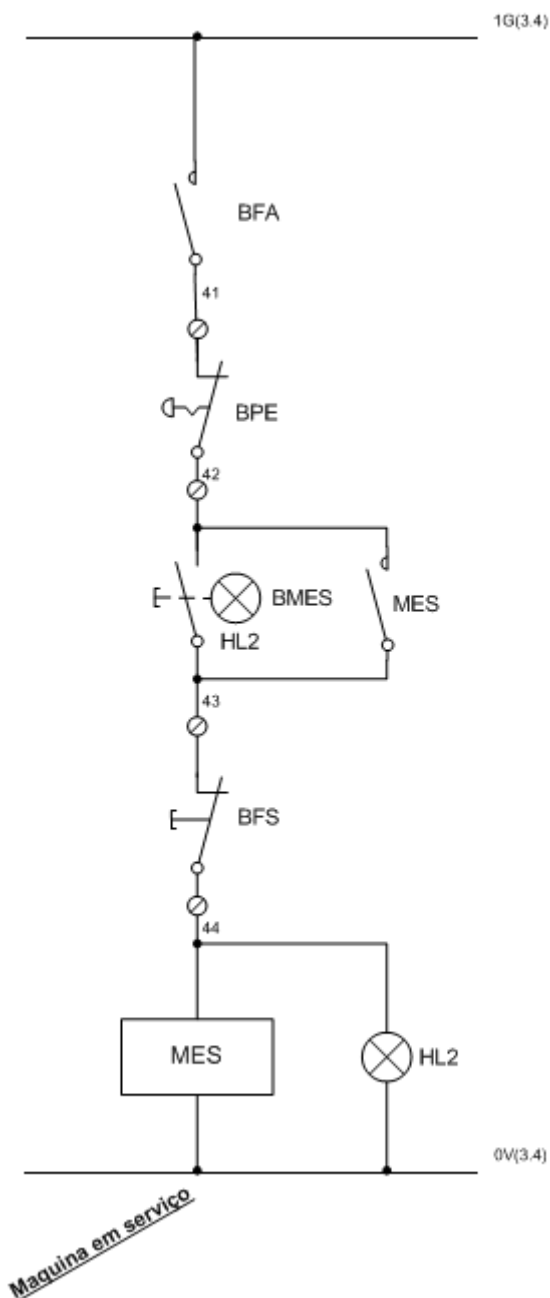


Figura E.1 - Sequência típica para ligar e desligar uma máquina.

Na Figura anterior pode ver-se alguns exemplos dos conselhos dados anteriormente. Note-se a presença dos bornes que indica que os componentes limitados por estes se encontram fora do quadro eléctrico, neste caso num quadro de comando independente do principal. O contacto BFA indica bom funcionamento do autómato e é um sinal proveniente deste, 1G é uma linha de 24V DC para alimentação das entradas do PLC.

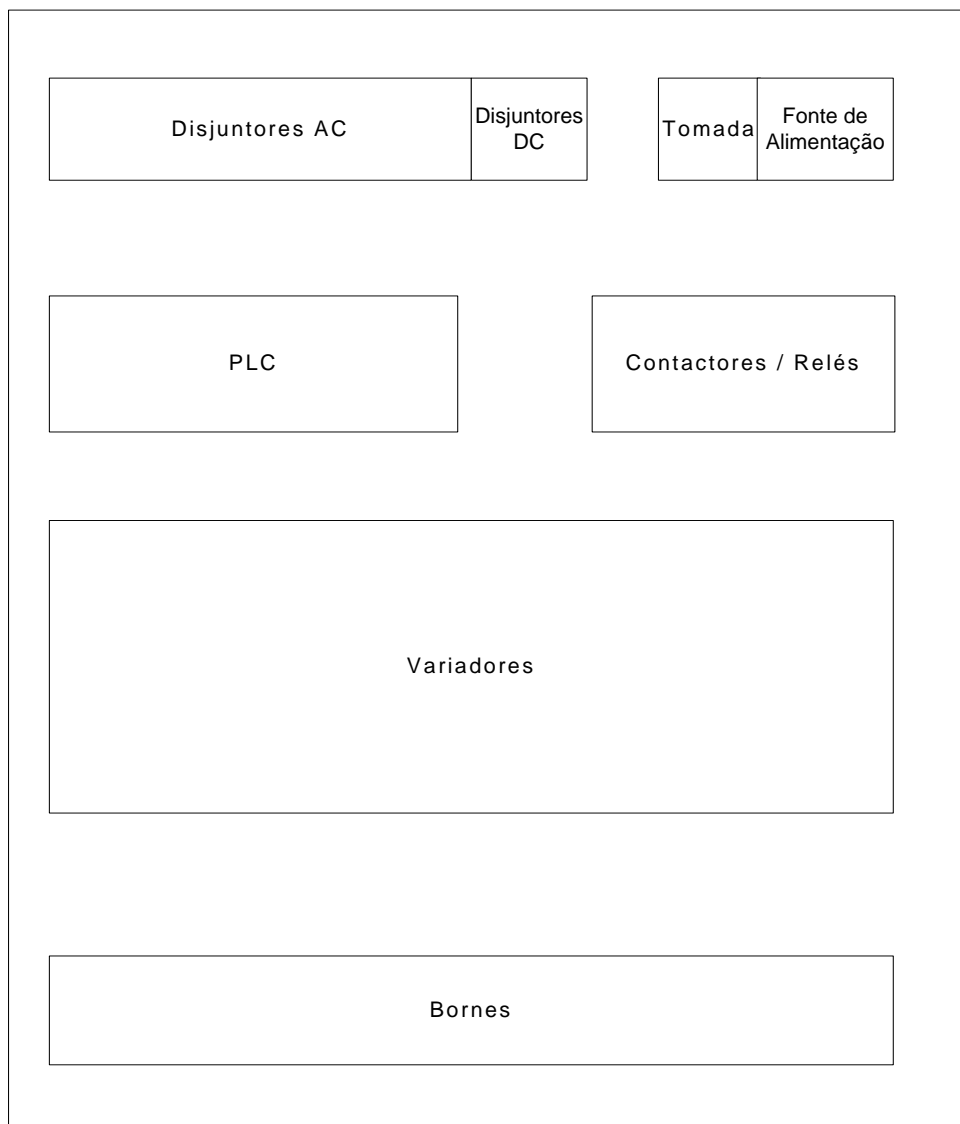


Figura E.2 - Exemplo de *layout* de implantação de quadro eléctrico.

Uma vez concluído o esquema do quadro eléctrico inicia-se fase de selecção e compra dos componentes necessários á sua execução. Nesta fase é de vital importância ter em conta os custos dos componentes, a apropriação dos componentes para a função desejada, a correcta referenciação dos componentes nas guias de requisição.

A selecção de componentes deve ser toda ela cuidada, chamando-se especial atenção para a selecção do armário metálico que deve ser feita tendo em conta a disposição final pretendida para os componentes, as suas dimensões reais avaliadas com muito cuidado e o facto de um armário dever ter cerca de 25% a 50% de espaço livre para prevenir erros nas dimensões dos componentes, erros na concepção do esquema eléctrico que levem a um aumento deste ou expansões futuras. Chama-se ainda a atenção para o facto da área disponível na platine dos armários metálicos ser inferior á do armário resultando assim uma área disponível ligeiramente inferior á esperada. Não se deve esquecer também a necessidade da existência de calhas para a colocação dos fios, estas existem em vários tamanhos e podem ocupar bastantes espaço no quadro eléctrico.



Uma vez seleccionados e adquiridos todos os componentes pode iniciar-se a montagem do quadro eléctrico seguindo-se os seguintes passos:

1. Simulação do *layout* pretendido aplicando todos os componentes para verificação da sua validade.
2. Preparação da platine colocando as calhas ranhuradas e as calhas omega para fixação dos componentes (atenção, uma boa esquadria e medições cuidadas resultam num aspecto final mais agradável).
3. Fixação dos componentes na platine e identificação destes conforme o esquema eléctrico.
4. Ligação das linhas eléctricas. As linhas de comando e os neutros devem ser de fio azul, as fases de potência tem a cor preta. Todos os fios devem estar identificados em ambas as extremidades conforme o esquema eléctrico. Num único terminal devem ligar-se no máximo dois fios. As linhas que entram nos componentes ligam-se sempre por cima e as que saem por baixo.
5. Verificar se todos os bornes estão bem apertados e com o multimetro verificar se as ligações estão todas correctas.
6. Furação do armário eléctrico e colocação dos botões, buçins, seccionador e sinalizadores.
7. Colocação da platine no armário.
8. Conclusão das ligações.
9. Interligação do quadro com o equipamento a que se destina.

Este documento foi escrito devido as dificuldades e duvidas sentidas durante este projecto e deve ser entendido apenas como um guia de ajuda. Baseia-se essencialmente nas conclusões tiradas durante o projecto e aos conselhos dados por profissionais. Um outro conselho passa pela observação e estudo de esquemas e quadros eléctricos já implementados.



## **ANEXO F**

### **Pequeno manual dos variadores de velocidade Mitsubishi FR-520S**



A Mitsubishi tem disponíveis variadores de velocidade na série FR520S para varias potências de motor das quais temos:

- 0.1kW
- 0.2kW
- 0.4kW
- 0.75kW
- 1.5kW

Na versão que se vai tratar o variador é alimentado por uma tensão monofásica de 220V e gera um sinal trifásico de 200V por fase para alimentar um motor AC trifásico de potência não superior a capacidade do variador.

O princípio de funcionamento dos variadores de velocidade baseia-se na variação de frequência da tensão transmitida ao motor.

Nos variadores em questão esta variação de frequência pode ser controlada basicamente de três formas específicas:

1. Fornecendo ao variador um sinal de 0 a 10V DC de uma fonte exterior.
2. Ligando um potenciômetro a terminais específicos para o efeito no variador.
3. Programação directa no variador.

Um bom funcionamento do variador depende de uma boa instalação e configuração dos seus parâmetros. Seguidamente tenta-se exemplificar essa configuração para os três modos de funcionamento referidos atrás.

Atente-se na Figura seguinte:

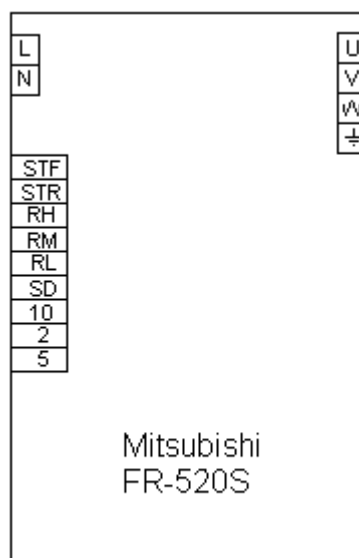


Figura F.1 - Esquema das ligações mais importantes do variador.

Alem das ligações da Figura existe ainda um jumper no variador com as posições *sink* a *source*, neste documento consideramos que o jumper está em *source*.

O inverter é alimentado nos terminais *L*, *N* e o motor é ligado aos terminais *U*, *V*, *W*.

Os terminais *STF* e *STR* permitem seleccionar o sentido de rotação do motor para tal liga-se o terminal pretendido ao terminal *SD*. Por meio de um relé ligado a *SD* e que comute entre *STF* e *STR* podemos mediante um sinal exterior mudar o sentido de





rotação do motor durante o funcionamento. Se não existir ligação a nenhum dos terminais *STF* ou *STR* ou se existir sinal em ambos o motor pára.

Se se pretender usar o variador na configuração referida em 3 pode ligar-se um dos sinais *STF* ou *STR* a um dos terminais *RH, RM, RL* obtendo-se alta rotação, rotação média e baixa rotação respectivamente.

Nos terminais 2,5 e 10 liga-se um potenciómetro de 1/2W1k $\Omega$  para a configuração referida em 2. Deste modo por ajuste do potenciómetro pode regular-se a velocidade pretendida.

Para o caso da configuração referida em 1 liga-se a fonte de tensão (0 a 10V DC) externa, por exemplo carta analógica de PLC, aos terminais 5 (-) e 2 (+).

Uma vez efectuadas as ligações do hardware é necessário configurar os parâmetros do variador. Seguidamente explica-se os parâmetros mais importantes a ter em conta.

| Parâmetro  | Descrição   | Valores possíveis                                 |
|--|---|---|
| 0 (Torque boost)                                   | Aumenta a corrente enviada aos motores permitindo-lhes um maior binário a baixas velocidades.   | 0 a 15%   |
| 1 (Maximum frequency)                              | Frequência máxima que o variador pode gerar para os motores.  | 0 a 120Hz   |
| 2 (Minimum frequency)                              | Frequência mínima que o variador pode gerar para os motores.  | 0 a 120Hz   |
| 4 (Multi-speed setting; high speed)                | Valor de frequência associado ao terminal RH  | 0 a 120 Hz  |
| 5 (Multi-speed setting; middle speed)              | Valor de frequência associado ao terminal RM  | 0 a 120 Hz  |
| 6 (Multi-speed setting; low speed)                 | Valor de frequência associado ao terminal RL  | 0 a 120 Hz  |
| 7 (Acceleration time)                              | Tempo de aceleração do motor.   | 0 a 999 s   |
| 8 (Deceleration time)                              | Tempo de desaceleração do motor.  | 0 a 999 s   |
| 30 (Extended function display selection)           | Permite que só estejam disponíveis no display alguns parâmetros básicos (0 a 9,30 e 79) ou todos os parâmetros.                                 | 0 (parâmetros básicos)<br>1 (todos os parâmetros) |
| 79 (Operation mode selection)                      | Seleção do modo de funcionamento.(operação externa, operação local, operação mista)   | 0,1,2,3,4,7,8.<br>(Explicam-se na tabela 2)       |
| 20 (Acceleration/deceleration reference frequency) | Limite de frequência considerado para efeitos de rampa de aceleração e de desaceleração. Define estas rampas conjugado com os parâmetros 7 e 8. | 0 a 120Hz   |
| 29 (Acceleration/deceleration pattern)             | Tipo de rampa de aceleração/ desaceleração.   | 0 (linear)<br>1 (em S tipo A)<br>2 (em S tipo B)  |
| 38 (Frequency setting voltage gain frequency)      | Frequência máxima de saída correspondente ao máximo valor do sinal de controlo do variador(10 V)  | 1 a 120Hz   |
| 73 (0-5V/0-10V selection)                          | Tipo de sinal de comando do variador.   | 0 (0-5V)<br>1 (0-10V)                             |

Tabela F.1 - Alguns parâmetros mais utilizados.



| Valor | Descrição   |
|-------|---|
| 0     | Tipo de operação (local/externa) seleccionada no botão <b>PU/EXT</b> do variador. |
| 1     | Apenas operação local no variador.  |
| 2     | Apenas operação externa.  |
| 3     | Sinal de arranque externo, frequência ajustada localmente ou por sinal externo.   |
| 4     | Sinal de arranque no variador (botão <b>Run</b> ), frequência por sinal externo.  |

*Tabela F.2 - Valores mais importantes na configuração do parâmetro.*

O objectivo deste documento é apenas uma primeira abordagem aos variadores de velocidade Mitsubishi. A correcta utilização deste equipamento deve ser sempre antecedida pela consulta dos manuais que o acompanham.



## **ANEXO G**

### **Cartas analógicas da serie Fx2n**



## ANEXO G1

### Carta analógica FX2n-4DA

Descrição das memórias:

#0 – Seleção do tipo de saída entre tensão/corrente. Toma a forma de um número hexadecimal de 4 dígitos. Onde cada um corresponde a um dos canais analógicos.

H(ch4)(ch3)(ch2)(ch1). Os valores podem ser:

0 – Saída a -10V/+10V

1 – Saída a +4 mA/20mA

2 – Saída a 0mA/20mA

Exemplo 16#2110

Canal 1 : Saída em tensão (-10V/10V)

Canal 2 e Canal 3 : Saída em corrente (+4mA/20mA)

Canal 4 : Saída em corrente (0mA/20mA)

#1 –

#2 –

#3 –

#4.- Valores de saída (-2000 “-10V” a 2000 “+10V”) dos 4 canais analógicos do 1 ao 4 respectivamente.

#5 – Permite guardar os valores de saídas dos canais analógicos quando o PLC é desligado. H(ch4)(ch3)(ch2)(ch1). Pode tomar os valores:

0 - guardar o valor actual.

1 - Fazer reset dos valores.

#20 – Inicializar com os valores de fábrica.

#21 – Proíbe o ajuste dos parâmetros. Valores: 1-Permite 0-Proíbe

#29 – Erros na carta. Cada bit tem um significado.

b0-erro em qualquer um dos bits 1 a 4

b1-erro no valor de ganho ou offset

b2-falha de energia 24V DC

b3-erro de hardware

b10-valor de saída fora dos limites suportados

b12-configuração proíbe ajustes

Os valores de #0, #5 e #21 são guardados na eeprom e ficam definidos mesmo que o PLC seja desligado.

Para exemplos de programação aconselhamos a consulta do manual que vem com a carta.



## ANEXO G2

### Carta analógica FX2n-2DA

O bloco FX2N-2DA é usado para efectuar conversões de valores digitais de 12 bits numa saída analógica de dois tipos: em tensão e em corrente. O bloco FX2N-2DA pode ser conectado com os PLC's das séries FX0N, FX2N e FX2NC. O tipo de saída obtido (tensão ou corrente) é determinado pelo tipo de ligação eléctrica efectuada, sendo as características da conversão ajustadas por hardware (parafuso).

O valor digital a converter encontra-se na memória D100 e pode tomar valores entre 0 e 4000 (12 bits=4096). A resolução da carta é 2.5mV (0-10V) caso a saída seja em tensão e 0,004mA em corrente(4-20mA). A transferência de valores entre o bloco especial e o PLC é efectuada a través das funções FROM e TO.

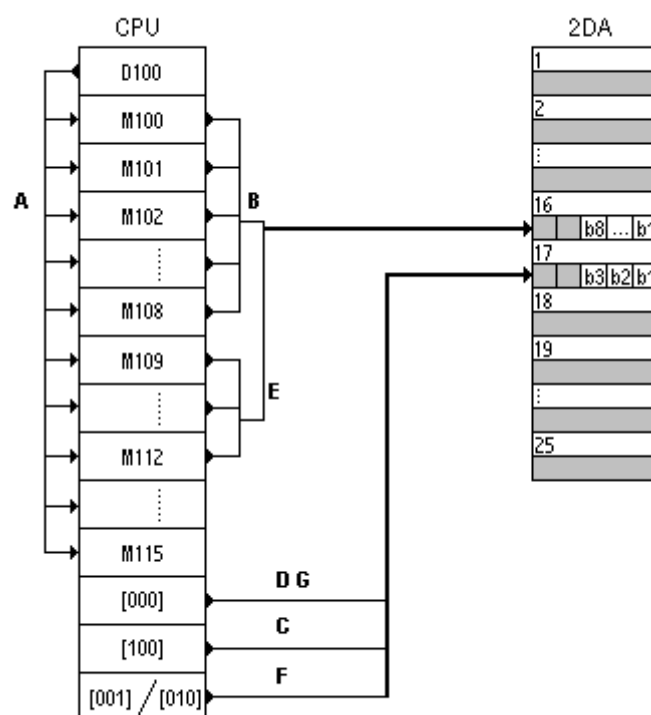


Figura G2.1- Diagrama das memórias da carta FX2n 2DA.

Sequência de conversão de um valor digital em analógico através da carta 2DA.

A- Atribuição do valor pretendido (16bits) a 16 marcas internas booleanas.

B- Escrita dos 8 bits menos significativos na memória 16 do buffer da carta 2DA

C,D - Gravação (HoldOn) dos 8 valores presentes na memória 16

E- Escrita dos 4 bits mais significativos na memória 16 do buffer da carta 2DA

F,G - Conversão do valor pretendido (composto por 2 partes, uma retida internamente e outra presente na memória 16 do buffer), para o canal 1 [010] ou para o canal 2 [001]



## **ANEXO H**

### **Guia de dimensionamento de correias.**



## Introdução

As correias são muitas vezes utilizadas como órgãos transmissores de potência o que frequentemente simplifica a concepção de máquinas e reduz o custo das soluções. Outra vantagem adicional é o facto de serem elementos elásticos que como tal absorvem bastante os choques e as vibrações resultando numa melhor vida para as máquinas. No entanto não tem uma vida infinita e como tal necessitam de inspecções regulares e substituições periódicas.

Os principais tipos de correias são as planas, as redondas, as dentadas e as em V. Incidindo este estudo essencialmente sobre as do tipo plano e em V.

As correias planas não tem um limite definido para a distancia entre eixos das polias. Já as correias em V apresentam problemas de vibração excessiva para distancias muito elevadas. Normalmente para estas correias a distancia entre eixos deve situar-se entre o diâmetro da polia maior e três vezes a soma dos diâmetros das duas polias.



## ANEXO H1

### Correias planas e redondas

Este tipo de correias produz muito pouco barulho e absorve mais vibração do que as do tipo V, tendo uma eficiência muitas vezes próxima dos 98% o que se aproxima bastante das rodas dentadas.

Nos sistemas mais simples os ângulos de contacto entre a correias e as polias são:

$$\theta_d = \pi - 2 \sin^{-1} \frac{D-d}{2C}$$

$$\theta_D = \pi + 2 \sin^{-1} \frac{D-d}{2C}$$

Onde :

D = diâmetro da polia maior

d = diâmetro da polia mais pequena

C = distancia entre eixos

$\theta$  = angulo de contacto

O comprimento da correia e dado por:

$$L = \left[ 4C^2 - (D+d)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{\theta}{2}(D+d)$$

Segundo a análise de Firbank e assumindo que as forças de fricção são uniformes ao longo de todo o arco de contacto e que as forças centrífugas são desprezáveis temos que:

A relação entre a tensão F1 do lado em carga da correia e a tensão F2 no lado em “vazio” é dada por:

$$\frac{F1}{F2} = e^{f\theta}$$

Sendo f o coeficiente de fricção.

A potência transmitida e dada pela equação seguinte onde a potência P vem em watts, a tensão F vem em newtons e a velocidade da correia V vem em metros por segundo.

$$P = (F1 - F2)V$$

Aplicando as tensões em libras e a velocidade em pés por minuto obtém-se a potência em cavalos vapor dividindo a equação anterior por 33000.

$$H = \frac{(F1 - F2)V}{33000}$$

Se considerarmos a força centrífuga esta e dada por:

$$F_c = mv^2$$

Onde m e a massa da correia por unidade de comprimento e v é a velocidade em unidades de comprimento por segundo.

A relação entre as tensões é agora dada por:

$$\frac{F1 - F_c}{F2 - F_c} = e^{f\theta}$$

Não devendo a relação exceder  $e^{f\theta}$  uma vez que é o ponto de potencial escorregamento entre a polia e a correia.





Agora, considerando que quando é instalada a correia fica com uma tensão inicial  $F_i$  temos que:

$$F_1 = F_i + \Delta F$$

$$F_2 = F_i - \Delta F$$

Resolvendo para as condições iniciais obtemos a tensão máxima admissível na correia.

$$F_i = \frac{F_1 + F_2}{2}$$

Quando  $F_1$  aumenta por  $\Delta F$   $F_2$  diminui a mesma quantidade ate se tornar 0 neste ponto  $F_1 = 2F_i$ , tensão máxima na correia. Logo para transmitir mais potência temos que aumentar  $F_i$  estando este valor limitado pelas características do material da correia.

Do atras exposto obtemos a seguinte equação para a potência máxima a transmitir:

$$H = \frac{F_i V}{16500}$$

O dimensionamento destas correias pode ser feito segundo a seguinte equação:

$$H = \frac{C_p C_v F_a V}{16500 K_s}$$

Onde:

$H$  = Potência transmitida em cavalos vapor

$C_p$  = Factor de correcção das polias

$C_v$  = Factor de correcção da velocidade

$F_a$  = Tensão admissível na correia em libras

$V$  = Velocidade da correia em pés por minuto

$K_s$  = Factor de serviço

As dimensões mínimas das polias são dadas pelas tabelas H1.1 e H1.2. Os valores dados na tabela H1.1 para a tensão permissível na correia são baseados numa velocidade da correia de 600 ft/min. Para valores superiores de velocidade deve usar-se a Figura H1.1 para obter os valores de  $C_v$  em correias de couro. Para correias de poliamida e de uretano  $C_v = 1.0$ .

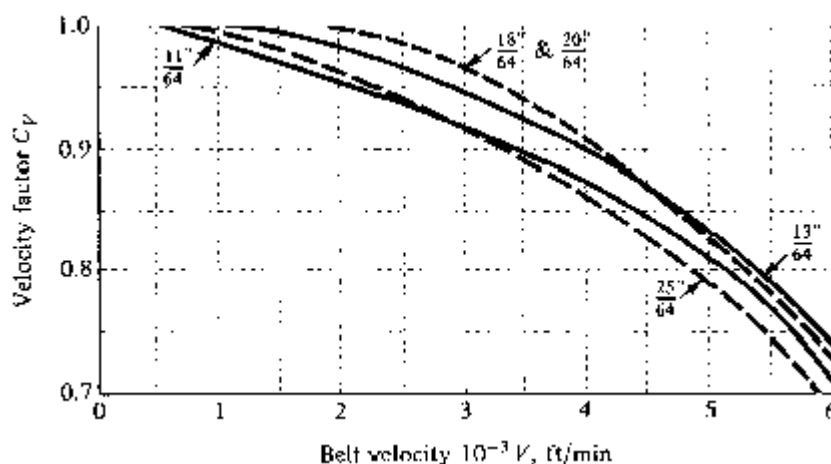


Figura H1.1 – Factor  $C_v$  de correcção de velocidade para correias de couro.



| MATERIAL               | SPECIFICATION    | SIZE,<br>in        | MINIMUM<br>PULLEY<br>DIAMETER,<br>in | ALLOWABLE TENSION<br>PER UNIT WIDTH<br>AT 600 ft/min,<br>lb/in | WEIGHT,<br>lb/in <sup>3</sup> | COEFFICIENT<br>OF FRICTION |
|------------------------|------------------|--------------------|--------------------------------------|--|-------------------------------|----------------------------|
| Leather                | 1 ply            | $t = \frac{1}{16}$ | 3                                    | 30   | 0.035–0.045                   | 0.4                        |
|                        |                  | $t = \frac{1}{8}$  | 3½                                   | 33   | 0.035–0.045                   | 0.4                        |
|                        | 2 ply            | $t = \frac{1}{8}$  | 4½                                   | 41   | 0.035–0.045                   | 0.4                        |
|                        |                  | $t = \frac{3}{16}$ | 6 <sup>a</sup>                       | 50   | 0.035–0.045                   | 0.4                        |
|                        |                  | $t = \frac{1}{4}$  | 9 <sup>a</sup>                       | 60   | 0.035–0.045                   | 0.4                        |
| Polyamide <sup>b</sup> | F-0 <sup>c</sup> | $t = 0.03$         | 0.60                                 | 10   | 0.035                         | 0.5                        |
|                        | F-1 <sup>c</sup> | $t = 0.05$         | 1.0                                  | 35   | 0.035                         | 0.5                        |
|                        | F-2 <sup>c</sup> | $t = 0.07$         | 2.4                                  | 60   | 0.051                         | 0.5                        |
|                        | A-2 <sup>c</sup> | $t = 0.11$         | 2.4                                  | 60   | 0.037                         | 0.8                        |
|                        | A-3 <sup>c</sup> | $t = 0.13$         | 4.3                                  | 100  | 0.042                         | 0.8                        |
|                        | A-4 <sup>c</sup> | $t = 0.20$         | 9.5                                  | 175  | 0.039                         | 0.8                        |
|                        | A-5 <sup>c</sup> | $t = 0.25$         | 13.5                                 | 275  | 0.039                         | 0.8                        |
| Urethane <sup>d</sup>  | $w = 0.50$       | $t = 0.062$        | See                                  | 5.2 <sup>e</sup>   | 0.038–0.045                   | 0.7                        |
|                        | $w = 0.75$       | $t = 0.078$        | Table                                | 9.8 <sup>e</sup>   | 0.038–0.045                   | 0.7                        |
|                        | $w = 1.25$       | $t = 0.090$        | 17-3                                 | 18.9 <sup>e</sup>  | 0.038–0.045                   | 0.7                        |
|                        | Round            | $d = \frac{1}{4}$  | See                                  | 8.3 <sup>e</sup>   | 0.038–0.045                   | 0.7                        |
|                        |                  | $d = \frac{3}{8}$  | Table                                | 18.6 <sup>e</sup>  | 0.038–0.045                   | 0.7                        |
|                        |                  | $d = \frac{1}{2}$  | 17-3                                 | 33.0 <sup>e</sup>  | 0.038–0.045                   | 0.7                        |
|                        |                  | $d = \frac{3}{4}$  |                                      | 74.3 <sup>e</sup>  | 0.038–0.045                   | 0.7                        |

<sup>a</sup>Add 2 in to pulley size for belts 8 in wide or more.

<sup>b</sup>Source: Habasit Engineering Manual, Habasit Belting, Inc., Chamblee (Atlanta), Ga.

<sup>c</sup>Friction cover of acrylonitrile-butadiene rubber on both sides.

<sup>d</sup>Source: Eagle Belting Co., Des Plaines, Ill.

<sup>e</sup>At 6% elongation; 12% is maximum allowable value.

Tabela H1.1 – Propriedades para alguns materiais de correias planas.

| BELT<br>STYLE | BELT<br>SIZE, in | RATIO OF PULLEY SPEED TO BELT LENGTH,<br>rev/(ft · min) |            |             |
|---------------|------------------|---|------------|-------------|
|               |                  | UP TO 250   | 250 TO 499 | 500 TO 1000 |
| Flat          | 0.50 × 0.062     | 0.38  | 0.44       | 0.50        |
|               | 0.75 × 0.078     | 0.50  | 0.63       | 0.75        |
|               | 1.25 × 0.090     | 0.50  | 0.63       | 0.75        |
| Round         | $\frac{1}{4}$    | 1.50  | 1.75       | 2.00        |
|               | $\frac{3}{8}$    | 2.25  | 2.62       | 3.00        |
|               | $\frac{1}{2}$    | 3.00  | 3.50       | 4.00        |
|               | $\frac{3}{4}$    | 5.00  | 6.00       | 7.00        |

Source: Eagle Belting Co., Des Plaines, Ill.

Tabela H1.2 – Tamanhos mínimos para polias de correias planas e redondas.

O factor de correcção das polias leva em conta a influencia da flexão na vida das correias. Pode utilizar-se a tabela seguinte para obter este factor.



| MATERIAL       | SMALL-PULLEY DIAMETER, in |          |           |        |            |           |
|----------------|---------------------------|----------|-----------|--------|------------|-----------|
|                | 1.6 TO 4                  | 4.5 TO 8 | 9 TO 12.5 | 14, 16 | 18 TO 31.5 | OVER 31.5 |
| Leather        | 0.5                       | 0.6      | 0.7       | 0.8    | 0.9        | 1.0       |
| Polyamide, F-0 | 0.95                      | 1.0      | 1.0       | 1.0    | 1.0        | 1.0       |
| F-1            | 0.70                      | 0.92     | 0.95      | 1.0    | 1.0        | 1.0       |
| F-2            | 0.73                      | 0.86     | 0.96      | 1.0    | 1.0        | 1.0       |
| A-2            | 0.73                      | 0.86     | 0.96      | 1.0    | 1.0        | 1.0       |
| A-3            | —                         | 0.70     | 0.87      | 0.94   | 0.96       | 1.0       |
| A-4            | —                         | —        | 0.71      | 0.80   | 0.85       | 0.92      |
| A-5            | —                         | —        | —         | 0.72   | 0.77       | 0.91      |

\*Average values of  $C_p$  for the given ranges were approximated from curves in the *Habasit Engineering Manual*, Habasit Belting, Inc., Chamblee (Atlanta), Ga.

Tabela H1.3 – Factor de correcção  $C_p$  para correias planas.

Para evitar que a correia saia das polias estas devem ter coroa. Se só uma polia utilizar coroa, deve ser a polia maior, em caso de os eixos das polias não estarem horizontais ambas as polias devem ter coroa. O tamanho das coroas pode ser obtido na seguinte tabela:

| ISO<br>PULLEY<br>DIAMETER, in | CROWN<br>HEIGHT,<br>in | ISO<br>PULLEY<br>DIAMETER, in | CROWN HEIGHT, in |             |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------|-------------|
|                               |                        |                               | $w \leq 10$ in   | $w > 10$ in |
| 1.6, 2, 2.5                   | 0.012                  | 12.5, 14                      | 0.03             | 0.03        |
| 2.8, 3.15                     | 0.012                  | 12.5, 14                      | 0.04             | 0.04        |
| 3.55, 4, 4.5                  | 0.012                  | 22.4, 25, 28                  | 0.05             | 0.05        |
| 5, 5.6                        | 0.016                  | 31.5, 35.5                    | 0.05             | 0.06        |
| 6.3, 7.1                      | 0.020                  | 40                            | 0.05             | 0.06        |
| 8, 9                          | 0.024                  | 45, 50, 56                    | 0.06             | 0.08        |
| 10, 11.2                      | 0.030                  | 63, 71, 80                    | 0.07             | 0.10        |

\*Crown should be rounded, not angled; maximum roughness is  $R_a = AA\ 63\ \mu\text{in}$ .

Tabela H1.4 – Tamanho da coroa para polias de correias planas com diâmetros ISO

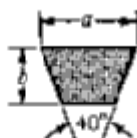


## ANEXO H2

### Correias em V

As dimensões da secção das correias em V estão normalizadas pelos fabricantes e referenciam-se por uma letra do alfabeto, sendo esta seguida de um numero que se refere ao diâmetro interior da correia. Os valores das opções possíveis bem como do tamanho das polias estão tabeladas seguidamente.

Tabela H2.1 – Secções standard para correias em V.



| BELT SECTION | WIDTH <i>a</i> ,<br>in | THICKNESS <i>b</i> ,<br>in | MINIMUM SHEAVE<br>DIAMETER, in | hp RANGE,<br>ONE OR MORE BELTS |
|--------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| A            | $\frac{1}{2}$          | $\frac{11}{32}$            | 3.0                            | $\frac{1}{2}$ –10              |
| B            | $\frac{3}{4}$          | $\frac{7}{16}$             | 5.4                            | 1–25                           |
| C            | $\frac{7}{8}$          | $\frac{17}{32}$            | 9.0                            | 15–100                         |
| D            | $1\frac{1}{2}$         | $\frac{1}{2}$              | 13.0                           | 50–250                         |
| E            | $1\frac{1}{2}$         | 1                          | 21.6                           | 100 and up                     |

Tabela H2.2 – Diâmetro interior para correias em V standard.

| SECTION | CIRCUMFERENCE, in   |
|---------|---|
| A       | 26, 31, 33, 35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 66, 68, 71, 75, 78, 80, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128  |
| B       | 35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 65, 66, 68, 71, 75, 78, 79, 81, 83, 85, 90, 93, 97, 100, 103, 105, 112, 120, 128, 131, 136, 144, 158, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300 |
| C       | 51, 60, 68, 75, 81, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128, 136, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420   |
| D       | 120, 128, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660  |
| E       | 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660  |

O dimensionamento deste tipo de correias baseia-se normalmente no tamanho do passo. Este valor obtém-se adicionando uma quantidade tabelada ao valor do diâmetro interior da correia.

| Belt section         | A   | B   | C   | D   | E   |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Quantity to be added | 1.3 | 1.8 | 2.9 | 3.3 | 4.5 |

Tabela H2.3 – Factores de conversão de comprimento.



As correias em V tem um funcionamento óptimo a uma velocidade de cerca de 20.4m/s, sendo um o intervalo entre 5.1 m/s e 25.5 m/s aceitável.

O passo ou comprimento efectivo das correias é dado por:

$$L_p = 2C + 1.57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$$

Onde:

C = Distancia entre eixos

D = Diâmetro do passo da polia maior

d = Diâmetro do passo da polia menor

L<sub>p</sub> = comprimento efectivo da correia

Baseado num angulo de contacto de 180°, na velocidade da correia e no diâmetro das polias encontra-se tabelado seguidamente a potência admissível para as correias.

| BELT SECTION | SHEAVE PITCH DIAMETER, in | BELT SPEED, ft/min |      |      |      |      |
|--------------|---------------------------|--------------------|------|------|------|------|
|              |                           | 1000               | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 |
| A            | 2.6                       | 0.47               | 0.62 | 0.53 | 0.15 |      |
|              | 3.0                       | 0.66               | 1.01 | 1.12 | 0.93 | 0.38 |
|              | 3.4                       | 0.81               | 1.31 | 1.57 | 1.53 | 1.12 |
|              | 3.8                       | 0.93               | 1.55 | 1.92 | 2.00 | 1.71 |
|              | 4.2                       | 1.03               | 1.74 | 2.20 | 2.38 | 2.19 |
|              | 4.6                       | 1.11               | 1.89 | 2.44 | 2.69 | 2.58 |
|              | 5.0 and up                | 1.17               | 2.03 | 2.64 | 2.96 | 2.89 |
| B            | 4.2                       | 1.07               | 1.58 | 1.68 | 1.26 | 0.22 |
|              | 4.6                       | 1.27               | 1.99 | 2.29 | 2.08 | 1.24 |
|              | 5.0                       | 1.44               | 2.33 | 2.80 | 2.76 | 2.10 |
|              | 5.4                       | 1.59               | 2.62 | 3.24 | 3.34 | 2.82 |
|              | 5.8                       | 1.72               | 2.87 | 3.61 | 3.85 | 3.45 |
|              | 6.2                       | 1.82               | 3.09 | 3.94 | 4.28 | 4.00 |
|              | 6.6                       | 1.92               | 3.29 | 4.23 | 4.67 | 4.48 |
| C            | 7.0 and up                | 2.01               | 3.46 | 4.49 | 5.01 | 4.90 |
|              | 6.0                       | 1.84               | 2.66 | 2.72 | 1.87 |      |
|              | 7.0                       | 2.48               | 3.94 | 4.64 | 4.44 | 3.12 |
|              | 8.0                       | 2.96               | 4.90 | 6.09 | 6.36 | 5.52 |
|              | 9.0                       | 3.34               | 5.65 | 7.21 | 7.86 | 7.39 |
|              | 10.0                      | 3.64               | 6.25 | 8.11 | 9.06 | 8.89 |
|              | 11.0                      | 3.88               | 6.74 | 8.84 | 10.0 | 10.1 |
| D            | 12.0 and up               | 4.09               | 7.15 | 9.46 | 10.9 | 11.1 |
|              | 10.0                      | 4.14               | 6.13 | 6.55 | 5.09 | 1.35 |
|              | 11.0                      | 5.00               | 7.83 | 9.11 | 8.50 | 5.62 |
|              | 12.0                      | 5.71               | 9.26 | 11.2 | 11.4 | 9.18 |
|              | 13.0                      | 6.31               | 10.5 | 13.0 | 13.8 | 12.2 |
|              | 14.0                      | 6.82               | 11.5 | 14.6 | 15.8 | 14.8 |
|              | 15.0                      | 7.27               | 12.4 | 15.9 | 17.6 | 17.0 |
| E            | 16.0                      | 7.66               | 13.2 | 17.1 | 19.2 | 19.0 |
|              | 17.0 and up               | 8.01               | 13.9 | 18.1 | 20.6 | 20.7 |
|              | 16.0                      | 8.68               | 14.0 | 17.5 | 18.1 | 15.3 |
|              | 18.0                      | 9.92               | 16.7 | 21.2 | 23.0 | 21.5 |
|              | 20.0                      | 10.9               | 18.7 | 24.2 | 26.9 | 26.4 |
|              | 22.0                      | 11.7               | 20.3 | 26.6 | 30.2 | 30.5 |
|              | 24.0                      | 12.4               | 21.6 | 28.6 | 32.9 | 33.8 |
|              | 26.0                      | 13.0               | 22.8 | 30.3 | 35.1 | 36.7 |
|              | 28.0 and up               | 13.4               | 23.7 | 31.8 | 37.1 | 39.1 |

Tabela H2.4 – Potência em cavalos vapor para correias em V standard

Para ângulos de contacto inferiores a 180° deve utilizar-se um factor de correcção K<sub>1</sub> que se retira da Figura seguinte:

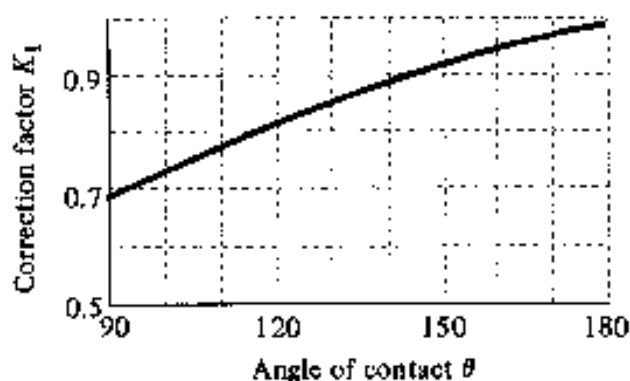


Figura H2.1 – Factor de correcção  $K_1$  para o angulo de contacto. Multiplica-se a potência por correia (cavalos vapor) por este factor para obter o factor de potência corrigido.

Um segundo factor de correcção  $K_2$  deve ser levado em conta devido ao comprimento das correias pois para o mesmo numero de horas de trabalho uma correia mais curta é mais solicitada do que uma maior. Este factor obtém-se da tabela H2.5.

Por ultimo, também os órgãos de máquinas a interagir com as correias devem ser levados em conta através do factor de serviço  $K_s$ , tabelado em H2.6.

Tabela H2.5 – Factor de correcção  $k_2$  para o comprimento da correia.

| LENGTH FACTOR | NOMINAL BELT LENGTH, in |            |            |            |           |
|---------------|-------------------------|------------|------------|------------|-----------|
|               | A BELTS                 | B BELTS    | C BELTS    | D BELTS    | E BELTS   |
| 0.85          | Up to 35                | Up to 46   | Up to 75   | Up to 128  |           |
| 0.90          | 38–46                   | 48–60      | 81–96      | 144–162    | Up to 195 |
| 0.95          | 48–55                   | 62–75      | 105–120    | 173–210    | 210–240   |
| 1.00          | 60–75                   | 78–97      | 128–158    | 240        | 270–300   |
| 1.05          | 78–90                   | 105–120    | 162–195    | 270–330    | 330–390   |
| 1.10          | 96–112                  | 128–144    | 210–240    | 360–420    | 420–480   |
| 1.15          | 120 and up              | 158–180    | 270–300    | 480        | 540–600   |
| 1.20          |                         | 195 and up | 330 and up | 540 and up | 660       |

\*Multiply the rated horsepower per belt by this factor to obtain the corrected horsepower.

Tabela H2.6 – Factor de serviço  $K_s$  sugerido para correias em V.

| DRIVEN MACHINERY | SOURCE OF POWER              |                           |
|------------------|------------------------------|---------------------------|
|                  | NORMAL TORQUE CHARACTERISTIC | HIGH OR NONUNIFORM TORQUE |
| Uniform          | 1.0 to 1.2                   | 1.1 to 1.3                |
| Light shock      | 1.1 to 1.3                   | 1.2 to 1.4                |
| Medium shock     | 1.2 to 1.4                   | 1.4 to 1.6                |
| Heavy shock      | 1.3 to 1.5                   | 1.5 to 1.8                |



## Bibliografia

**MECHANICAL ENGINEERING DESIGN**-Joseph Edward Shigley; Charles R. Mischke. McGRAW-HILL, Singapore 1989.

## Tabela de conversões

| <b>Y=</b>           | <b>A*</b> | <b>X</b>  |
|---------------------|-----------|---|
| Metros/segundo(m/s) | 0.305     | Pés/segundo(ft/s)                                 |
| Kilowatt(kw)        | 0.746     | Cavalo-vapor(hp)                                  |
| Metro               | 0.0254    | Polegada(inch,in)                                 |
| Metro               | 0.305     | Pé(foot,ft)                                       |
| Metro/segundo       | 0.0051    | Pé/minuto(ft/min)                                 |
| Newton/metro(N/m)   | 175       | Libra/polegada(lb/in)                             |
| Kilopascal(kpa)     | 6.89      | Libra/polegada <sup>2</sup> (lb/in <sup>2</sup> ) |
| Newton.metro(N.m)   | 0.113     | Libra.polegada(lb.in)                             |



## **ANEXO I**

### **Dimensionamento de correias efectuado.**





## ANEXO I1

### Correia da bateria de chanfro.

As correias em V, correntes são designadas por uma letra, que representa tipo de secção em causa, por um número que representa o perímetro interior da correia em polegadas

#### MECHANICAL ENGINEERING DESIGN- Shigley

Os valores base do projecto da correia os seguintes:  
Diam. maior 120 mm => 4.72 in (polia accionadora)  
Diam. menor 70 mm=> 2.75 in  
Potência do motor=0.55 kW  
Polia accionadora- 2800 rpm

### Seleccção da secção da correia

A partir da tabela é considerado um factor de serviço adequado ao tipo de choques e solicitações. (1.2)

O período laboral pretendido é contínuo pelo que 0.1 devera ser adicionado ao factor de serviço (1.2+0.1=1.3)

Assim o dimensionamento será feito a partir de uma potência  $0.55 \times 1.3 = 0.715 = 0.95$  hp

É seleccionada uma correia do tipo A a partir do campo de potências tabelado para iniciar um processo de tentativas.

Alguns dos requisitos destes tipos de correia são relativos à distância entre centros, e é desaconselhado que este ultrapasse o triplo da soma dos diâmetros das duas polias, e que seja menor que o diâmetro da polia menor. No nosso caso ficara:  $120 < \text{distcentros} < 570$ . Para um primeira análise será também seleccionada uma distância entre centros de 400 mm.

### Cálculo da velocidade linear da correia

$$v = \pi \cdot d \cdot n / 12 = 3485 \text{ ft/min}$$

d- diâmetro

n- rpm

Usando a tabela 17-9 e interpolando a velocidade para o valor pretendido obtemos um valor para a potência admitida 1.05 hp que deverá ser afectado por um factor de compensação do comprimento da correia K2. Logo virá  $1.05 \times 0.95 = 0.974$  hp.

Como  $0.974 > 0.95$  podemos concluir que a estimativa inicial para o tipo de secção da correia foi acertada.

Logo a correia a escolher será do tipo A.



## Seleccção do comprimento da correia

Cálculo do comprimento da correia

$$L_p = 2C + 1.57(D+d) + (D-d)^2/4C = 43.26 \text{ in}$$

C- distância entre centros

D- diâmetro da polia maior

d- diâmetro da polia menor

Como na designação da correia o comprimento é calculado pelo interior da correia, é necessário a este valor retirar 1.3 in

$$43.26 - 1.3 = 42.26 \sim 42 \text{ in}$$

Assim a correia será A42

## Do catálogo “optibelt v-belt drives – technical manual”

Em anexo encontram-se as tabelas relativas aos valores usados neste dimensionamento.

Velocidade da polia motora – 2800 rpm

Factor de serviço – choques moderados  $c_2 = 1.4$

Potência de projecto –  $0.55 * 1.4 = 0.77 \text{ kW}$

Do diagrama 3 selecciona-se a correia 3V.

Relação de transmissão –  $n = 120/70 = 1.7$ .

São seleccionadas correias com diâmetros semelhantes aos desejados:

TL1-3V5.00 – polia de 127 mm

TL1-3V2.80 – polia 71.12 mm.

## Verificação da validade da escolha.

Relação de Transmissão –  $n = 5/2.8 = 1.785$  (medidas em in, tal como na designação da correia.

Velocidade da polia movida –  $n = 2800 * 1.785 = 4998 \text{ rpm}$ ;

A distância entre centros a:

$$a > 0.7 * (5 + 2.8) = 5.46 \text{ in} = 138.684 \text{ mm}$$

$$a < 2 * (5 + 2.8) = 15.6 \text{ in} = 396.24$$

Escolha:  $a = 200 \text{ mm}$

O comprimento da correia será:

$$L = 2 * a + 1.57 * (D + d) + (D - d)^2 / (4a) = 958.23 \text{ mm}$$



## ANEXO I2

### Dimensionamento da correia plana

#### MECHANICAL ENGINEERING DESIGN - Shigley.

O dimensionamento da correia plana, que transmitirá o movimento ao cilindro exterior, é baseado na seguinte expressão:

$$H = \frac{C_p.C_v.F_a.V}{16500K_s}$$

Nesta expressão as unidades estão no sistema inglês e são as seguintes:

- H - Potência em hp
- C<sub>p</sub> - Factor de correcção associada à flexão da correia
- C<sub>v</sub> - Factor de correcção associado à velocidade da correia
- F<sub>a</sub> - Força admissível (lb)
- V - Velocidade da correia (ft/min)
- K<sub>s</sub> - Factor de serviço

Nesta expressão a força admissível é substituída pelo quociente da tensão pela área de secção:

$$H = \frac{C_p.C_v.\sigma_{adm}.V}{16500.K_s.A}$$

A partir desta expressão, verificando os coeficientes tabelados, introduzindo a potência em causa e a tensão admissível de várias correias, foi elaborada uma folha de cálculo de onde se obtém a largura da correia necessária para transmitir a potência em causa. No caso das correias de Uretano, dado que se conhecem os valores de largura disponíveis, o cálculo é feito em sentido contrário, sendo obtida a potência transmissível para três larguras diferentes.



|          |        | Cp   | Cv | t     | w    | Tens. adm | w (in)   | w(mm)    |               |
|----------|--------|------|----|-------|------|-----------|----------|----------|---------------|
| Poly     | F-0    | 1    | 1  | 0,03  |      | 10        | 13,09091 | 332,5091 |               |
|          | F-1    | 0,92 | 1  | 0,05  |      | 35        | 4,0655   | 103,2637 |               |
|          | F-2    | 0,86 | 1  | 0,07  |      | 60        | 2,536998 | 64,43975 |               |
|          | A-2    | 0,86 | 1  | 0,11  |      | 60        | 2,536998 | 64,43975 |               |
|          | A-3    | 0,7  | 1  | 0,13  |      | 100       | 1,87013  | 47,5013  |               |
| Leather  |        | 0,6  | 1  | 0,17  |      | 30        | 7,272727 | 184,7273 |               |
|          |        | 0,6  | 1  | 0,20  |      | 33        | 6,61157  | 167,9339 |               |
|          |        | 0,6  | 1  | 0,28  |      | 41        | 5,321508 | 135,1663 |               |
|          |        | 0,6  | 1  | 0,31  |      | 50        | 4,363636 | 110,8364 |               |
|          |        | 0,6  | 1  | 0,36  |      | 60        | 3,636364 | 92,36364 |               |
| Urethane | w=0,5  | 1    | 1  | 0,062 | 0,5  | 5,2       |          |          | Potência (hP) |
|          | w=0,75 | 1    | 1  | 0,078 | 0,75 | 9,8       |          |          | 0,00016414    |
|          | W=1,25 | 1    | 1  | 0,09  | 1,25 | 18,9      |          |          | 0,00046402    |
|          |        |      |    |       |      |           |          |          | 0,00149148    |

|                |             |
|----------------|-------------|
| Ks=            | 1,2         |
| Vel. Linear V= | 1,25 ft/min |
| Potência       | 0,008264 hP |

Tabela 12.1 – Tabela de calculo utilizada.

Esta tabela apresenta o cálculo para a transmissão de 6 W de potência que foi o valor calculado para a movimentação do cilindro exterior. Este valor (6W) é baixo e não tem em consideração nenhum tipo de coeficiente de reserva, mas a apresentação do seu cálculo justifica-se por ser aproximadamente o valor máximo de potência que permitiria uma correia (A-3) com a largura requerida (50mm). A folha de cálculo em anexo (dimensFlat.xls) permite recalculer para diferentes potências.



## Do catálogo “a zeta gomma”.

Abaixo estão tabelados os valores de potência transmissível por centímetro para valores de velocidade linear entre 2,5 m/s e 60 m/s.

| POTENZA TRASMISSIBILE IN HP PER CM DI LARGHEZZA PER ARCHI DI CONTATTO DI 180° |                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| a puleggia<br>mm  | Velocità lineare m/sec |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   | 2,5                    | 5    | 7,5  | 10   | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   | 60   |
| Ø 15 mm   | 0,15                   | 0,29 | 0,12 | 0,53 | 0,72 | 0,90 | 1,10 | —    | —    | —    | —    | —    | —    |
| Ø 20 mm   | 0,20                   | 0,33 | 0,58 | 0,73 | 1,06 | 1,36 | 1,62 | 1,84 | —    | —    | —    | —    | —    |
| Ø 25 mm   | 0,23                   | 0,48 | 0,68 | 0,90 | 1,30 | 1,87 | 2    | 2,28 | 2,50 | 2,87 | —    | —    | —    |
| Ø 30 mm   | 0,25                   | 0,52 | 0,76 | 1    | 1,46 | 1,90 | 2,30 | 2,83 | 2,86 | 3,05 | 3,10 | 3,10 | —    |
| Ø 35 mm   | 0,28                   | 0,54 | 0,81 | 1,06 | 2,03 | 2,03 | 2,45 | 2,85 | 3,15 | 3,40 | 3,58 | 3,70 | 3,70 |

| CINGHIE PIATTE AD ANELLO CONTINUO<br>M.E.C. FLAT BELT® MAXIFLEX® OIL STAT® |                      |                |                      |                |                      |                |                      |                |                      |                |                      |                |                      |
|--|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|
| Sviluppo<br>mm   | Lineam.<br>larghezza | Sviluppo<br>mm | Lineam.<br>larghezza | Sviluppo<br>mm | Lineam.<br>larghezza | Sviluppo<br>mm | Lineam.<br>larghezza | Sviluppo<br>mm | Lineam.<br>larghezza | Sviluppo<br>mm | Lineam.<br>larghezza | Sviluppo<br>mm | Lineam.<br>larghezza |
| 210  | 7.710                | 460            | 10.140               | 720            | 10.640               | 950            | 11.640               | 1.250          | 12.160               | 1.835          | 16.660               | 2.430          | 19.560               |
| 220  | 7.790                | 470            | 10.190               | 730            | 10.690               | 960            | 11.690               | 1.275          | 12.200               | 1.850          | 16.670               | 2.455          | 19.610               |
| 230  | 7.860                | 480            | 10.240               | 740            | 10.740               | 970            | 11.740               | 1.300          | 12.240               | 1.870          | 16.680               | 2.480          | 19.660               |
| 240  | 7.940                | 490            | 10.290               | 750            | 10.790               | 980            | 11.790               | 1.325          | 12.280               | 1.890          | 16.690               | 2.505          | 19.710               |
| 250  | 8.020                | 500            | 10.340               | 760            | 10.840               | 990            | 11.840               | 1.350          | 12.320               | 1.920          | 16.700               | 2.530          | 19.760               |
| 260  | 8.100                | 510            | 10.390               | 770            | 10.890               | 1.000          | 11.890               | 1.375          | 12.360               | 1.940          | 16.710               | 2.555          | 19.810               |
| 270  | 8.180                | 520            | 10.440               | 780            | 10.940               | 1.010          | 11.940               | 1.400          | 12.400               | 1.970          | 16.720               | 2.580          | 19.860               |
| 280  | 8.260                | 530            | 10.490               | 790            | 10.990               | 1.020          | 11.990               | 1.425          | 12.440               | 2.000          | 16.730               | 2.605          | 19.910               |
| 290  | 8.340                | 540            | 10.540               | 800            | 11.040               | 1.030          | 12.040               | 1.450          | 12.480               | 2.030          | 16.740               | 2.630          | 19.960               |
| 300  | 8.420                | 550            | 10.590               | 810            | 11.090               | 1.040          | 12.090               | 1.475          | 12.520               | 2.060          | 16.750               | 2.655          | 20.010               |
| 315  | 8.500                | 560            | 10.640               | 820            | 11.140               | 1.050          | 12.140               | 1.500          | 12.560               | 2.090          | 16.760               | 2.680          | 20.060               |
| 330  | 8.580                | 570            | 10.690               | 830            | 11.190               | 1.060          | 12.190               | 1.525          | 12.600               | 2.120          | 16.770               | 2.705          | 20.110               |
| 340  | 8.660                | 580            | 10.740               | 840            | 11.240               | 1.070          | 12.240               | 1.550          | 12.640               | 2.150          | 16.780               | 2.730          | 20.160               |
| 350  | 8.740                | 590            | 10.790               | 850            | 11.290               | 1.080          | 12.290               | 1.575          | 12.680               | 2.180          | 16.790               | 2.755          | 20.210               |
| 360  | 8.820                | 600            | 10.840               | 860            | 11.340               | 1.090          | 12.340               | 1.600          | 12.720               | 2.210          | 16.800               | 2.780          | 20.260               |
| 370  | 8.900                | 610            | 10.890               | 870            | 11.390               | 1.100          | 12.390               | 1.625          | 12.760               | 2.240          | 16.810               | 2.805          | 20.310               |
| 385  | 8.980                | 620            | 10.940               | 880            | 11.440               | 1.110          | 12.440               | 1.650          | 12.800               | 2.270          | 16.820               | 2.830          | 20.360               |
| 400  | 9.060                | 630            | 10.990               | 890            | 11.490               | 1.120          | 12.490               | 1.675          | 12.840               | 2.300          | 16.830               | 2.855          | 20.410               |
| 410  | 9.140                | 640            | 11.040               | 900            | 11.540               | 1.130          | 12.540               | 1.700          | 12.880               | 2.330          | 16.840               | 2.880          | 20.460               |
| 430  | 9.220                | 650            | 11.090               | 910            | 11.590               | 1.140          | 12.590               | 1.725          | 12.920               | 2.360          | 16.850               | 2.905          | 20.510               |
| 440  | 9.300                | 660            | 11.140               | 920            | 11.640               | 1.150          | 12.640               | 1.750          | 12.960               | 2.390          | 16.860               | 2.930          | 20.560               |
| 460  | 9.380                | 670            | 11.190               | 930            | 11.690               | 1.160          | 12.690               | 1.775          | 13.000               | 2.420          | 16.870               | 2.955          | 20.610               |
| 480  | 9.460                | 680            | 11.240               | 940            | 11.740               | 1.170          | 12.740               | 1.800          | 13.040               | 2.450          | 16.880               | 2.980          | 20.660               |
| 500  | 9.540                | 690            | 11.290               | 950            | 11.790               | 1.180          | 12.790               | 1.825          | 13.080               | 2.480          | 16.890               | 3.005          | 20.710               |

Dado que a nossa velocidade linear é de cerca de 0,01 m/s o cálculo da potência transmissível baseai-se numa extrapolação.

Usando o Excel vem:

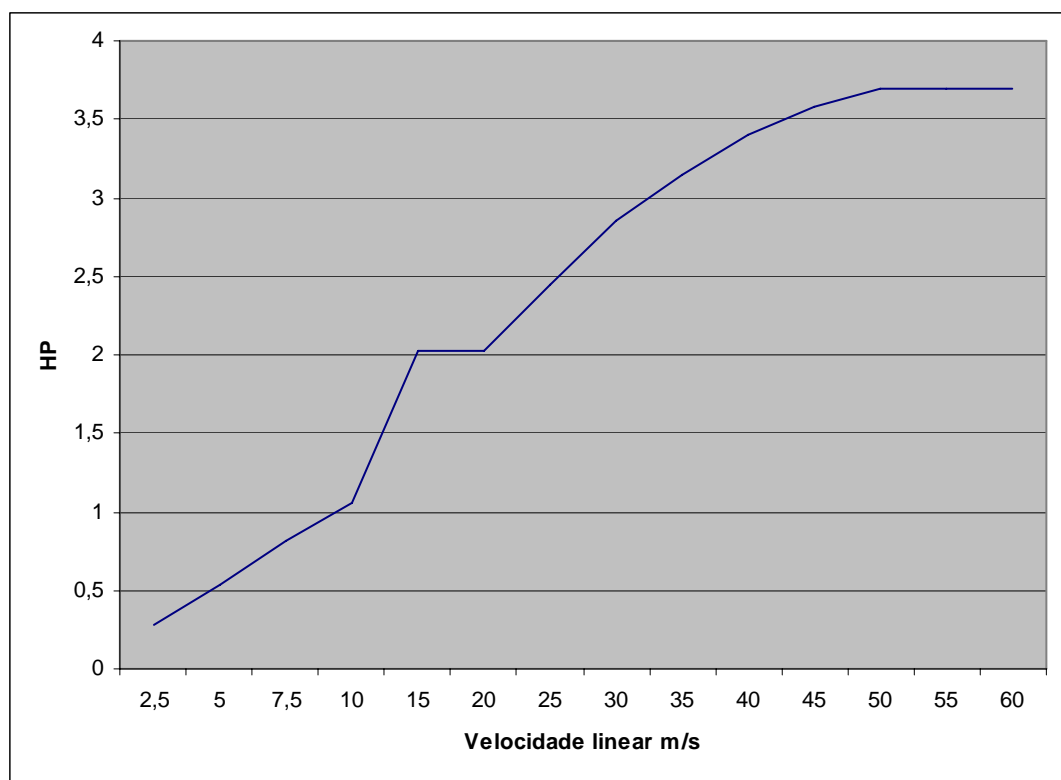


Figura 12.1 – Gráfico de relação potência velocidade linear. Retirado do catalogo “a zeta gomma”.



Considerando o troço inicial da curva:

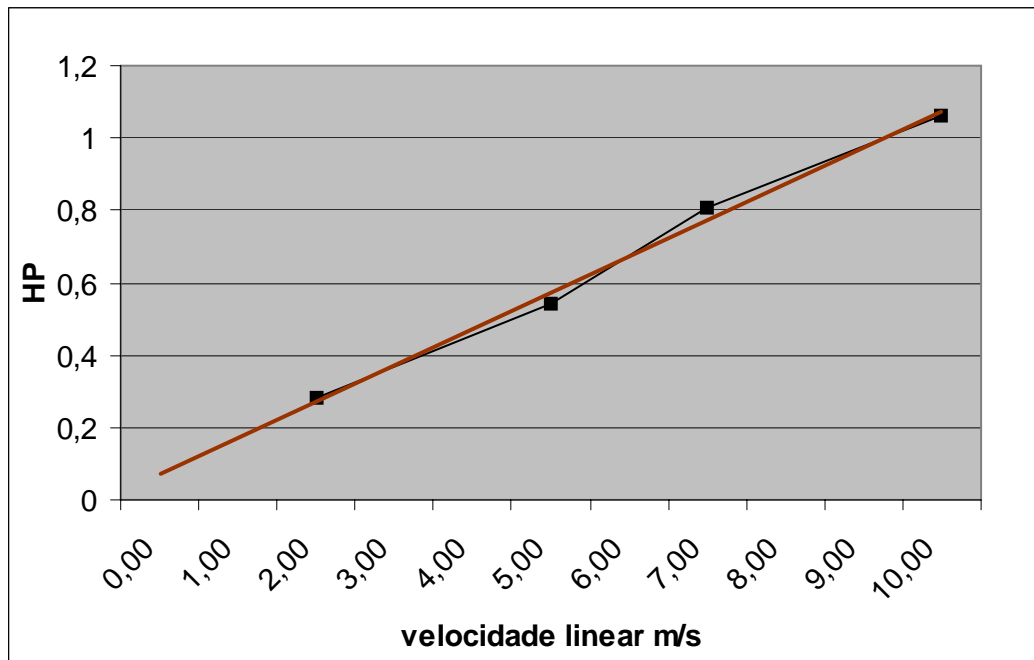


Figura 12.2 –Troço inicial da curva do gráfico de relação potência velocidade linear. Retirado do catalogo "a zeta gomma"

Usando a equação da recta obtida por regressão linear e extrapolando para o valor pretendido:

$$P \text{ (HP)} = 0,0997 \cdot 0,01 + 0,0743 = 0,0743 \text{ HP.}$$

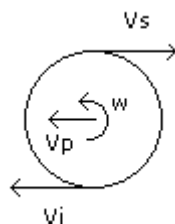


## **ANEXO J**

**Determinação da relação entre o número de voltas que a peça dá sobre si mesma e as velocidades dos tapetes inferior e superior .**



Os sentidos convencionados para as velocidades lineares e angulares encontram-se explicados na seguinte Figura.



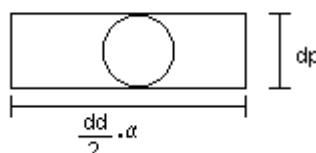
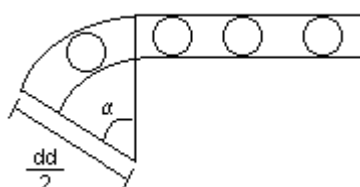
$v_s$  - velocidade do tapete superior

$v_i$  - velocidade do tapete inferior

$v_p$  - velocidade linear da peça

$w$  - velocidade angular da peça

Para simplificar os cálculos foi efectuada a seguinte aproximação que consiste em considerar rectilíneo o movimento da peça em torno do disco de corte:



$dd$  - diâmetro interior do disco

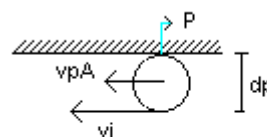
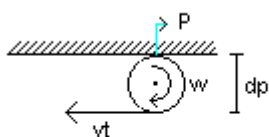
$dp$  - diâmetro da peça

$\alpha$  - ângulo de contacto

Podemos considerar as situações equivalentes onde P é o CIR. Centro instantâneo de rotação.

$v_{pA}$  - velocidade da peça devido ao tapete inferior

$v_{pB}$  - velocidade da peça devido ao tapete inferior







$$v_t = v_s + v_i$$

$$v_{pA} = \frac{v_i}{2} = v_{pB}$$

$$v_t = \varpi * d_p$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = v_p = \frac{v_i - v_s}{2}$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = w = \frac{v_t}{d_p}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta\theta * d_p}{v_s + v_i}$$

$$\Delta t = \frac{\alpha * \frac{dd}{2}}{\frac{v_i - v_s}{2}} = \frac{\alpha * dd}{v_i - v_s}$$



$$\frac{\Delta\theta \cdot dp}{v_s + v_i} = \frac{\alpha \cdot dd}{v_i - v_s}$$

$$\Delta\theta = \frac{(v_s + v_i) \cdot \alpha \cdot r_d}{(v_i - v_s) \cdot d_p}$$

$\Delta\theta$  - rotação da peça sobre si mesma em radianos



## **ANEXO K**

### **Requisições de material**

**CIPC N° 501 461 108**

|                                  |                         |
|----------------------------------|-------------------------|
| Requisição (provisória) nº _____ |                         |
| DATA:                            | <u>11-01-2001</u> _____ |

Requisita-se a: F. Fonseca

| Quant.          | Designação  | Código       | PREÇO      |        |
|-----------------|---|--------------|------------|--------|
|                 |   |              | Unitário   | Total  |
| 1               | PLC   | FX2N-48MR-ES | 636,49     | 636,49 |
| 1               | Módulo de saídas Analógicas                                   | FX2N-4DA     | 208,82     | 208,82 |
| 1               | Módulo de saídas Analógicas                                   | FX2N-2DA     | 146,18     | 146,18 |
| 1               | Consola   | MAC-E200     | 429,13     | 429,13 |
| 3               | Variadores                      Frequência Mitsubishi 0,4 kW  | FR-S 520 S   | 167,98     | 503,93 |
| 2               | Variadores                      Frequência Mitsubishi 0,75 kW | FR-S 520 S   | 195,71     | 391,41 |
| 1               | Fonte de alimentação 24V 60 W                                 | S-60-24      | 74,00      | 74,00  |
|                 |   |              |            |        |
|                 |   |              |            |        |
|                 |   |              |            |        |
|                 |   |              |            |        |
|                 |   |              |            |        |
|                 |   |              |            |        |
|                 |   |              |            |        |
|                 |   |              |            |        |
|                 |   |              |            |        |
|                 |   |              |            |        |
|                 |   |              |            |        |
|                 |   |              |            |        |
|                 |   |              |            |        |
|                 |   |              |            |        |
|                 |   |              |            |        |
| TOTAL (Euros) = |   |              | 2.389,96   |        |
|                 |   |              | 479.143,96 |        |

NOTA: É favor indicar nas guias de remessa e nas facturas o Departamento ou Serviço que faz a requisição e o seu número e data. As facturas deverão ser passadas em triplicado.

VISTO, \_\_\_\_\_  
O Responsável.

Departamento ou Serviço: **Secção Autónoma de Engenharia Mecânica****CIPC N° 501 461 108**

| ORÇAMENTO |                     | DESPESAS  |         |
|-----------|---------------------|-----------|---------|
| Ordinário | Extraor-<br>dinário | Correntes | Capital |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| Requisição (provisória) n° |            |
| DATA:                      | 09-11-2001 |

Requisita-se a: Santos e Quelhas Lda

| Quantidade     | Designação  | Código | PREÇO    |                |
|----------------|---|--------|----------|----------------|
|                |   |        | Unitário | Total          |
| 1              | Armário metálico 300x250x150 com platina CNR 3025/150                       |        | 28,270   | 28,270         |
| 1              | Armário metálico 800x600x200 com platina CNR 86/200                         |        | 106,150  | 106,150        |
| 3              | Calha plástica ranhurada 40x40 (2m)   |        | 1,210    | 3,630          |
| 3              | Calha plástica ranhurada 40x40 (2m)   |        | 1,600    | 4,800          |
| 1              | Seccionador trifásico 16 A para painel LS1D2531A65                          |        | 23,700   | 23,700         |
| 100            | Marcadores de cabo letras (0,5/1,5)   |        | 0,025    | 2,500          |
| 300            | Marcadores de cabo Algarismos (0,5/1,5)                                     |        | 0,012    | 3,600          |
| 200            | Fio condutor Vermelho de 0,5 mm FV0,5m2                                     |        | 0,029    | 5,800          |
| 200            | Fio condutor Azul de 0,5 mm FV0,5m3   |        | 0,029    | 5,800          |
| 100            | Terminais (Ponteiras) 0,5 mm  |        | 0,015    | 1,500          |
| 50             | Terminais (Ponteiras) 2,5 mm  |        | 0,020    | 1,000          |
| 1              | Calha metálica (2m) Weidmuller  |        | 2,180    | 2,180          |
| 1              | Disj. Monof. C/ fase e neutro p/ calha DIN 6A                               |        | 10,350   | 10,350         |
| 1              | Ferramenta de cravar e descravar ponteiras até 6 mm2 Weidmuller             |        | 44,970   | 44,970         |
| 5              | Bornes porta fusíveis 5x20 39086 Legrand                                    |        | 1,639    | 8,195          |
| 1              | Relé de emergência - Classe 2 com rearme manual                             |        | 8,600    | 8,600          |
| 1              | Botão de emergência NF com etiqueta de fundo amarela XALW1741               |        | 17,660   | 17,660         |
| 4              | Bucin para cabo 5x2,5   |        | 0,200    | 0,800          |
| 8              | Bucin para cabo 3x2,5   |        | 0,200    | 1,600          |
| 2              | Botões Impulso com contacto NA verde ZB4BZ101+ZB4BA3                        |        | 5,680    | 11,360         |
| 1              | Botões Impulso com contacto NF Stop-Vermelho ZB43Z102+ZB4B554               |        | 12,190   | 12,190         |
| 1              | Bornes de 4mm cinza para calha DIN 39061Legrand                             |        | 0,326    | 0,326          |
| 50             | Bornes de 4mm azul para calha DIN 39301Legrand                              |        | 0,326    | 16,300         |
| 6              | Bornes de terra 4mm para calha DIN 39371Legrand                             |        | 1,355    | 8,130          |
| 1              | Corpo de sinalizador ZB4BV6 TELEMCHANIQUE                                   |        | 2,990    | 2,990          |
| 1              | Cabeça de Sinalizador Branco ZB4BV01 TELEMCHANIQUE                          |        | 1,490    | 1,490          |
| 1              | Lâmpada de 24V/3W p/ sinalizadorDL1CE024 TELEMCHANIQUE                      |        | 1,600    | 1,600          |
| 20             | Cabo com malha de 5 condutores, cada 2.5 mm LI4C47x1,5                      |        | 1,750    | 35,000         |
| 20             | Cabo 3x2,5 mais terra VV3X2,5+T   |        | 0,490    | 9,800          |
| 1              | Tomada monofasica com terra para calha DIN 04285 Legrand                    |        | 3,660    | 3,660          |
| 3              | Disj. monof, c/ fase e neutro p/ calha DIN 10A pa/ motor DPNN1P+N 10A 19266 |        | 9,830    | 29,490         |
| 1              | Disj. monof, c/ fase e neutro p/ calha DIN 6A 1P6A 24399                    |        | 4,610    | 4,610          |
| 2              | Disj. monof, c/ fase e neutro p/ calha DIN 16A pa/ motor DPNN1P+N 16A 19269 |        | 9,440    | 18,880         |
| <b>TOTAL =</b> |   |        |          | <b>436,931</b> |

NOTA: É favor indicar nas guias de remessa e nas facturas o Departamento ou Serviço que faz a requisição e o seu número e data. As facturas deverão ser passadas em triplicado.

O Funcionário,

VISTO, \_\_\_\_\_  
O Responsável,



## **ANEXO L**

### **Programas desenvolvidos para a solução final.**



## **ANEXO L1**

### **Listagem do Programa para o PLC Mitsubishi FX2n**



## **ANEXO L2**

### **Listagem do programa para a consola de commando MAC E200**



## **ANEXO L3**

### **Listagem do programa de interface em Visual Basic.**





## **ANEXO M**

### **Esquema Pneumático**

