

GUILHERME DE CASTRO ANDIA
LUIS EDUARDO SILVA LEITE

AUTOMATIZAÇÃO DOS ENSAIOS DE
CONTINUIDADE DE ATERRAMENTO
E DE TENSÃO SUPORTÁVEL

São Carlos

2014

GUILHERME DE CASTRO ANDIA
LUIS EDUARDO SILVA LEITE

AUTOMATIZAÇÃO DOS ENSAIOS DE CONTINUIDADE DE ATERRAMENTO E DE TENSÃO SUPORTÁVEL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Engenharia de São
Carlos, da Universidade de São Paulo

Curso de Engenharia Elétrica

ORIENTADOR: Prof. Jerson Barbosa de Vargas

São Carlos

2014

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

A543a Andia, Guilherme de Castro
Automatização dos ensaios de continuidade de aterramento e de tensão suportável / Guilherme de Castro Andia, Luís Eduardo Silva Leite ; orientador Jerson B. de Vargas. -- São Carlos, 2014.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

1. Ensaio de continuidade de aterramento. 2. Ensaio de tensão suportável. 3. Portaria 371 do INMETRO. 4. Automatização. I. Luís Eduardo Silva Leite. II. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Guilherme de Castro Andia

Título: “Automatização dos ensaios de continuidade de aterramento e de tensão suportável”

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 25/11/2014,

com NOTA 7,5 (SETE, CINCO), pela Comissão Julgadora:

Prof. Assistente Jerson Barbosa de Vargas - (Orientador - SEL/EESC/USP)

Dr. Danilo Hernane Spatti - (Pós-Doutorando - USP/campus São Carlos)

Mestre Rui Bertho Júnior - (Doutorando - SEL/EESC/USP)

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:
Prof. Associado Homero Schiabel

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Luís Eduardo Silva Leite

Título: “Automatização dos ensaios de continuidade de aterramento e de tensão suportável”

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 25 / 11 / 2014,

com NOTA 6,5 (Seis, Cinco), pela Comissão Julgadora:

Prof. Assistente Jerson Barbosa de Vargas - (Orientador - SEL/EESC/USP)

Dr. Danilo Hernane Spatti - (Pós-Doutorando - USP/campus São Carlos)

Mestre Rui Bertho Júnior - (Doutorando - SEL/EESC/USP)

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:
Prof. Associado Homero Schiabel

Sumário

Resumo.....	7
Abstract.....	9
1. Introdução.....	11
2. Teoria	12
2.1 Riscos do Choque Elétrico	12
2.1.1 Classificação dos Choques Elétricos.....	12
2.1.2 Efeitos do Choque Elétrico no Corpo Humano	13
2.2 Aterramento.....	13
2.3 Portaria 371	13
2.4 Ensaios de Rotina	13
2.4.1 Ensaio de Tensão Suportável	14
2.4.2 Ensaio de Continuidade de Aterramento.....	15
2.5 CLP, IHM e “Ladder”	17
3. Modelagem do Projeto.....	20
3.1 Contexto.....	20
3.2 Os aparelhos usados.....	21
3.3 Modelagem do Esquema Elétrico	24
3.4 Modelagem do Software.....	25
4. Resultados.....	27
4.1 Hardware.....	27
4.1.1 Esquema Elétrico.....	27
4.1.2 Montagem Elétrica da Máquina.....	29
4.2 Software	32
4.2.1 Software do CLP	32
4.2.2 Software da IHM	36
4.3 Montagem Completa do Projeto	38
4.4 Visita Técnica	42
5. Conclusão.....	43

Referências Bibliográficas	44
Apêndice A: Principais Partes do Esquema Elétrico em CAD.....	45
Apêndice B: Software em Ladder no ambiente CICON Project	47

Resumo

ANDIA, G.C; LEITE, L.E.S. **Automatização dos Ensaio de Continuidade de Aterramento e de Tensão Suportável**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2014.

Para se garantir a segurança aos seus usuários, aparelhos eletrônicos e eletrodomésticos devem passar por bateladas de testes que garantam o bom e seguro funcionamento de tais aparelhos e seus componentes.

Estes testes são determinados por órgãos de segurança, como o INMETRO, que são responsáveis por fazerem as leis e determinar os procedimentos que devem ser realizados.

A portaria 371 do INMETRO, visando ao que já foi dito, prevê a obrigatoriedade da realização de dois ensaios de rotina em específico para motores de uso doméstico: o ensaio de continuidade de aterramento e o ensaio de tensão suportável.

Sabendo que a inserção destes testes em uma linha de produção atrasa bastante a montagem dos produtos em questão, é de interesse das indústrias a automatização destes procedimentos para torná-los viáveis.

Neste trabalho consta o projeto de tal máquina feito pelos alunos em parceria com uma empresa privada de automação industrial.

Palavras-chave: **ensaio de continuidade de aterramento, ensaio de tensão suportável, portaria 371 do INMETRO e automatização.**

Abstract

ANDIA, G.C; LEITE, L.E.S. **Automation of Grounding Continuity and Dielectric Withstand Tests**. 2014. Graduation Thesis – Engineering School of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos. 2014.

In order to ensure the safety of its users, electronic devices and appliances must pass test batches to ensure the smooth and secure functioning of such equipment and its components.

These tests are determined by security organs, such as the INMETRO, which are responsible for making the laws and determine the procedures that must be performed.

The Ordinance 371 INMETRO, aiming what has already been said, provides for the obligation of conducting two trials of routine specific to engines for domestic use: the grounding continuity test and the dielectric withstand test.

It is interesting for the industries to automate these procedures to make them viable once the inclusion of these tests in a production line would make the production a lot delayed.

This paper includes the design of such machine made by students in partnership with a private company of industrial automation.

Key words: the grounding continuity test, the dielectric withstand test, Ordinance 371, INMETRO e automate.

1. Introdução

A portaria 371 do INMETRO, publicada em 2009, exige o cumprimento de novos requisitos de segurança em aparelhos elétricos dos mais variados ramos. Tais requisitos podem ser garantidos a partir de dois testes que devem ser realizados de maneira compulsória pelo fabricante: o teste de continuidade de aterramento e o teste de tensão suportável.

Existem no mercado aparelhos especificamente designados para realização de cada um dos ensaios. O “EARTH Tester” é responsável pelo teste de continuidade de aterramento; enquanto o “HIPOT Tester”, pelo de tensão suportável.

Após a implementação desta nova portaria, a empresa Peccinin, fabricante de motores para portões eletrônicos residenciais situada em Limeira, passou a necessitar a implantação destes testes em sua linha de produção. Para não atrapalhar no tempo de fabricação de seus motores foi solicitada a automatização de tais ensaios de rotina. A empresa AMER, também de Limeira, especializada em desenvolvimento de máquinas para automação industrial, foi a empresa responsável por esse projeto.

Motivados a atender à solicitação da empresa de motores, os alunos, que realizavam estágio na empresa AMER, foram responsáveis pelo desenvolvimento do projeto que será explanado neste trabalho.

O projeto consiste na integração e automatização dos processos, unificando os dois testes em apenas uma máquina que será controlada por um CLP (Controlador Lógico Programável), também responsável pela verificação dos resultados de cada etapa que será constatada ao operador através de uma IHM (Interface Homem-Máquina).

2. Teoria

Este capítulo tem por objetivo elucidar a teoria usada para realização deste projeto, assim como a teoria necessária para um leitor entender o desenvolvimento desta monografia.

Primeiramente será introduzida um pouco sobre a teoria básica do aterramento e dos riscos provindos de choques elétricos, o que servirá para fortificar a ideia de como as normas que serão tratadas são de suma importância, além de contextualizar melhor o trabalho.

Posteriormente será enunciada e explicada a portaria 371 do INMETRO que é o real motivo da realização deste projeto como já dito anteriormente. Seus requisitos e importâncias, ou seja, os testes necessários para o cumprimento da norma assim como os parâmetros exigidos por ela, serão aqui apresentados.

Em seguida, um tópico cuidará da teoria envolvida em cada um dos testes que serão automatizados com uma visão mais técnica.

Por fim, tratar-se-á dos dispositivos (CLP e IHM) responsáveis pelo controle e operação dos testes, explicando o porquê de sua utilização e a maneira pela qual se dá sua programação.

2.1 Riscos do Choque Elétrico

As atividades biológicas do corpo humano são, assim como em máquinas e circuitos, controladas por corrente elétrica. Porém quando o organismo entra em contato com correntes extra corporais vários problemas podem acontecer, desde uma simples dormência de alguma parte do corpo até a morte propriamente dita.

2.1.1 Classificação dos Choques Elétricos

Os choques elétricos podem ser classificados em duas principais categorias: dinâmicos ou estáticos.

Os choques estáticos são causados por descargas de capacitores carregados ou descargas eletrostáticas de qualquer origem. Já os choques dinâmicos são aqueles que a pessoa recebe ao se tocar em alguma parte energizada de alguma máquina ou dispositivo.

Vale lembrar também que independentemente do tipo de choque, os seus efeitos no corpo humano variam conforme o caminho que a corrente percorre no corpo da vítima, o tempo de duração desse choque, o tamanho e a localização da área de contato, além de vários aspectos físicos que diferem uma pessoa da outra (peso, altura, uso de marca-passos, etc.).

2.1.2 Efeitos do Choque Elétrico no Corpo Humano

A corrente elétrica quando percorre toda extensão do corpo humano possui intensidade determinada por dois fatores: a diferença de potencial existente entre dois pontos específicos (ou tensão) e a resistência elétrica aí verificada, constituindo um fenômeno que pode levar um indivíduo à morte. Qualquer valor de corrente acima de 1 mA é capaz de provocar sensação de choque. Valores superiores a 10 mA resultam em contração muscular dificultando os movimentos. Valores próximos de 20 mA dificultam a respiração, que pode até mesmo cessar por completo se chegar a 80 mA. Entre 100 mA e 200 mA o risco de morte é eminente. Próximo de 100 mA o coração bate descompassado (fibrilação) ao contrário de correntes que superam os 200 mA que não causam a fibrilação cardíaca, mas provocam queimaduras graves e risco de paradas cardíacas (Domiciano Marques, 2011).

2.2 Aterramento

Como foi visto, o choque elétrico é um grande perigo para o ser humano, portanto é de grande interesse que em qualquer tipo de equipamento haja proteção contra este tipo de risco. Uma técnica que pode ser útil para se combater o choque inesperado é o aterramento.

O “Terra” de um circuito é um terminal que possui potencial elétrico com o valor nulo, ou seja, passando a ser a referência do sistema em que se encontra, diferentemente do neutro. Dessa forma, ele é o responsável por eliminar toda carga eletrostática acumulada nele, que é descarregada para a terra (é daí que surgiu seu nome).

O sistema de aterramento tem como principais objetivos: diminuir a variação de tensão de uma rede elétrica, eliminar as fugas de energia e proteger os usuários de um possível choque elétrico. Por isso é imprescindível que o aterramento de um aparelho ou sistema seja feito corretamente e cumpra sempre sua função (KINDERMANN, 2005).

2.3 Portaria 371

Considerando os riscos elétricos à segurança apresentado por aparelhos eletrodomésticos, o INMETRO formulou um programa de avaliação de conformidade, voltado aos fabricantes, que prevê ensaios de rotina a esses equipamentos, com intuito de assegurar total confiança aos seus usuários. Tal programa foi estabelecido na portaria 371, de 2009.

2.4 Ensaios de Rotina

Esses ensaios de rotina são dois: o teste de continuidade de aterramento e o teste de tensão suportável.

Neste tópico serão então explicados como são feitos esses ensaios, o que é necessário para realização dos mesmos, além de mostrar os parâmetros exigidos para a aprovação de cada um.

2.4.1 Ensaio de Tensão Suportável

Um dos ensaios previstos se refere ao Ensaio de Tensão Suportável, ou teste de rigidez dielétrica. Um dielétrico, na teoria, trata-se de um isolante elétrico. Contudo, na prática existe um fluxo mínimo de corrente através do material. Em níveis de tensão elevados, pode ocorrer a ruptura da rigidez dielétrica do material, intensificando o fluxo de corrente e transformando o material em condutor. A quebra da rigidez dielétrica na carcaça de um motor elétrico, por exemplo, não é um fenômeno bem quisto pelo fabricante, visto que pode ocasionar graves acidentes aos seus clientes.

Tendo em vista a importância de se garantir total segurança àqueles que manipulam aparelhos eletrodomésticos em geral, existem equipamentos capazes de testar a integridade dos dielétricos: o “HIPOT tester” é um deles. Tal dispositivo consiste de uma fonte de alta tensão AC e um medidor de corrente. A tensão de saída para realização do teste deve ser ajustada no aparelho, bem como o limite máximo que a corrente pode atingir para que o produto seja considerado como aprovado no ensaio. Os eletrodos do “HIPOT” devem ser acoplados em dois pontos distintos da parte isolada do aparelho. Após iniciado o processo, espera-se para que o resultado final seja julgado pela máquina em aprovado ou reprovado. Os parâmetros para utilização no teste são variáveis e podem depender da classe do aparelho a ser testado ou da rigidez com que o produto será admitido como seguro. Para o caso de conformidade com as especificações da portaria 371, seguem trechos do anexo B.2 (Tabela B1 e suas notas), documentado e disponível ao público no site do INMETRO:

“B.2 Ensaio de Tensão Suportável

A isolação do aparelho é submetida a uma tensão praticamente senoidal com uma frequência de aproximadamente 60 Hz por 1 s. Este valor da tensão de ensaio e os pontos de aplicação são mostrados na tabela B.1.

Tabela B.1 – Tensões de Ensaio

Pontos de aplicação	Tensão de ensaio V		Aparelhos classe III
	Aparelhos classe 0, aparelhos classe 0I, aparelhos classe I e aparelhos classe II		
	Tensão nominal		
	≤ 150 V	> 150 V	
Entre partes vivas e partes metálicas acessíveis separadas de partes vivas por <ul style="list-style-type: none"> • somente isolação básica • isolação dupla ou reforçada^{a, b} 	800 2000	1000 2500	400 -----
^a	Este ensaio não é aplicável para aparelhos classe 0		
^b	Para aparelhos classe 0I e aparelhos classe I , este ensaio não precisa ser realizado em partes de construção classe II se o ensaio é considerado como sendo inadequado		

NOTA 3: Pode ser necessário que o aparelho esteja em funcionamento durante o ensaio para garantir que a tensão de ensaio seja aplicada em toda a isolação pertinente, por exemplo, elementos de aquecimento controlados por um relê.

Não devem ocorrer descargas disruptivas. Considera-se que tenha ocorrido descarga disruptiva quando a corrente no circuito de ensaio excede 5 mA. Entretanto, este limite pode ser aumentado até 30 mA para aparelhos com uma alta corrente de fuga.

NOTA 4: O circuito utilizado para o ensaio incorpora um dispositivo sensor de corrente que atua assim que a corrente excede o limite.

NOTA 5: O transformador de alta tensão deve ser capaz de manter a tensão especificada no limite de corrente.

NOTA 6: Ao invés de ser submetida a uma tensão c.a., a isolação pode ser submetida a uma tensão c.c. de 1,5 vezes o valor mostrado na tabela B.1. Uma tensão c.a. com uma frequência de até 5 Hz é considerada como sendo uma tensão c.c.”

2.4.2 Ensaio de Continuidade de Aterramento

Outro importante teste de segurança previsto por essa RAC (Requisitos de Avaliação de Conformidade) refere-se ao Ensaio de Continuidade de Aterramento.

É chamado de “terra” o terminal presente na alimentação de aparelhos elétricos que representa o potencial nulo. O intuito deste terminal é garantir o escoamento de corrente por um caminho de menor resistência, ou seja, em caso de falhas no equipamento, e desde que este esteja aterrado, a corrente elétrica fará o percurso pelo terminal do terra. Como, na maioria das vezes, o operador do aparelho em questão está

num mesmo potencial elétrico que o solo (potencial dito como nulo), a descarga elétrica proveniente da falta não ocasionará choque aos envolvidos.

Tendo em vista a importância de um sistema aterrado, a exigência do INMETRO em realizar o Ensaio de Continuidade de Aterramento tem por objetivo justamente garantir que os aparelhos eletrodomésticos atendam aos requisitos estipulados, não excedendo a resistência máxima informada a seguir no anexo B1 da portaria 371:

“B.1 Ensaio de Continuidade de Aterramento

Uma corrente de ao menos 10A, proveniente de uma fonte com uma tensão sem carga (em vazio) não excedendo 12V (c.a. ou c.c.), é circulada entre cada uma das partes metálicas acessíveis aterradas e:

- *o terminal de aterramento, no caso de aparelhos classe 0I e aparelhos classe I previstos a serem ligados permanentemente a fiação fixa;*
- *para outros aparelhos classe I, o pino de*
 - *aterramento ou contato de aterramento do plugue;*
 - *pino de aterramento do dispositivo de entrada.*

A queda de tensão é medida e a resistência é calculada não devendo exceder

- *0,2Ω para aparelhos com cordão de alimentação, ou 0,1Ω mais a resistência do cordão de alimentação,*
- *0,1Ω para outros aparelhos.*

NOTA 1: O ensaio é somente realizado por uma duração necessária para permitir que a queda de tensão seja medida.

NOTA 2: Cuidados devem ser tomados para assegurar que a resistência de contato entre a ponta do dispositivo de medição e a parte metálica sob ensaio não influencie os resultados de ensaio."

Assim como no Ensaio de Tensão Suportável, em que se utiliza um equipamento em específico (“HIPOT Tester”), para este teste também se faz uso de um aparelho fundamentalmente semelhante: o “EARTH Tester”. Neste aparelho, os parâmetros de entrada são correntes mínima e máxima, resistência máxima e tempo de aplicação do sinal. Nota-se que este procedimento não prevê apenas a existência de um caminho para a corrente de fuga circular desde o ponto de falha até o aterramento. É crucial que o circuito seja testado contemplando também as situações de faltas elétricas, em que a corrente fluindo pelo canal do terra atingirá altos valores. Logo, o valor mínimo de corrente estipulado pelo teste deve ser 10 A, conforme estipulado no anexo B.1 da portaria 371 do INMETRO. Os eletrodos de teste devem ser acoplados na carcaça do

eletrodoméstico e no pino terra. Após iniciado o processo, decorre-se o tempo estipulado e como resultado é entregue a leitura da resistência do aterramento. A análise em reprovado ou aprovado depende do tipo de aparelho e pode ser consultado no documento em anexo.

2.5 CLP, IHM e “Ladder”

Em meados do século XX, o setor industrial mundial era muito diferente do que é conhecido atualmente. Os processos de controle em linhas de montagem automotivas, por exemplo, eram feitos basicamente por painéis elétricos operados por relés. Quaisquer alterações em tais linhas significavam grandes modificações elétricas e mecânicas, ou seja, a realização de um imenso trabalho que consumia tempo e dinheiro das fábricas.

Impulsionado por contornar essa situação adversa, a General Motors propôs uma mudança estrutural que traria à tona a utilização de equipamentos eletrônicos capazes de substituir o antigo processo. Foi em 1968 que então surgiu o primeiro Controlador Lógico Programável (CLP) ou Programmable Logic Controller (PLC), dispositivo definido pela NEMA (National Electrical Manufacturers Association) como: “Aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.”

O CLP nada mais é do que um computador projetado para realizar funções específicas que, nesse caso, são de indústrias. Com o grande avanço tecnológico percebido nas últimas décadas, o CLP se tornou bastante difundido no setor de fábricas e hoje é amplamente utilizado em áreas de controle de processos e de automação industrial. É um dispositivo ideal para interpretação de dados discretos, porém pode ser operado também em variáveis analógicas, processando-as de acordo com níveis de tensão ou corrente (BRYAN, L.A.; BRYAN, E.A.).

Algumas características que viabilizam a utilização de CLPs são: hardware de alta confiabilidade e imune a ruídos eletromagnéticos, fácil montagem e ajuste (devido à padronização de seus módulos), software de linguagem extremamente simples, alta velocidade de processamento e monitoração de dados em tempo real. Além disso, apresentam arquitetura padrão composta por uma CPU, memória e módulos de entrada e saída.

As informações recebidas pelos CLPs são normalmente provindas de sensores que monitoram o processo. Existem vários canais de comunicação com o CLP, sendo possível com que os dados sejam lidos e até mesmo manipulados remotamente por

outros computadores conectados à rede de controle. Isso também faz com que seja possível a integração de uma IHM (interface homem-máquina), facilitando o trabalho e descartando a necessidade de conhecimento específico da máquina por parte do operador.

Uma das linguagens de programação de CLP mais difundida é conhecida por “ladder” (do inglês, escada). Nessa linguagem existem três tipos de componentes: as entradas (representadas por contatos), as saídas (representadas por bobinas) e os blocos funcionais (que atuam de maneiras diversas). A linguagem “ladder” é uma representação gráfica de simples entendimento, disposta verticalmente com duas barras que representam as “fases” de energização.

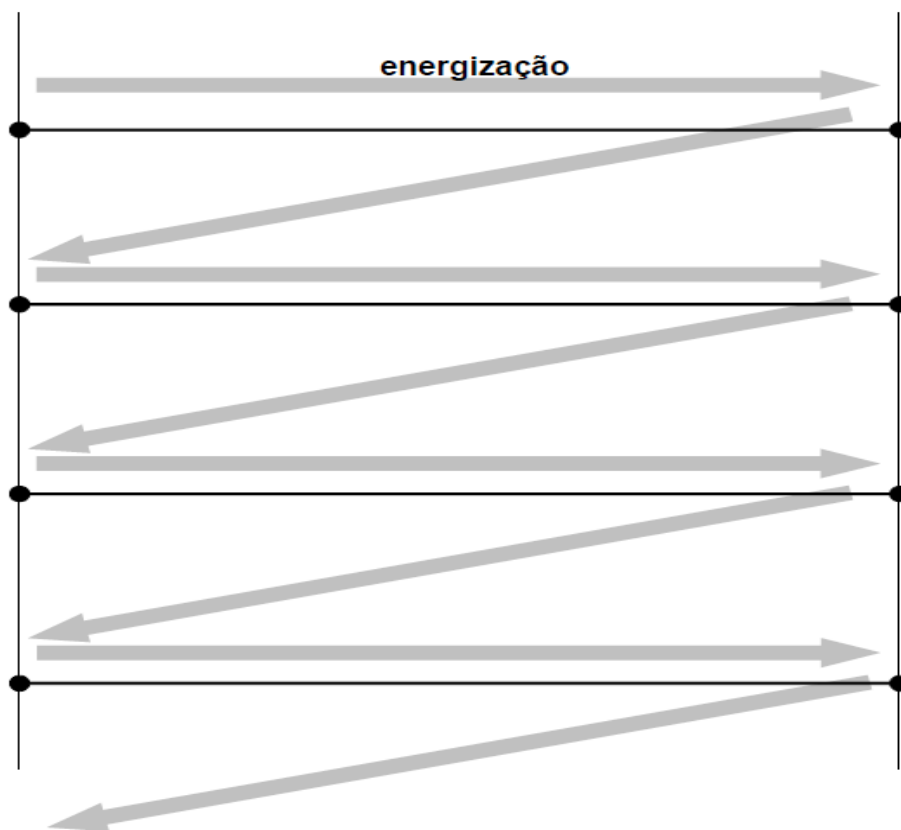


Figura 1: Disposição das linhas de código na linguagem "ladder".

Conforme indica a Figura 1, se o caminho da esquerda para a direita é completado, significa que a saída é considerada como 1, ou “true”. Para isso, têm-se por convenção a adoção de alguns símbolos, como mostrado a seguir.



Figura 2: Linha de código em "ladder".

As entradas, como explicado anteriormente, são representadas por contatos que podem ser do tipo normalmente aberto ou normalmente fechado, conforme evidenciado

na figura por M26 e M08, respectivamente. Tais contatos são atribuídos na lógica de programação, podendo ser relacionados a sensores ou botões, por exemplo.

Na lógica “ladder” as saídas são representadas por bobinas e sua função normalmente remete ao cumprimento de uma tarefa, como o avanço de um pistão ou um comando de liga/desliga, por exemplo. Na Figura 2, o símbolo da bobina está representado por M02.

3. Modelagem do Projeto

Após ser introduzida toda a teoria necessária para se entender o projeto que será apresentado adiante, pode-se agora mostrar os requisitos e exigências que foram seguidos para o desenvolvimento da máquina.

Neste tópico serão apresentadas as razões de cada escolha feita para o desenrolar do projeto, o raciocínio usado para que os testes fossem eficazes e rápidos, além de todos os componentes usados e esquemas que foram feitos.

3.1 Contexto

Em razão à ocorrência de vários acidentes elétricos relacionados a falhas estruturais em eletrodomésticos, o INMETRO elaborou o Programa de Avaliação da Conformidade de Aparelhos Eletrodomésticos e Similares, focado em estabelecer requisitos de segurança e visando proteger o consumidor final de tais produtos. Este RAC (Requisitos de Avaliação de Conformidade) foi estabelecido em dezembro de 2009, através da portaria 371.

Nesta norma consta a obrigatoriedade de realização de alguns testes de conformidade. Dentre os requisitos de aprovação, dois destes ensaios são de nosso interesse: o ensaio de tensão suportável e o ensaio de continuidade de aterramento. Para ambos os testes, existem máquinas específicas no mercado capazes de avaliar sua conformidade com os níveis de aceitação. Para tanto, é notório que a implantação de tais processos numa linha de produção acarreta numa menor eficiência para a fábrica. Tendo esse pensamento em vista, a empresa Peccinin, fabricante de motores para portões eletrônicos, encomendou o projeto de uma máquina capaz de automatizar e integrar os processos de ambos os ensaios. Este trabalho refere-se à realização desse projeto, cujo desenvolvimento por parte dos alunos se deu em parceria com a empresa AMER, especializada no desenvolvimento de máquinas no setor de automação industrial.

A motivação inicial do projeto trata de atender às exigências feitas pelo RAC do INMETRO. Posteriormente, deseja-se concluir os ensaios de maneira mais rápida e eficiente o possível. Para isso, o projeto foi desenvolvido com utilização de um CLP (capaz de controlar a lógica e ordenar os processos envolvidos) em comunicação com uma IHM (a fim de tornar o sistema prático, eliminando a necessidade de conhecimento específico do operador).

Algumas características da máquinas e exigências feitas pela Peccinin são:

- Existência de um botão bi manual para inicialização dos testes: trata-se de uma medida de segurança para o operador, garantindo que este não fique com uma das mãos livres enquanto o teste é realizado.
- Histórico dos últimos 12 testes realizados: manter um arquivo com os últimos resultados, a fim de observar certos padrões de erros que eventualmente podem ocorrer.
- Botoeira para análise: informa os estágios e resultados dos testes ao operador, eliminando a necessidade deste se deslocar até o monitor com a IHM.
- Existência de contatores nas linhas de alta tensão: medida de segurança adotada, uma vez que os testes são dados em níveis perigosos de tensão.

3.2 Os aparelhos usados

Como explicado em tópicos anteriores, os testes de rotina a serem realizados são feitos por dois diferentes aparelhos: o “HIPOT Tester” e “EARTH Tester”. Por se tratar da automatização de um processo, o requisito principal para selecionar qual seria o fornecedor destes aparelhos seria compatibilidade deles com um CLP, responsável por controlá-los e interpretar os dados coletados a cada ensaio.

A partir disso, tanto o “HIPOT tester” quanto o “EARTH tester” utilizados foram adquiridos de uma empresa que produz equipamentos específicos para testes, chamada ALL CONTROL, que possui uma linha especial para testes automatizados. A seguir será especificado as principais características de cada aparelho, seus modos de funcionamento e sua integração ao projeto.

O “HIPOT tester” usado foi o ALL1020 (Figuras 3 e 4), que é designado para testar a isolamento de produtos eletrodomésticos, ferramentas elétricas, componentes eletromecânicos, galvanômetros, entre outros, pela aplicação de uma alta tensão entre a parte viva e a parte não condutiva. Estas unidades são mais comumente usadas na inspeção da linha e no final da produção, e também nos testes de laboratório de componentes elétricos, subconjunto e produtos acabados.

Os controles são acessíveis no painel traseiro e frontal e consiste de uma chave “POWER ON” (responsável por ligar o aparelho), uma entrada combinada “START” / “Test ON” (para início do teste ao se receber um pulso de alguns milissegundos), e outra entrada “RESET” / “Reject” (para retorno a condição inicial em caso de alarme, também acionada por um pulso). A alta tensão é aplicada durante o tempo pré-ajustado, desligando-se automaticamente e, caso a corrente exceda o valor pré-ajustado, um alarme é acionado e um sinal mandado para uma saída. No frontal do aparelho estão acessíveis os ajustes de tensão, alarme e timer. Todos os pulsos e sinais enviados, bem

como a aprovação ou reprovação do produto, são responsabilidades de um CLP, conectado à saída de alarme do “HIPOT”.

O modelo ALL 730 (Figuras 3 e 4) é referente ao “EARTH tester” usado. Este aparelho tem por objetivo a medição do valor ôhmico do conjunto fio de aterramento e carcaça do produto, em aparelhos eletrodomésticos em geral, pela passagem de alta corrente AC. Ele é capaz de detectar qualquer descontinuidade do circuito de aterramento ou até mesmo conexões mecânicas indevidas do parafuso de fixação à carcaça. Abrangendo a faixa de 0,01 a 0,6 ohms, atende todas as normas Internacionais que regem o valor 0,1ohm. O modelo para laboratório, sistema a 4 fios, apresenta um indicador "OHMS" e um indicador de "Amperes", ambos digitais. O modelo de produção apresenta um timer automático e alta isolamento de entrada, possibilitando seu uso com testes de alta tensão (“HIPOT”), que foi o ponto crucial para ser o modelo a ser usado, uma vez que a intenção é automatizar os testes e fazê-los consecutivamente.

Assim como o “HIPOT”, o “EARTH tester” possui uma chave “POWER ON”, uma entrada “START” / “Test ON”, outra “RESET” / “Reject” com a mesma metodologia de funcionamento, além do registrador de valores lidos e da saída de alarme. Todos esses terminais são conectados e controlados pelo CLP.



Figura 3: Visão frontal do "HIPOT" e "EARTH tester".



Figura 4: Visão traseira do "HIPOT" e "EARTH tester".

Abaixo são apresentadas as especificações técnicas do ALL1020 e do ALL730:

“HIPOT tester” ALL1020:

- **Tensão de Alimentação:** 127V AC ou 220VAC 50/60Hz;
- **Faixa de Saída:** 0-3,5 kV ou 0-5 kV AC;
- **Corrente:** 0-10 mA;
- **Mecedor de VOLTS:** Exatidão 1% em kV;
- **Mecedor de AMPERES:** Exatidão 1% em mA;
- **Timer:** ajustável de 2 a 15 segundos.

“EARTH tester” ALL730:

- **Tensão de Alimentação:** 127V AC ou 220VAC 50/60Hz;
- **Faixa de OHMS:** 0,01 a 0,6 Ohms;
- **Corrente de Prova:** ajustável 3-32 Amperes AC;
- **Mecedor OHMS:** LED 31/2", exatidão 1%;
- **Mecedor de AMPERES:** LED 31/2", exatidão 1%;
- **Timer:** ajustável de 2 a 15 segundos.

3.3 Modelagem do Esquema Elétrico

Uma vez definidos os elementos principais do projeto, todo o restante deve ser desenvolvido sobre este ponto inicial. Este restante foi dividido em duas partes elementares: o projeto elétrico de hardware e o projeto elétrico de software.

O projeto elétrico de hardware foi feito em “autocad” (software muito difundido para este tipo de projeto) a partir das premissas necessárias para o funcionamento do aparelho a ser projetado. Mas antes de materializar o esquema elétrico neste software, é essencial se fazer um esboço das ligações e componentes que serão usados.

O projeto foi modelado da seguinte forma: decidiu-se os equipamentos que seriam necessários (CLP, IHM, “HIPOT” e “EARTH tester”), os componentes responsáveis pela proteção (contatores e botão bi manual) e a partir disso elaborou-se um diagrama de blocos que serve como uma espécie de algoritmo para se desenvolver então o projeto formal. Tal diagrama pode ser visto na Figura 5 e as ponderações a respeito das ligações elétricas logo a seguir.

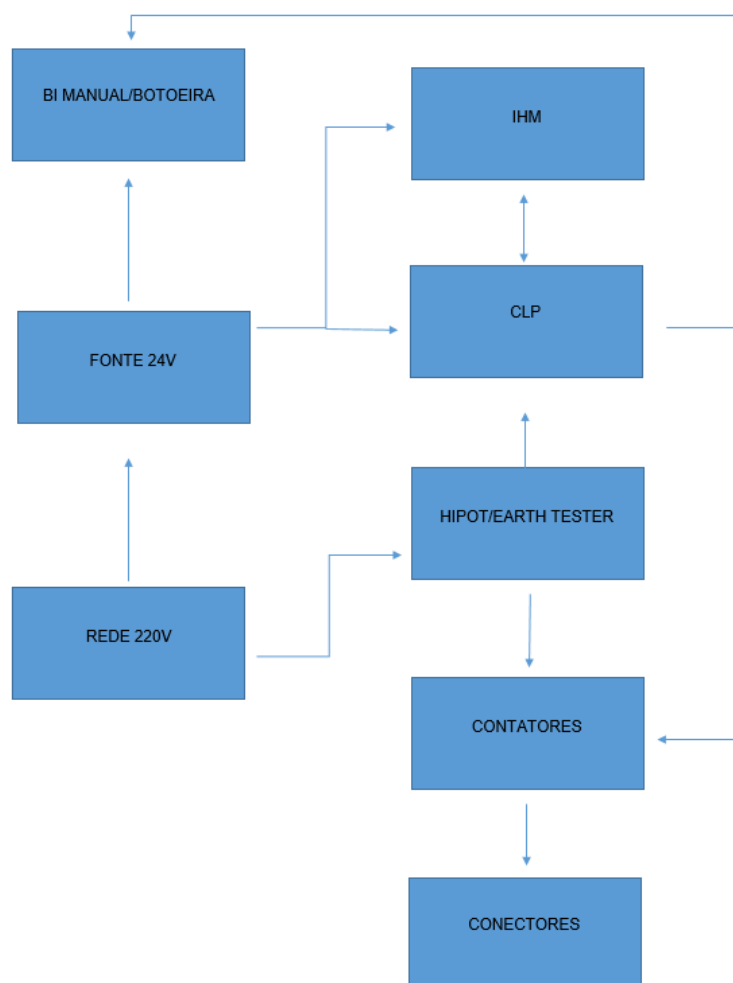


Figura 5: Diagrama de blocos das conexões entre os componentes do projeto.

A rede 220V é a alimentação do local que a máquina está instalada e tem o intuito de energizá-la.

A fonte 24V é uma fonte de tensão contínua responsável por alimentar o CLP, a IHM, a botoeira e o bi manual.

O CLP é o cérebro da máquina, ou seja, é responsável pelo controle de tudo o que irá acontecer, logo está conectado com a IHM, os contactores, os “testes”, o bi manual e a botoeira.

Os aparelhos de teste necessitam de comunicação direta com o CLP, mas além disso eles se encontram isolados dos conectores de teste por contactores, afim de garantir segurança aos operadores que o manusearão.

3.4 Modelagem do Software

Como já foram definidos os componentes a serem usados, suas ligações e os requisitos necessários para a operação como um todo, o próximo passo é então fazer um algoritmo de como o software deve agir durante o processo.

A Figura 6 é referente ao fluxograma de funcionamento da lógica obedecida pelo CLP, considerando as seguintes condições:

- A máquina deverá ter condições iniciais para se começar um ciclo;
- O próximo passo é checar se o operador está ativando o bi manual;
- Após isso devem-se começar os testes e devem ser tomadas todas as medidas de segurança e controle de dados e procedimentos necessárias;
- Se ocorreu reprovação em algum dos testes, a máquina deverá avisar ao operador e realizar o procedimento de reprovação correto;

Caso não ocorra reprovação, a máquina deverá aprovar o produto e novamente seguir os procedimentos corretos de segurança para permitir que o produto testado seja retirado antes de recomeçar um novo ciclo.

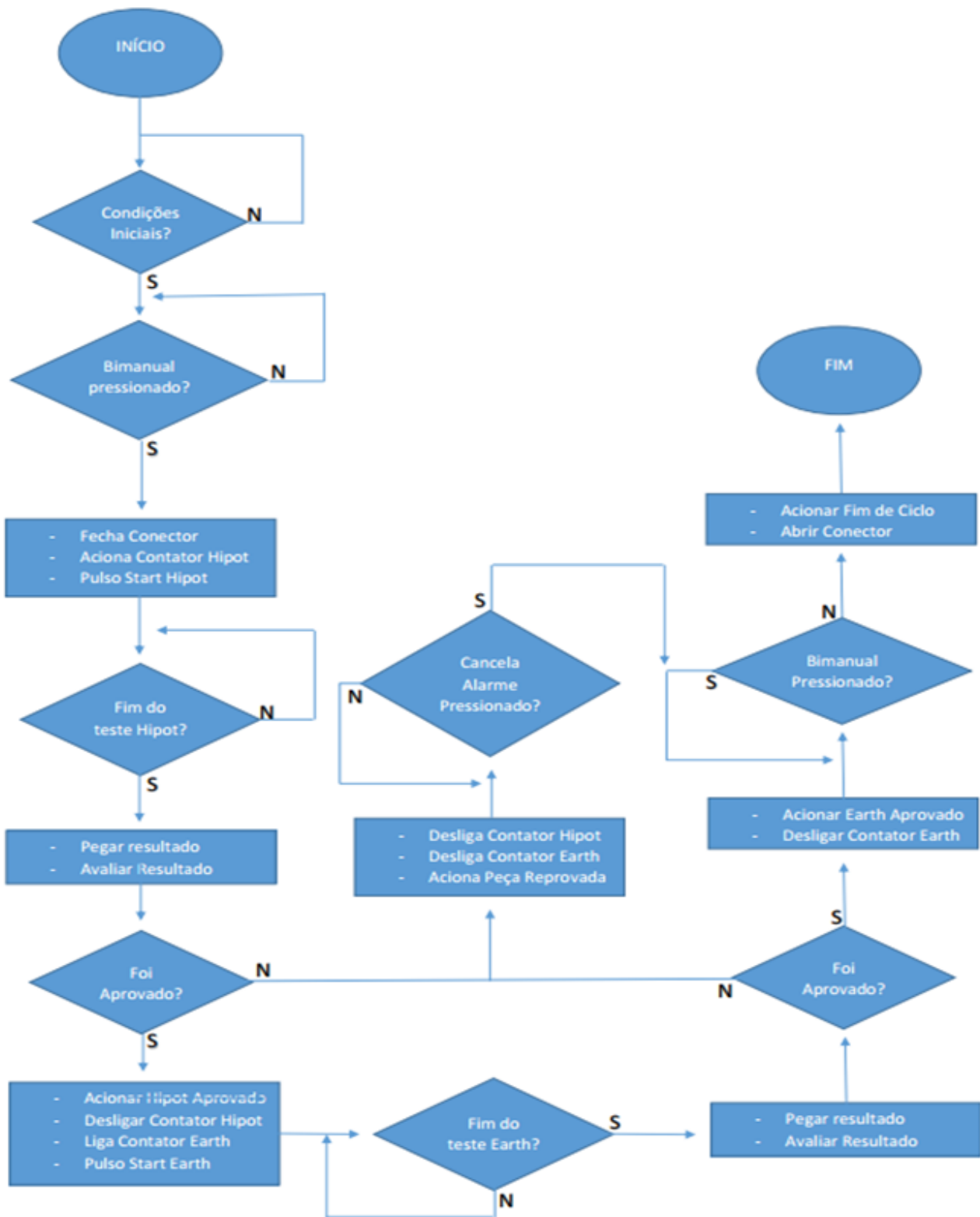


Figura 6: Fluxograma da rotina lógica a ser implementada no CLP.

4. Resultados

Em tópicos anteriores o projeto de criação da máquina foi abordado desde sua motivação inicial, suas características até toda a teoria envolvida em seu funcionamento, entre os equipamentos que a compõem e as funções por ela exercida. Agora, neste tópico, consta uma visão mais técnica e definitiva, separada em partes de hardware e software. O primeiro divide-se em esquema elétrico (concretização do diagrama de blocos apresentado na Figura 5) e a montagem da máquina em si, referente a contemplação mecânica dos aparelhos. Já no setor de software, estão apresentadas as linhas de comando (do CLP e IHM) referentes à lógica obedecida pela máquina. Também está presente em sub tópicos a visão geral do projeto finalizado, com ilustrações de seu resultado final e uma análise sobre o impacto observado pela empresa Peccinin (contratante do projeto) após ter a máquina integrada em sua linha de produção.

4.1 Hardware

Como já dito anteriormente, os resultados que foram obtidos no nosso projeto serão mostrados a seguir, e este tópico em especial servirá para mostrar todo o hardware da máquina.

Uma vez definido, montado e testado, o hardware nos permitirá a dar continuidade ao produto já que o software é programado seguindo também algumas definições de montagem escolhidas no esquema como portas que serão conectados os periféricos ao CLP.

Toda a parte física então foi dividida em duas partes: o projeto do esquema elétrico e a montagem elétrica da máquina, e se encontram a seguir.

4.1.1 Esquema Elétrico

O esquema elétrico foi feito baseado inteiramente no diagrama de blocos (Figura 5) apresentado na modelagem do projeto acima (Capítulo 3) e suas principais partes poderão ser conferidas no apêndice desta monografia (Apêndice A).

O esquema é muito importante por ser um documento entregue ao contratante que permite que qualquer engenheiro que não tenha projetado a máquina entenda seu funcionamento para alguma eventualidade que possa ocorrer. Além disso é a partir dele que os montadores elétricos fazem a montagem da máquina, por tanto é crucial que o projeto seja bem feito e documentado.

Agora abaixo se encontram as partes do esquema feito e que mostram as ligações entre o “HIPOT tester”, o “EARTH tester”, a botoeira, o bi manual e o CLP. Pois

essas ligações serão responsáveis por declarar as variáveis que serão controladas pelo software.

Na Figura 7 está sendo ilustrado alguns dos sinais que estão conectados as entradas do CLP. Entre eles se encontram: “EMERGENCIA OK” que é responsável por avisar se é necessário ou não entrar na rotina de emergência, “BI MANUAL” que indica para o CLP se o bi manual estão ou não pressionados, além de sinais que informam se a máquina tem condições para iniciar um ciclo ou não como o “CANCELA ALARME” e “TESTE ON”.

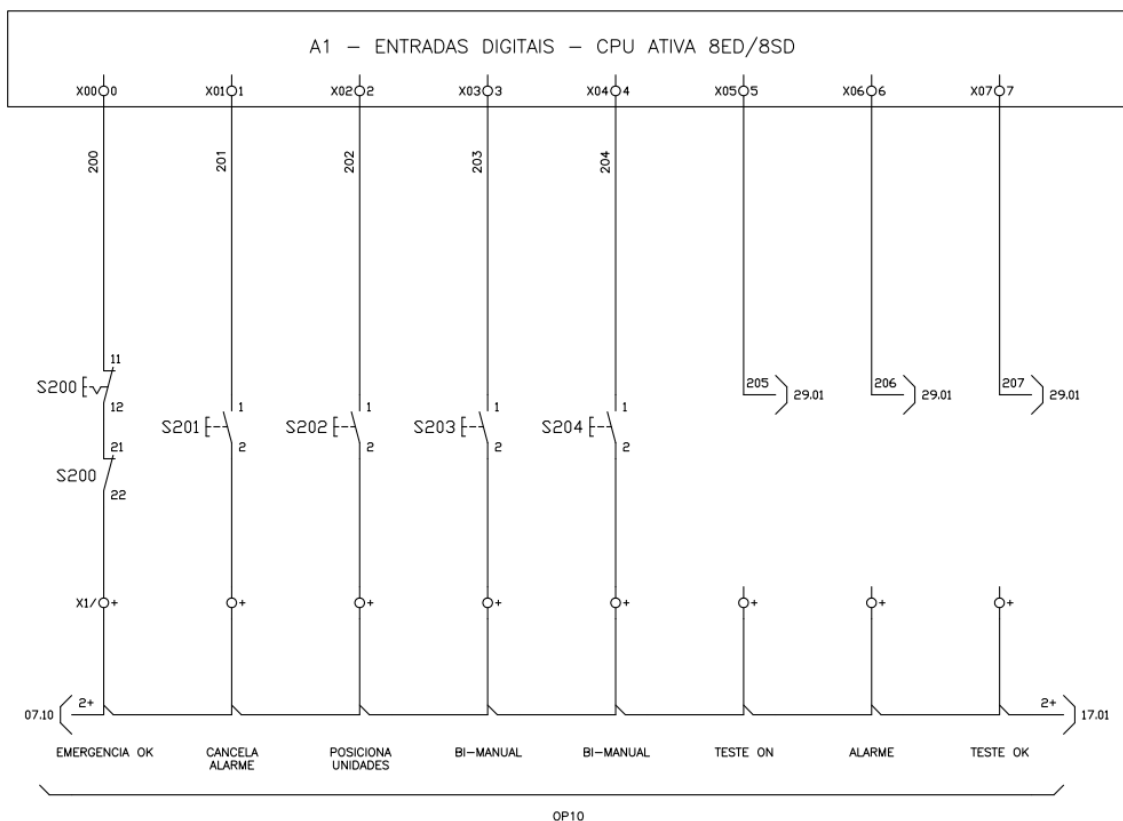


Figura 7: Esquema elétrico das conexões entre periféricos e o CLP.

Já as Figuras 8 e 9 são equivalentes, uma representa o “EARTH” e a outra o “HIPOT”. Em ambas encontramos os sinais de “START” que é responsável pelo início de cada teste, “RESET” que reinicia o teste quando acionado, “TESTE ON” que fica em nível lógico alto sempre que algum aparelho está realizando um teste, “ALARME” que envia um pulso se o aparelho entra em alarme, “TESTE OK” que avisa se o teste foi ok ou não e finalmente “SAIDA CORRENTE” e “SAIDA TENSÃO” que informam os valores lidos de corrente e tensão no último teste realizado.

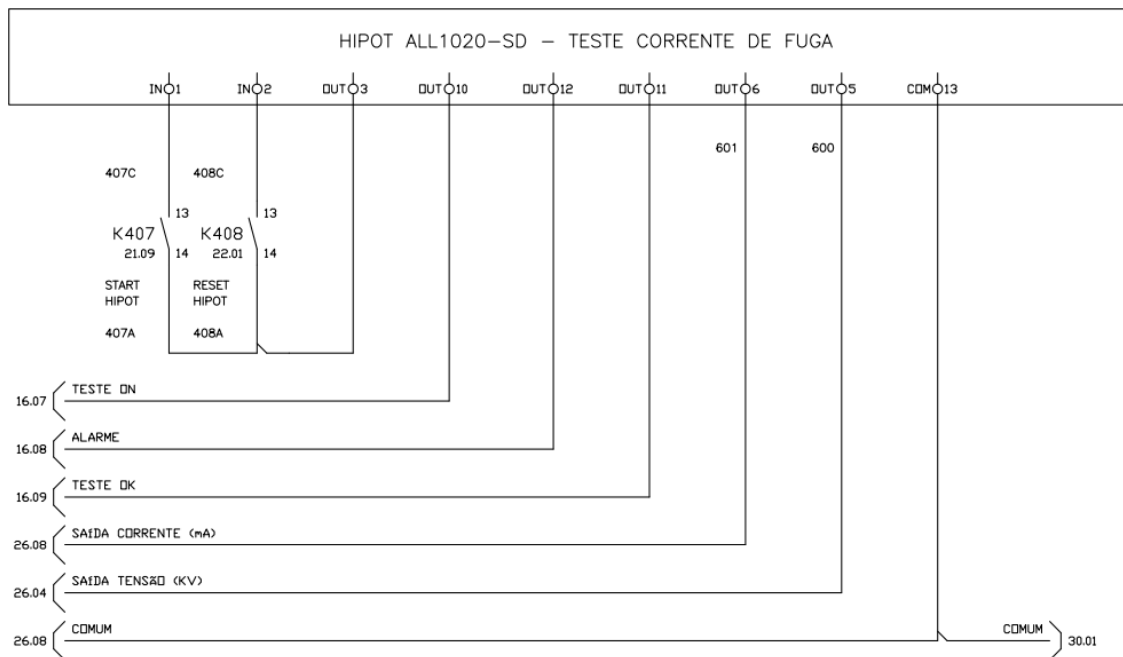


Figura 8: Esquema elétrico das conexões entre o "HIPOT tester" e o CLP.

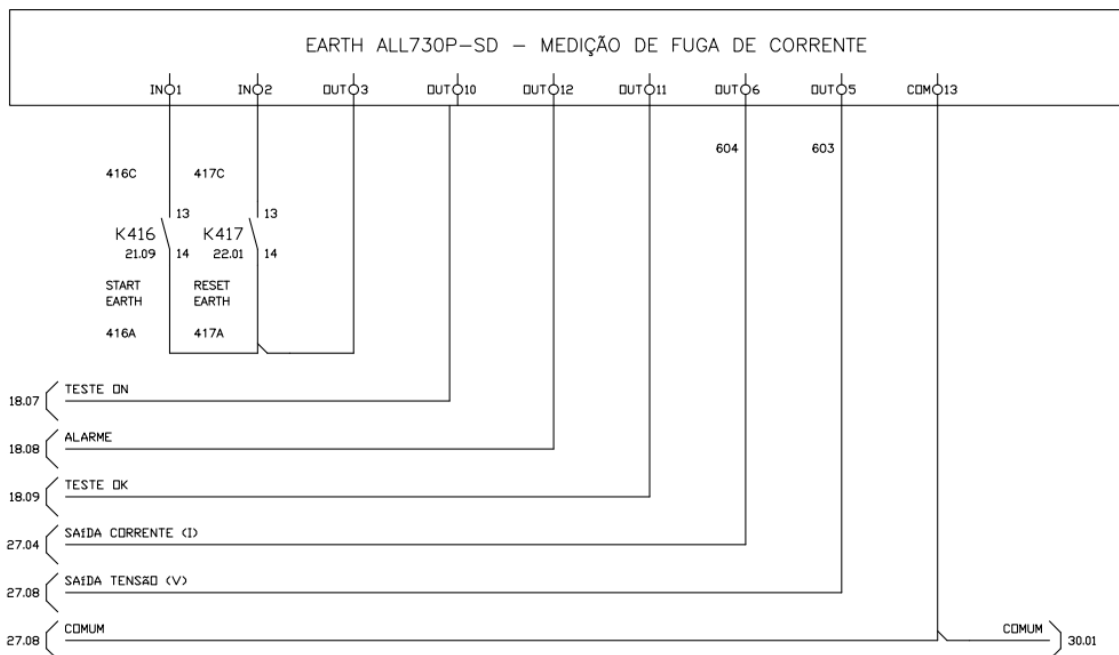


Figura 9: Esquema elétrico das conexões entre o "EARTH tester" e o CLP.

4.1.2 Montagem Elétrica da Máquina

A partir do esquema elétrico completo que segue nos anexos, do parcial que encontra-se na seção acima como também do diagrama de blocos da modelagem do projeto, foi montado então a parte elétrica da máquina, ou seja, o hardware, que será mostrado a seguir.

Todo o esquema foi dividido em dois armários elétricos, um frontal e um traseiro, seguindo a seguinte lógica: no frontal foram montados apenas os contatores isolados que são responsáveis por fazer a segurança da máquina quando estão sendo aplicadas as altas tensões e correntes durante os testes; no traseiro foram montadas todas as outras demais ligações do projeto.

Nas Figuras 10, 11 e 12 então pode-se ver o resultado desta montagem.

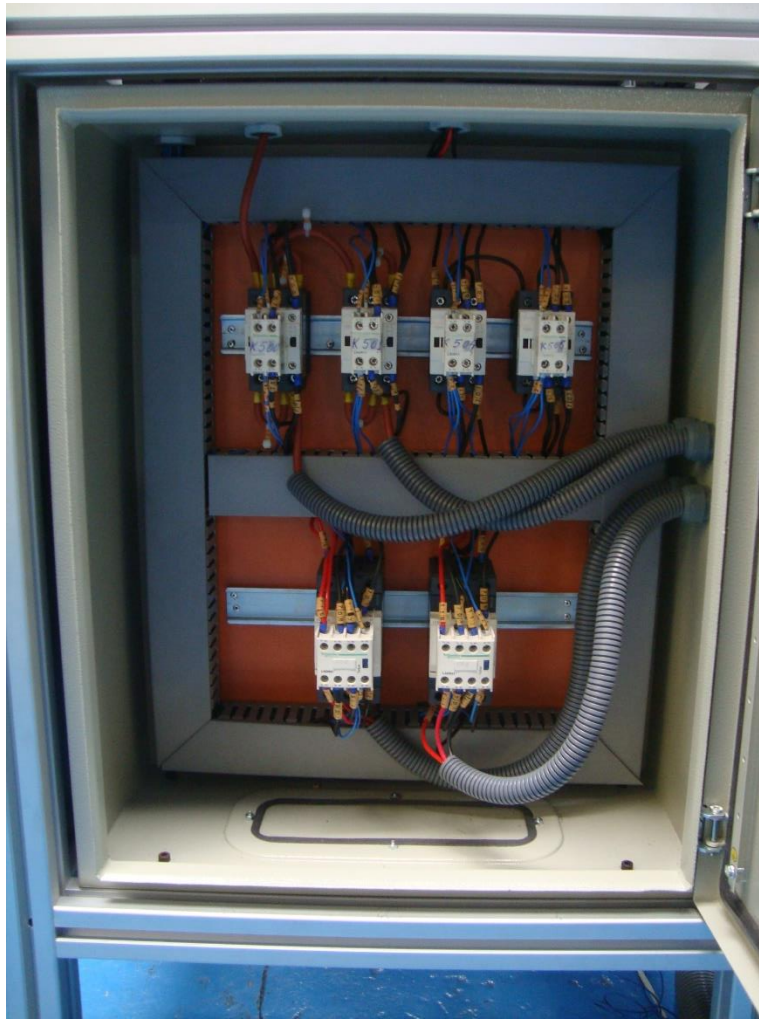


Figura 10: Armário elétrico frontal que aloja os contatores.



Figura 11: Armário elétrico traseiro.



Figura 12: Demais ligações que foram feitas a partir do esquema elétrico.

4.2 Software

Tratando-se de projetos de automação, é evidente que deve existir um setor de programação lógica envolvida. O projeto em questão envolve parte lógica referente à programação de CLP e IHM. Como descrito anteriormente, a linguagem utilizada foi a “ladder”, desenvolvida através do software “CICON Project”, disponível no site da empresa ATIVA-automatização. O projeto possui algumas condições de funcionamento, exigidas pela empresa contratante, e contempla também várias situações de emergência.

4.2.1 Software do CLP

Baseando-se no fluxograma apresentado na seção de modelagem foi possível conceber um programa em linguagem apropriada para o CLP (“ladder”). Neste tópico estão apresentadas as variáveis usadas na programação com seus respectivos nomes, a fim de possibilitar o entendimento do programa feito. Essas variáveis são separadas em cinco tipos básicos diferentes.

As variáveis do tipo X são as variáveis de entrada do CLP, apresentadas na Tabela 1, e foram definidas de acordo com o esquema elétrico apresentado anteriormente e anexado ao trabalho.

Tabela 1: Lista de variáveis de entrada (tipo X).

	Descrição
X0000	OP10 EMERGENCIA OK
X0001	OP10 CANCELA ALARME
X0002	OP10 POS. UNID.
X0003	OP10 BIMANUAL 1
X0004	OP10 BIMANUAL 2
X0005	TESTE ON HIPOT
X0006	ALARME HIPOT
X0007	SINAL HIPOT OK
X0030	OP10 HIPOT ACIONADO
X0031	OP10 EARTH ACIONADO
X003D	TESTE ON EARTH
X003E	ALARME EARTH
X003F	EARTH TESTE OK

A seguir, na Tabela 2, encontram-se as variáveis do tipo Y, referentes as saídas do CLP e que assim como as do tipo X são definidas pelo esquema elétrico.

Tabela 2: Lista de variáveis de entrada (tipo Y).

	Descrição
Y0010	OP10 LED ALARME
Y0011	OP10 LED EM CICLO
Y0012	OP10 LED UNI.POSIC.
Y0013	OP10 LED EARTH OK
Y0014	OP10 LED HIPOT OK
Y0015	OP10 ACIONA HIPOT
Y0016	OP10 ACIONA EARTH
Y0017	START HIPOT
Y0020	RESET HIPOT
Y0028	START EARTH
Y0029	RESET EARTH
Y002A	OP10 ACIONA CONECTOR
Y002C	OP10 SIRENE

Diferentemente das variáveis X e Y, as variáveis dos tipos M, T e D são apenas virtuais, ou seja, o hardware não interfere em sua posição. Por isso são declaradas pelo usuário durante a elaboração do programa e servem de auxílio para a estruturação lógica que relacionará as entradas com as saídas.

As variáveis do tipo M (Tabela 3) são auxiliares (flags), enquanto as do tipo T (Tabela 4) referem-se aos temporizadores, blocos funcionais que desempenham ações de espera no programa proporcional ao seu valor. E por fim as variáveis do tipo D (Tabela 5) são memórias que servem para armazenar valores desejados de acordo com a necessidade do programa ou usuário.

Tabela 3: Lista de variáveis do tipo M.

	Descrição
M0000	OP10 COMANDO LIGADO
M0002	OP10 CONDIÇÕES INICIAIS
M0004	CONTADORES DESABILITADOS
M0005	OP10 BIMANUAL OK
M0007	OP10 BIT EM CICLO
M0009	OP10 EARTH TESTE OK
M0011	OP10 HIPOT TESTE OK
M0013	COND. EARTH OP10
M0014	COND. HIPOT OP10
M0015	INC. CONTADORES APROVADOS OP10
M0016	AUX. DE REPROVA
M0020	AUX RESETA CONTADORES OP10
M0021	INC. CONTADORES APROVADOS OP20
M0022	AUX. DE REPROVA
M0023	AUX RESETA CONTADORES OP20
M0024	AUX. EMERG. BIMANUAL OP10
M0026	HABILITA OP10
M0028	OP10 AUX. CANCELA ALARME
M0029	OP20 AUX. CANCELA ALARME
M0040	AUX ACIONA HIPOT OP10
M0041	AUX ACIONA EARTH OP10
M0050	OP10 AUX TABELA

Tabela 4: Lista de variáveis do tipo T.

	Descrição
T00000	TEMPORIZADOR COMANDO LIGADO OP10
T00002	TEMPO DE ACOMODAÇÃO CONECTOR OP10
T00004	OP10 TEMPO DE TESTE EARTH
T00005	TEMPO DE ACOM. CONTATOR EARTH OP10
T00006	TEMPO DE ACOM. CONTATOR HIPOT OP10
T00007	TEMPO BIMANUAL OP10
T00009	ACOM. CONTATO EARTH
T00010	OP10 GERA PULSO START EARTH
T00011	ACOM. CONTATO HIPOT
T00012	OP10 GERA PULSO START HIPOT
T00013	OP10 TEMPO DE TESTE HIPOT
T00022	OP10 TEMP. SUPERV. PASSO
T00025	OP10 TEMPO DE CICLO

Tabela 5: Lista de variáveis do tipo D.

	Descrição		Descrição
D00000	OP10 PASSO AUTO	D00212	OP10 CONT. TOTAL PEÇAS NOK
D00002	OP10 MSG. DE ALARME	D00300	OP10 TENSÃO EARTH T
D00004	OP10 PASSO EMERG.	D00302	OP10 CORRENTE EARTH T
D00006	OP10 PAR. TEMPO DE TESTE E	D00304	OP10 RESISTÊNCIA T
D00007	OP10 PAR. TEMPO DE TESTE H	D00306	OP10 PAR. RESISTENCIA MAX.
D00010	TENSÃO EARTH V	D00310	OP10 CORRENTE HIPOT T
D00011	CORRENTE EARTH	D00312	OP10 PAR. CORRENTE MAX.
D00012	RESISTÊNCIA EARTH	D00318	RESULTADO OP10
D00013	TENSÃO HIPOT	D00322	PAR. MUL TENS.EARTH
D00014	CORRENTE HIPOT	D00324	PAR. DIV TENS.EARTH
D00015	OP10 CONT. PARC. PEÇAS OK	D00326	PAR.OFFS TENS.EARTH

D00016	OP10 CONT. PARC. PEÇAS NOK	D00328	PAR.MUL TENS.HIPOT
D00051	OP10 PASSO TABELA RES.	D00330	PAR.DIV TENS.HIPOT
D00100	AUX TENSÃO HIPOT	D00332	PAR.OFFS TENS.HIPOT
D00101	CORRENTE EARTH	D00334	PAR.MUL CORR.EARTH
D00102	AUX CORRENTE EARTH	D00336	PAR.DIV CORR.EARTH
D00104	AUX TENSÃO HIPOT	D00338	PAR.OFFS TENS.EARTH
D00106	AUX CORRENTE HIPOT	D00340	PAR.MUL.CORR.HIPOT
D00108	CORRENTE HIPOT	D00342	PAR.DIV.CORR.HIPOT
D00200	TENSÃO EARTH	D00344	PAR.ADD.OFFS.HIPOT
D00202	CORRENTE EARTH	D00346	OP10 PAR.TEMP.SUPERV.PASSO
D00204	RESISTÊNCIA EARTH	D00350	OP10 MSG.AUTODIAGNOSE
D00206	TENSÃO HIPOT	D00362	OP10 PAR. RES MIN.
D00208	CORRENTE HIPOT	D00364	OP10 PAR.CORR.MIN.
D00210	OP10 CONT. TOTAL PEÇAS OK		

O programa foi desenvolvido fazendo-se uso das variáveis acima declaradas e no ambiente do software CICON Project, da Ativa, e se encontra no Apêndice B deste trabalho.

4.2.2 Software da IHM

A IHM é um recurso muito útil para o projeto, uma vez que é somente por ela que os ajustes de configurações da máquina são feitos, ou seja, a IHM é a interface que faz o diálogo entre o operador e o CLP.

A partir dela é possível seguir passo a passo os procedimentos que a máquina está realizando ou ver o motivo porque a mesma não está realizando uma determinada operação. Ela marca os resultados obtidos nos últimos doze testes além de marcar as tensões e correntes lidas em cada ensaio.

Nela é possível também escolher os parâmetros pertinentes para cada teste, como por exemplo o tempo que deve durar o teste de continuidade de aterramento ou o tempo que deve durar o teste de tensão suportável. Além de se poder consultar um contador que informa quantas peças foram aprovadas e rejeitadas até então.

Logo para materializar o que foi dito a cima, a seguir serão mostradas algumas das telas confeccionadas que são rodadas na IHM da máquina feita.

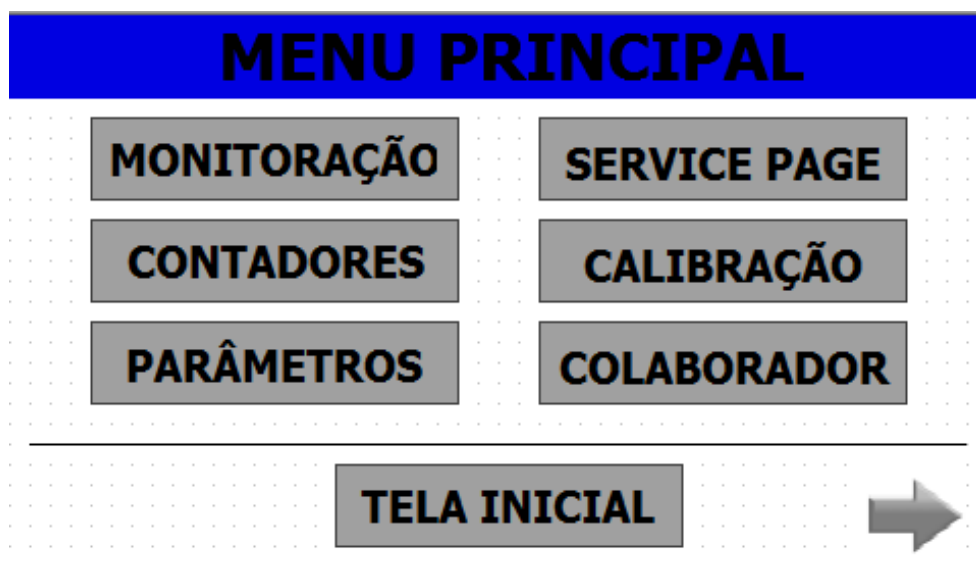


Figura 13: Tela da IHM referente ao menu principal da máquina.



Figura 14: Tela da IHM onde é feita a seleção dos parâmetros pelo usuário.



Figura 15: Tela da IHM referente aos contadores totais e parciais da máquina.

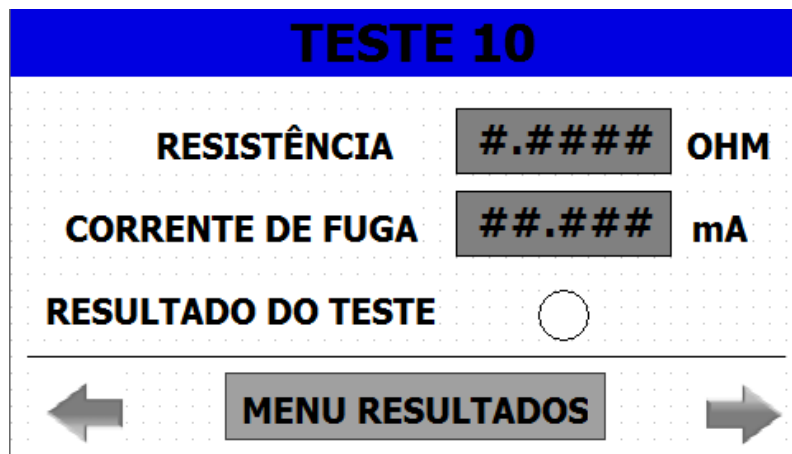


Figura 16: Tela da IHM referente a décima posição da memória de últimos resultados.

4.3 Montagem Completa do Projeto

Agora que os projetos finais de software e hardware elétrico já foram executados e mostrados acima o objetivo principal está concluído, mas cabe ainda mostrar neste tópico como ficou a máquina depois de pronta. É válido lembrar também que os projetos elétricos desenvolvidos neste trabalho foram apenas parte da máquina e que outros engenheiros fizeram o projeto e montagem mecânica e o projeto e montagem pneumática. As imagens que seguem foram algumas fotos feitas da máquina pronta pouco antes de ser entregue a Peccinin.



Figura 17: Máquina pronta sendo testada antes de ser entregue ao cliente.



Figura 18: Botoneira para sinalização de auxílio para o operador.



Figura 19: Dispositivo pneumático que prende o fio do motor durante o teste.



Figura 20: Visão frontal da máquina projetada.



Figura 21: Testes finais da máquina.

4.4 Visita Técnica

Passado um ano da instalação da máquina na Peccinin, os alunos fizeram uma visita técnica que visava observá-la dentro da linha produção. Além disso foi feita uma pesquisa com os funcionários da empresa com o objetivo de saber se o produto atendeu aos requisitos prometidos e como foi a implantação do mesmo na linha em que se encontra.

É evidente que a necessidade de realização dos ensaios de rotina contribui para um aumento no tempo de produção de um motor. Contudo, a máquina desenvolvida consegue atender as exigências do INMETRO da maneira mais eficiente possível. A conclusão que se pode tirar é de que a aquisição da máquina se tratou de um bom investimento por parte da empresa Peccinin, que foi aprovada nos requisitos do INMETRO por um auditor alguns meses depois da entrega da máquina feita.

5. Conclusão

Este trabalho teve por objetivo a consolidação do projeto de uma máquina capaz de automatizar dois testes de segurança em eletrodomésticos. Tais testes são referentes às novas exigências do INMETRO, divulgadas na portaria 371 de dezembro de 2009. Para tanto, foi requerido dos alunos o aprofundamento sobre a norma e os diversos conceitos de automação envolvidos e aplicados. Após os alunos terem se munido da teoria suficiente para realização do projeto, foram analisados os equipamentos que seriam mais compatíveis e convenientes para a inserção e desenvolvimento na máquina. Depois de inteiramente projetada, a máquina foi montada e programada conforme todos os requisitos necessários e exigidos. Finalizada a montagem, iniciaram-se os testes de funcionamento para checar a existência de erros ou eventuais modificações técnicas. Comprovada a eficácia da máquina, de acordo com os padrões estabelecidos e suas funcionalidades, o projeto foi tido como aprovado e está encaminhado para uso.

As modelagens do Capítulo 3 mostram que desde o início do projeto foram escolhidos as peças corretas e os melhores procedimentos para se realizarem os testes de continuidade de aterramento e de tensão suportável. A partir dessa modelagem, no Capítulo 4, foram feitos todos os projetos de hardware e software necessários para o funcionamento do produto, que foi testado e aprovado pelo comprador antes de ter sido colocado em uso.

Por fim, é possível avaliar o projeto como completo e funcional. Em visita técnica à empresa contratante do serviço, dois anos após sua entrega, foi observado que a máquina segue em pleno funcionamento, sem nenhum relato de mau funcionamento. E além disso, a Peccinin recebeu uma visita do INMETRO para checar como estavam sendo feitos os ensaios e recebeu certificado de aprovação nos testes, ou seja, o projeto também foi reconhecido por um dos mais importantes órgãos de normas para segurança do país.

Este trabalho buscou apresentar de forma detalhada e explicativa os diversos passos de criação da máquina desenvolvida pelos alunos, desde a motivação do projeto até sua modelagem e criação.

Referências Bibliográficas

ALL CONTROL, “Aplicação e Especificações do Earth tester”, disponível em:<<http://allcontrol.com.br/earthtester.htm>>. Acesso em: 21 ago. 2014.

ALL CONTROL, “Aplicação e Operação do AC Hipot tester”, disponível em:<<http://allcontrol.com.br/hipo1020.htm>>. Acesso em: 21 ago. 2014.

ATIVA-AUTOMAÇÃO, disponível em:<<http://www.ativa-automacao.com.br>>. Acesso em: 25 set. 2014.

BRYAN, L. A.; BRYAN, E.A. **Programmable Controllers: Theory and Implementation**, second edition. Editora: Industrial Text.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO; Portaria nº 371, de 29 de dezembro de 2009; disponível em:<<http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/RTAC001519.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2014.

KINDERMANN, G. **Choque Elétrico**, Florianópolis: Sagra Luzzato, 2000.

MARQUES, D. Choques Elétricos – Brasil Escola, disponível em:<<http://www.brasilecola.com/fisica/choques-eletricos.htm>>.

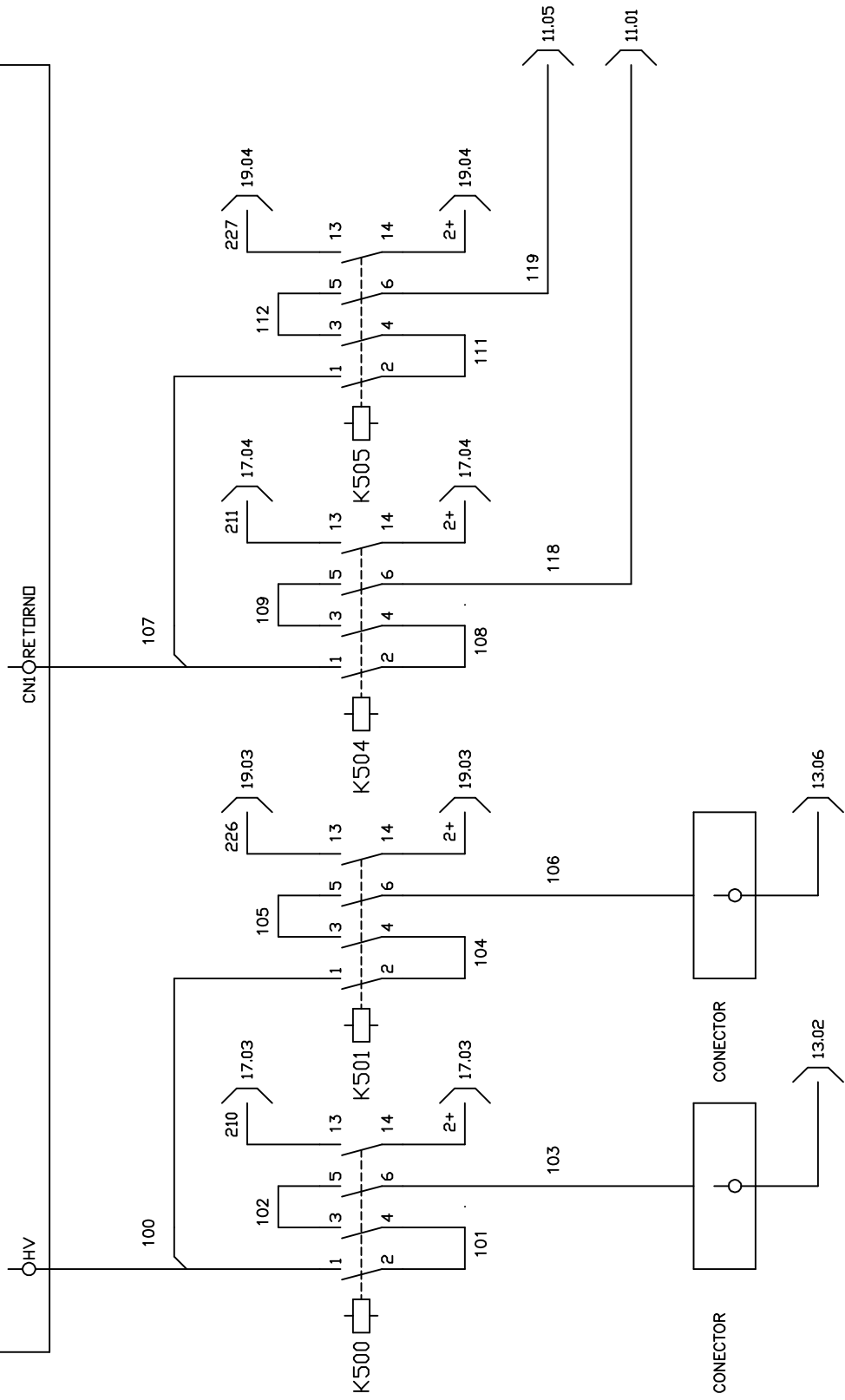
PUPO, M. S. **Interface homem-máquina para supervisão de um CLP em controle de processos através da WWW**, Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2002.

RALIZE, C. H. R.; MARQUES, R. S. **AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS – MÓDULO I**, Apostila, (2002);

Apêndices

Apêndice A: Principais Partes do Esquema Elétrico em CAD

HIPOT ALL1020-SD - TESTE CORRENTE DE FUGA

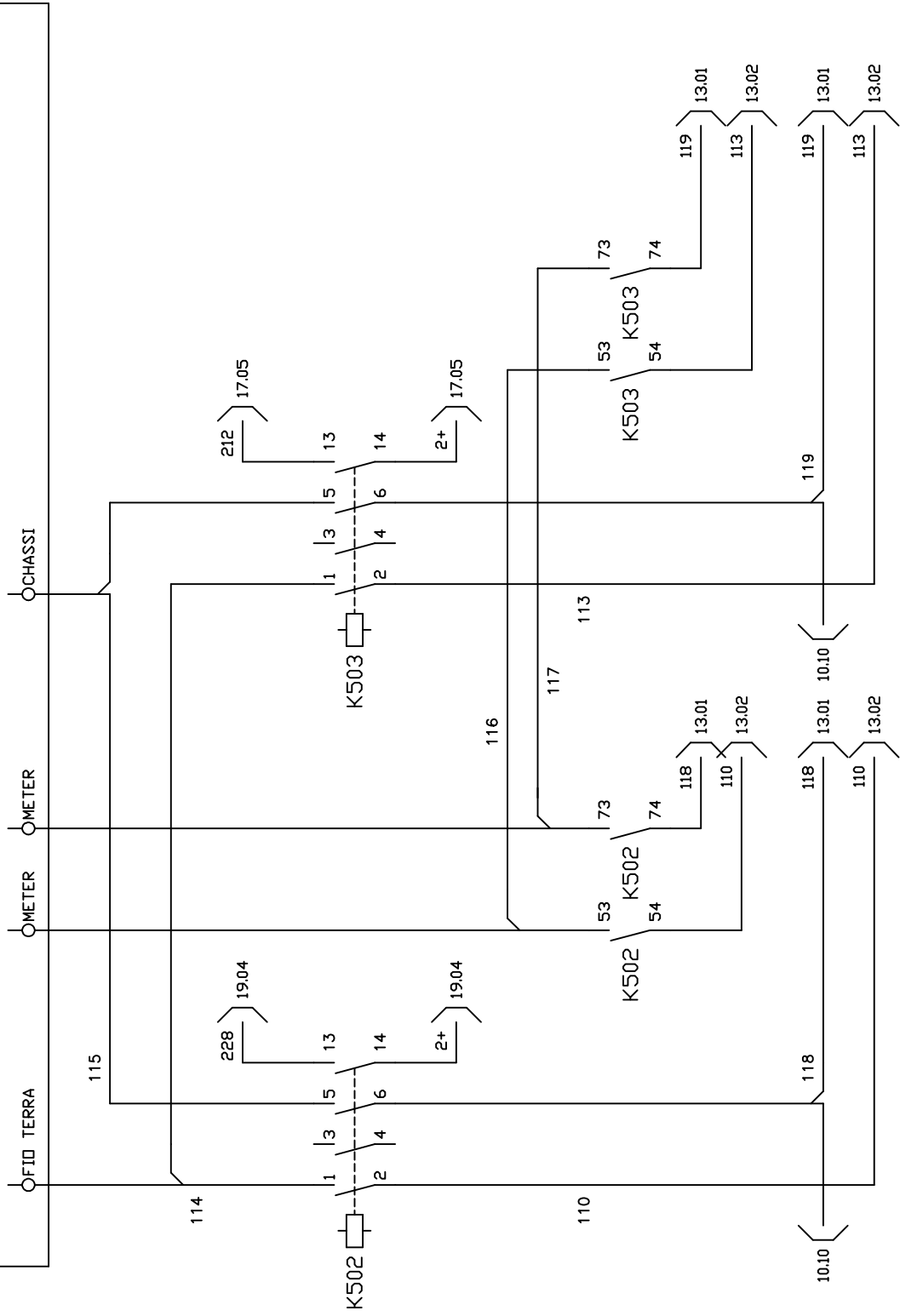


01 02 03 04 05 06 07 08 09 10

ESQUEMA DE LIGAÇÃO HIPOT		TÍTULO		MODIFICAÇÃO DO POSTO FINAL DA LINHA DE MONTAGEM DE AUTOMATIZADOR		N°		FOLHA 10 DE 42	
PROJ.		REMAN		REMAN		DATA		27/11/12	
DESENH.		REMAN		REMAN		RESPON.		LAERSON	
Tecnologia em Automação LTDA									



EARTH ALL730P-SD MEDIÇÃO DE FUGA DE CORRENTE



01 02 03 04 05 06 07 08 09 10



Tecnologia em Automação LTDA

PROJ.	RENAN	RESPON.	LAERSON
DESENH.	RENAN	DATA	27/11/12

Nº E4320000

FOLHA 11 DE 42

ESQUEMA DE LIGAÇÃO EARTH

TÍTULO MODIFICAÇÃO DO POSTO FINAL DA LINHA DE MONTAGEM DE AUTOMATIZADOR



Tecnologia em Automação LTDA

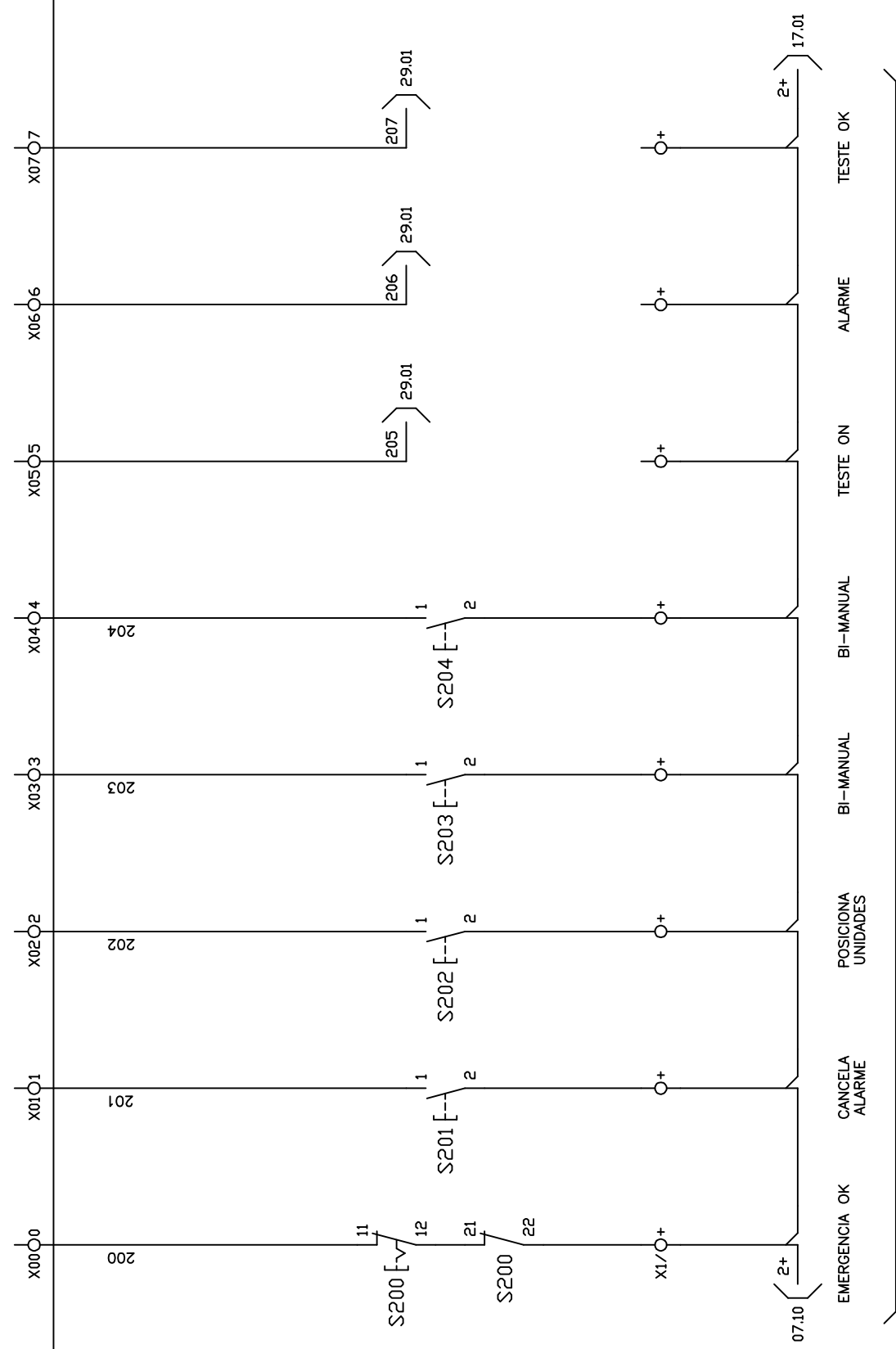
PROJ.	RENAN	RESPON.	LAERSON
DESENH.	RENAN	DATA	27/11/12

TTULO MODIFICAÇÃO DO POSTO FINAL DA LINHA DE MONTAGEM DE AUTOMATIZADOR

Nº E4320000

FOLHA 16 DE 42

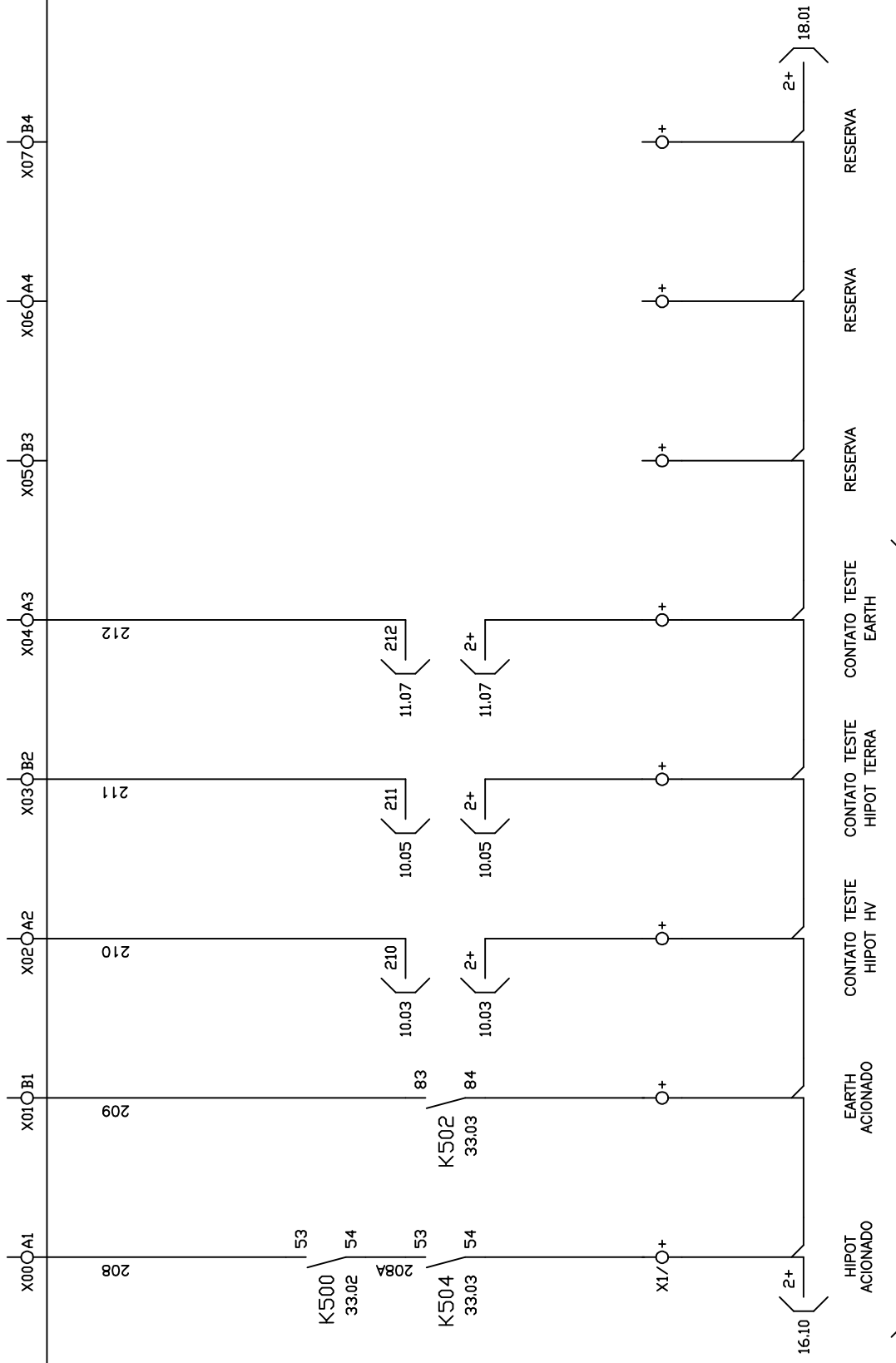
A1 - ENTRADAS DIGITAIS - CPU ATIVA 8ED/8SD



OP10
FIAÇÃO COMANDO 24VDC 0,5mm2 AZUL PARA POSITIVO & 0,5mm2 BRANCO PARA NEGATIVO

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10

A4 - ENTRADAS DIGITAIS - 32ED



OP10
 FIAÇÃO COMANDO 24VDC 0,5mm2 AZUL PARA POSITIVO & 0,5mm2 BRANCO PARA NEGATIVO

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

TITULO		MODIFICAÇÃO DO POSTO FINAL DA LINHA DE MONTAGEM DE AUTOMATIZADOR		N°		E4320000	
PROJ.		RENAN		RESPON.		LAERSON	
DESENH.		RENAN		DATA		27/11/12	

FOLHA 17 DE 42



Tecnologia em Automação LTDA



Tecnologia em Automação LTDA

PROJ. RENAN

RESENHA RENAN

RESPON. LAERSON

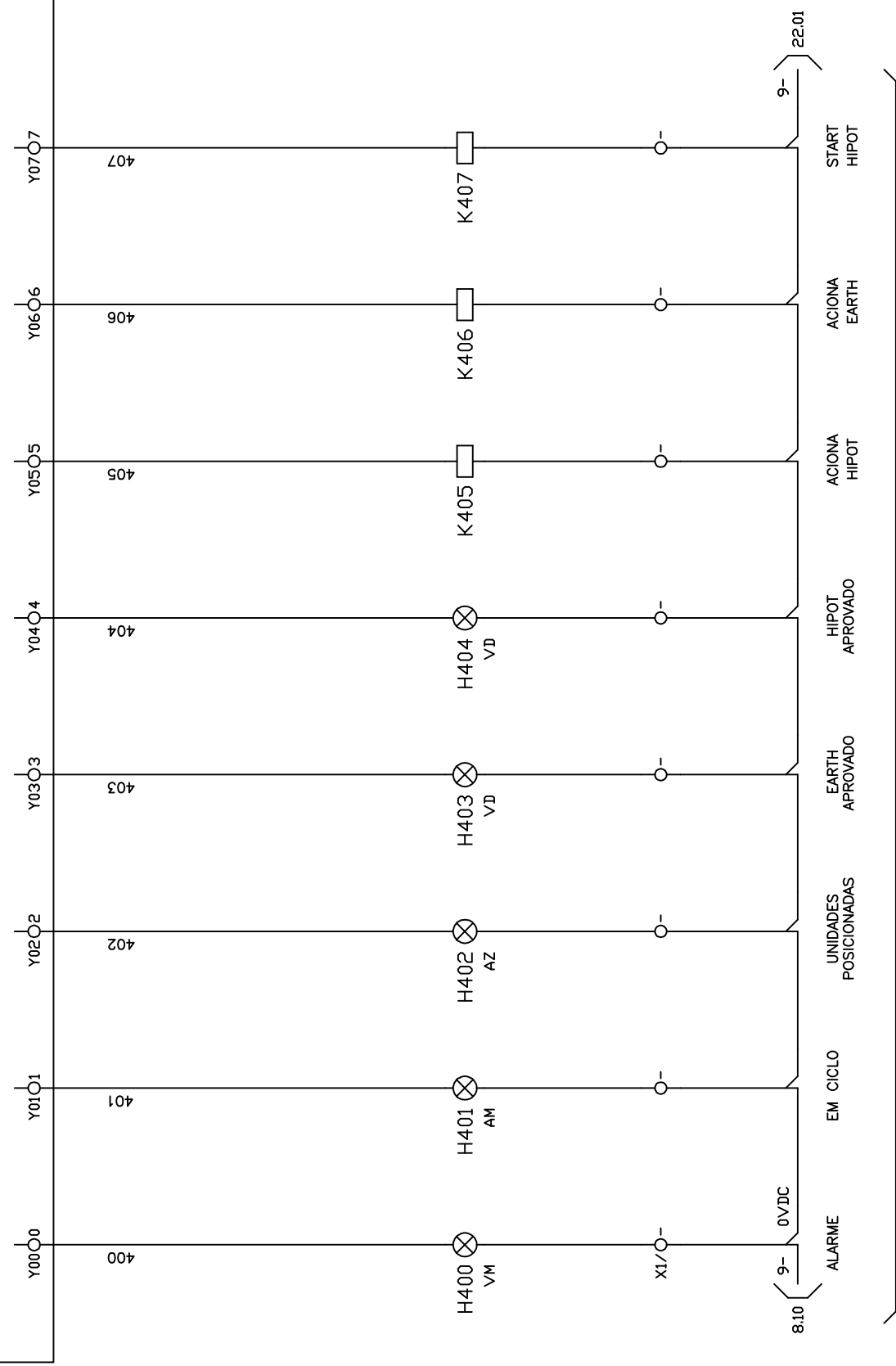
DATA 27/11/12

Nº E4320000

FOLHA 21 DE 42

SAÍDAS DIGITAIS

A1 - SAÍDAS DIGITAIS - CPU ATIVA 8ED/8SD



OP10

FIAÇÃO COMANDO 24VDC 0,5mm2 AZUL PARA POSITIVO & 0,5mm2 BRANCO PARA NEGATIVO

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10



Tecnologia em Automação LTDA

PROJ. RENAN

RESEN RENAN

RESPON. LAERSON

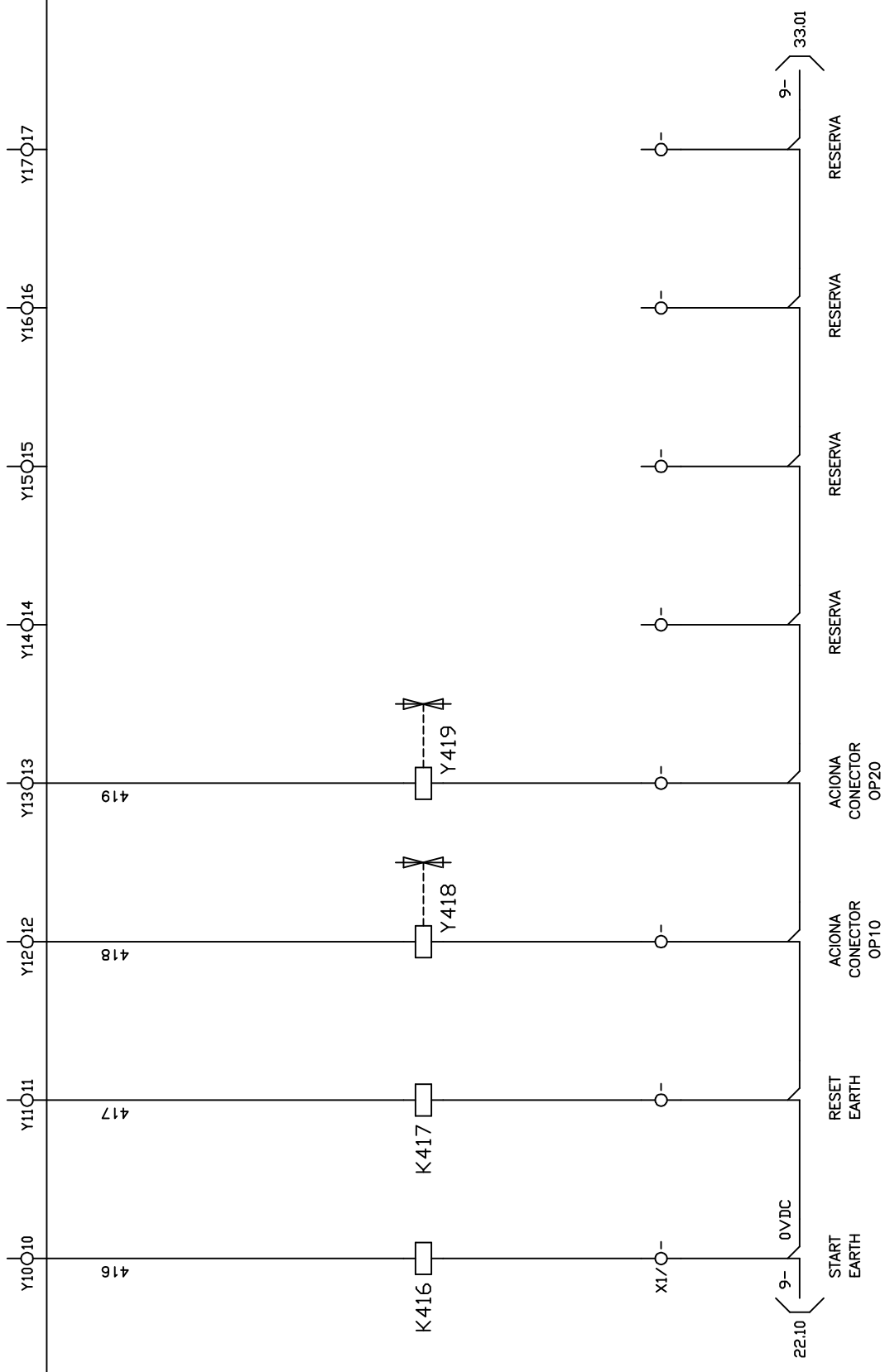
DATA 27/11/12

TÍTULO MODIFICAÇÃO DO POSTO FINAL DA LINHA DE MONTAGEM DE AUTOMATIZADOR

Nº E4320000

SAÍDAS DIGITAIS

A2 - SAÍDAS DIGITAIS - 16SD



FIAÇÃO COMANDO 24VDC 0,5mm2 AZUL PARA POSITIVO & 0,5mm2 BRANCO PARA NEGATIVO

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10



Tecnologia em Automação LTDA

PROJ. RENAN

DESENH. RENAN

DATA 27/11/12

RESPON. LAERSON

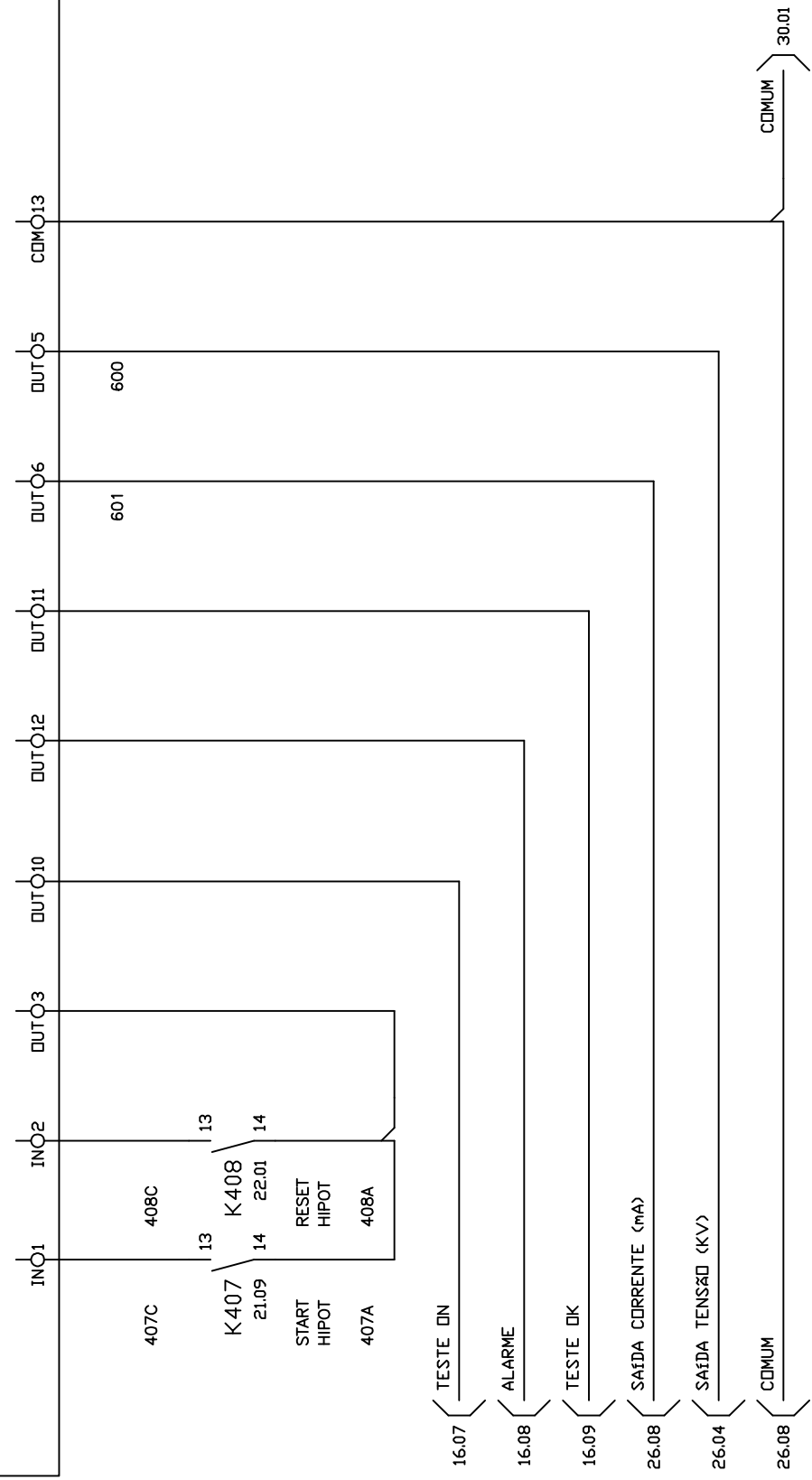
TÍTULO MODIFICAÇÃO DO POSTO FINAL DA LINHA DE MONTAGEM DE AUTOMATIZADOR

Nº E4320000

ESQUEMA DE LIGAÇÃO HIPOT

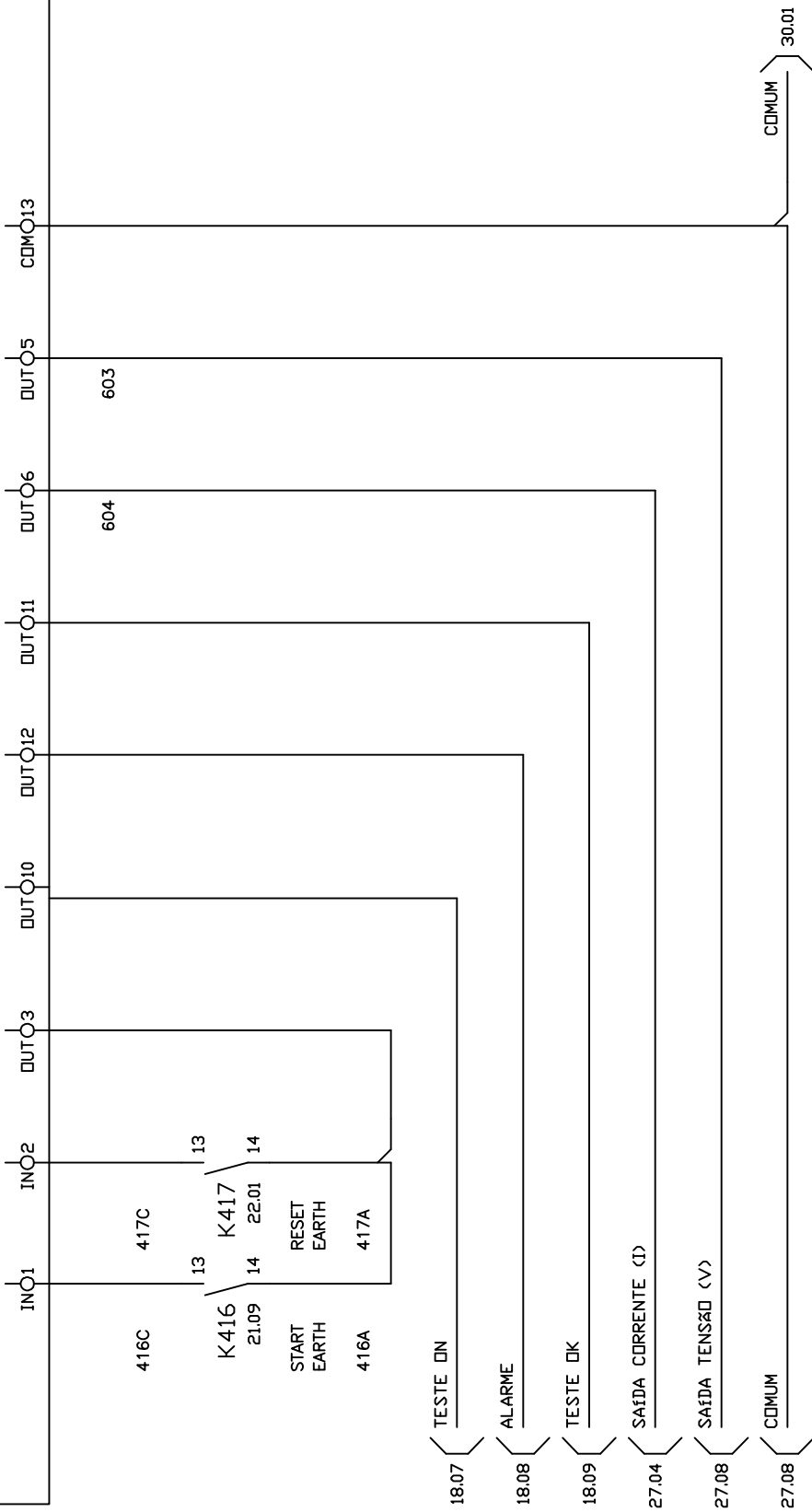
FOLHA 29 DE 42

HIPOT ALL1020-SD - TESTE CORRENTE DE FUGA



01 02 03 04 05 06 07 08 09 10

EARTH ALL730P-SD – MEDIÇÃO DE FUGA DE CORRENTE



01 02 03 04 05 06 07 08 09 10

N°	E4320000		
	27/11/12	DATA	RENAN
PROJ.	RENAN	RESPON.	LAERSON
Tecnologia em Automação LTDA			
DESENH.	RENAN	DATA	27/11/12
MODIFICAÇÃO DO POSTO FINAL DA LINHA DE MONTAGEM DE AUTOMATIZADOR			
ESQUEMA DE LIGAÇÃO EARTH TESTER			
FOLHA 30 DE 42			





Tecnologia em Automação LTDA

PROJ. RENAN

REMAN

RESPON. LAERSON

DATA 27/11/12

Nº E4320000

CIRCUITO DE COMANDO DO TESTE ELÉTRICO

FOLHA 33 DE 42

06.10 R1

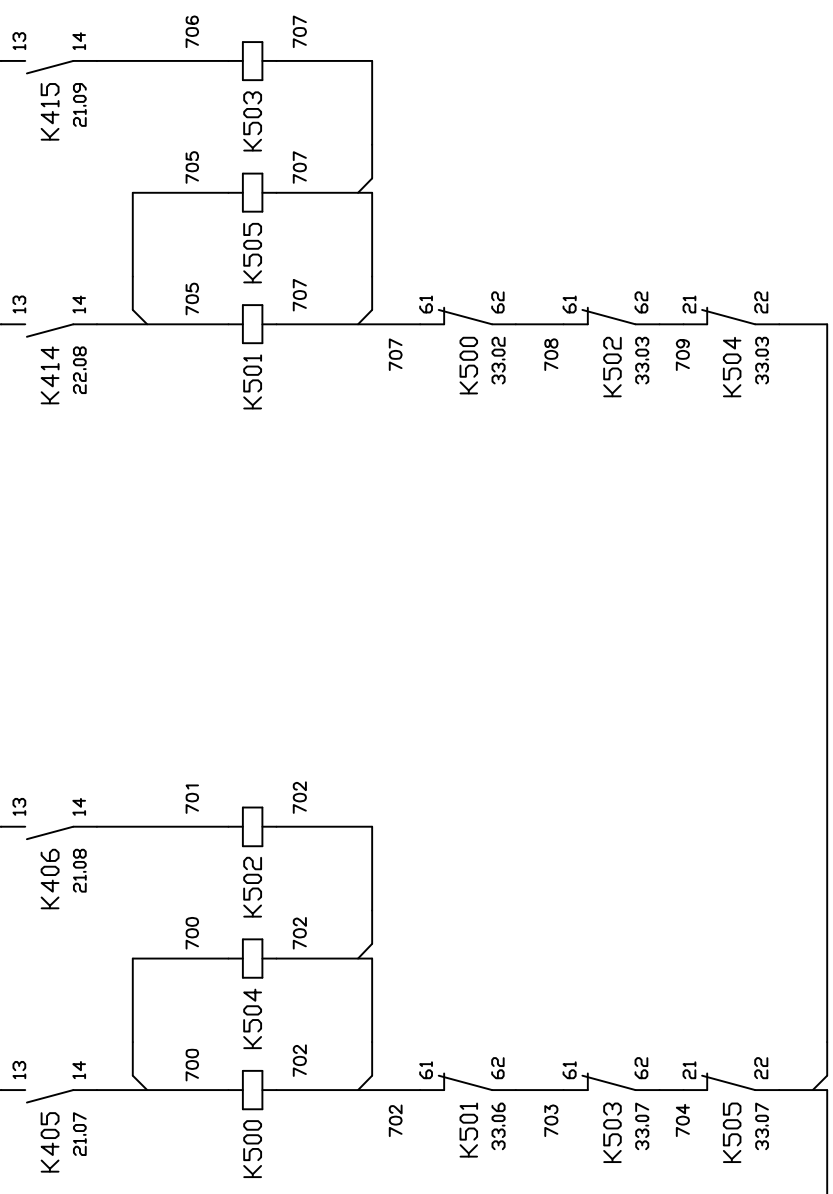
06.10 S1

ACIONA EARTH POSTO 20

ACIONA HIPOT POSTO 20

ACIONA EARTH POSTO 10

ACIONA HIPOT POSTO 10



NA	NF	NA	NF	NA	NF	NA	NF
11.02	33.06	11.04	33.06	12.06	33.02	12.08	33.02
11.02	11.04	11.04	11.04	12.06	12.06	12.08	12.08
11.02	17.02	11.04	17.03	12.06	19.02	12.08	19.03

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10



Tecnologia em Automação LTDA

PROJ. RENAN

DESENH. RENAN

RESPON. LAERSON

DATA 27/11/12

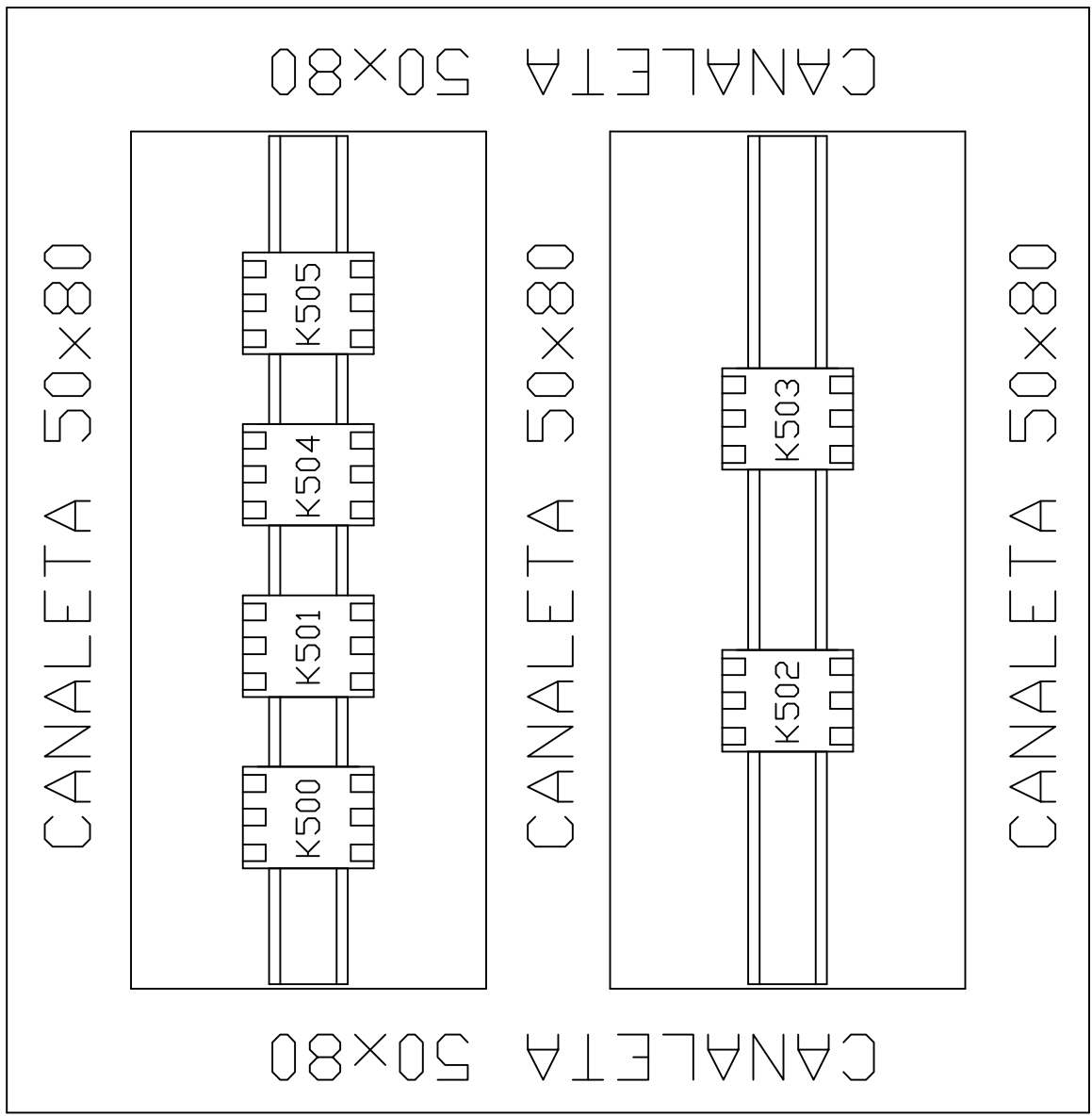
Nº E4320000

FOLHA 36 DE 42

TTULO MODIFICAÇÃO DO POSTO FINAL DA LINHA DE MONTAGEM DE AUTOMATIZADOR

LAYOUT DA PLACA DE MONTAGEM DO QUADRO DE COMANDO

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10



CANALETA 50x80

CANALETA 50x80

CANALETA 50x80

CANALETA 50x80

CANALETA 50x80

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10



Tecnologia em Automação LTDA

PROJ. RENAN

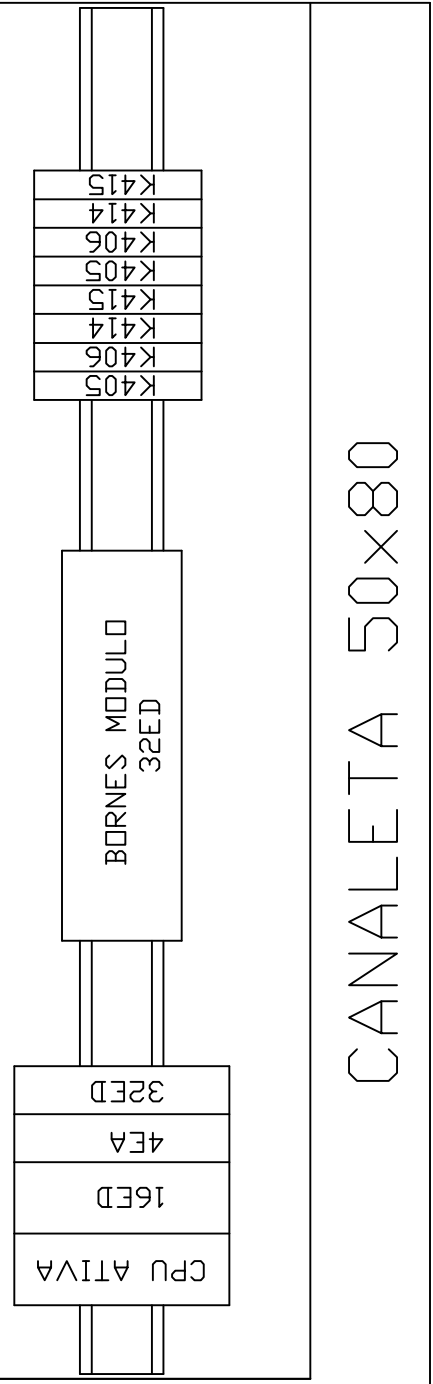
RESENHA RENAN

RESPON. LAERSON

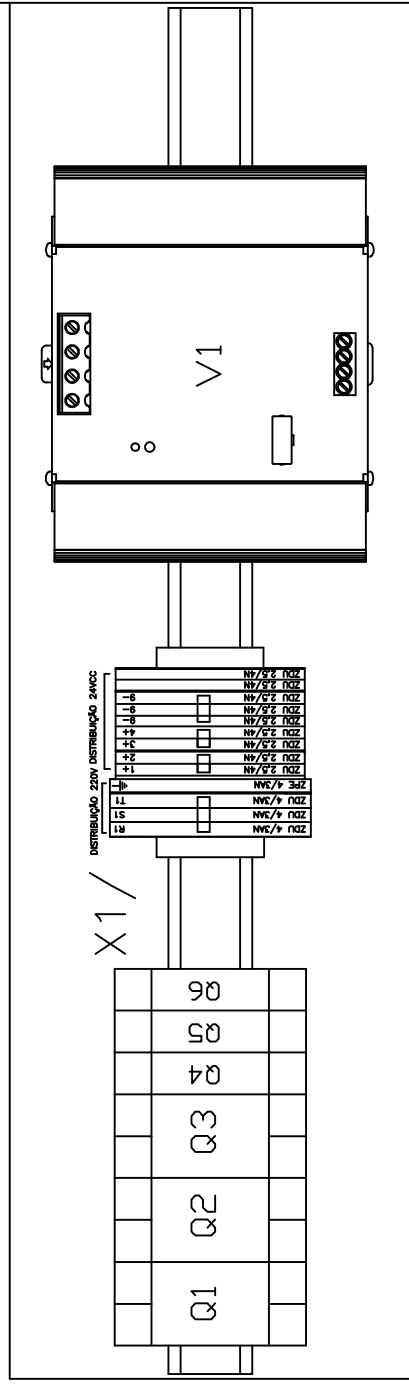
DATA 27/11/12

Nº E4320000

FOLHA 39 DE 42



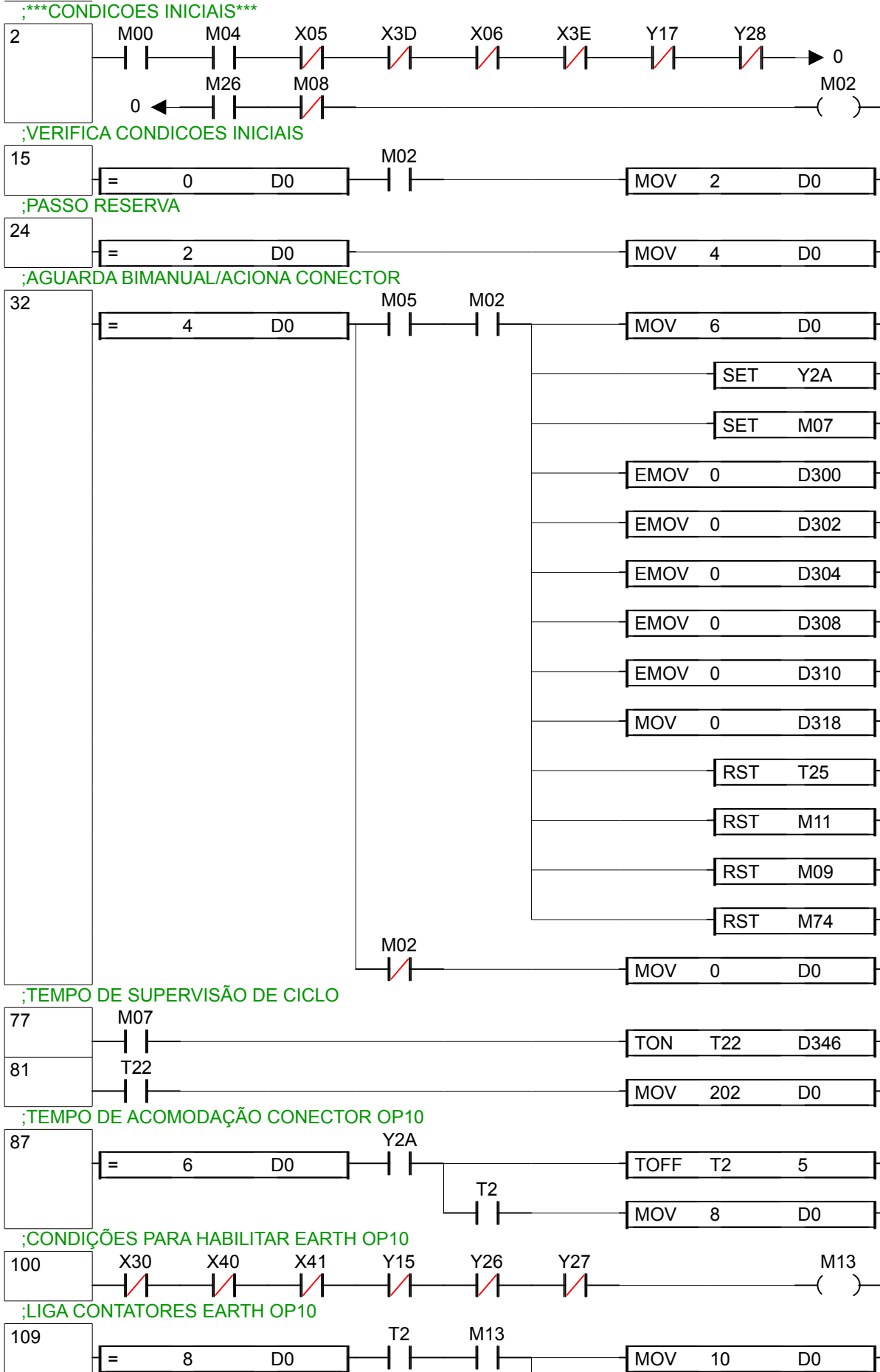
CANALETA 50x80

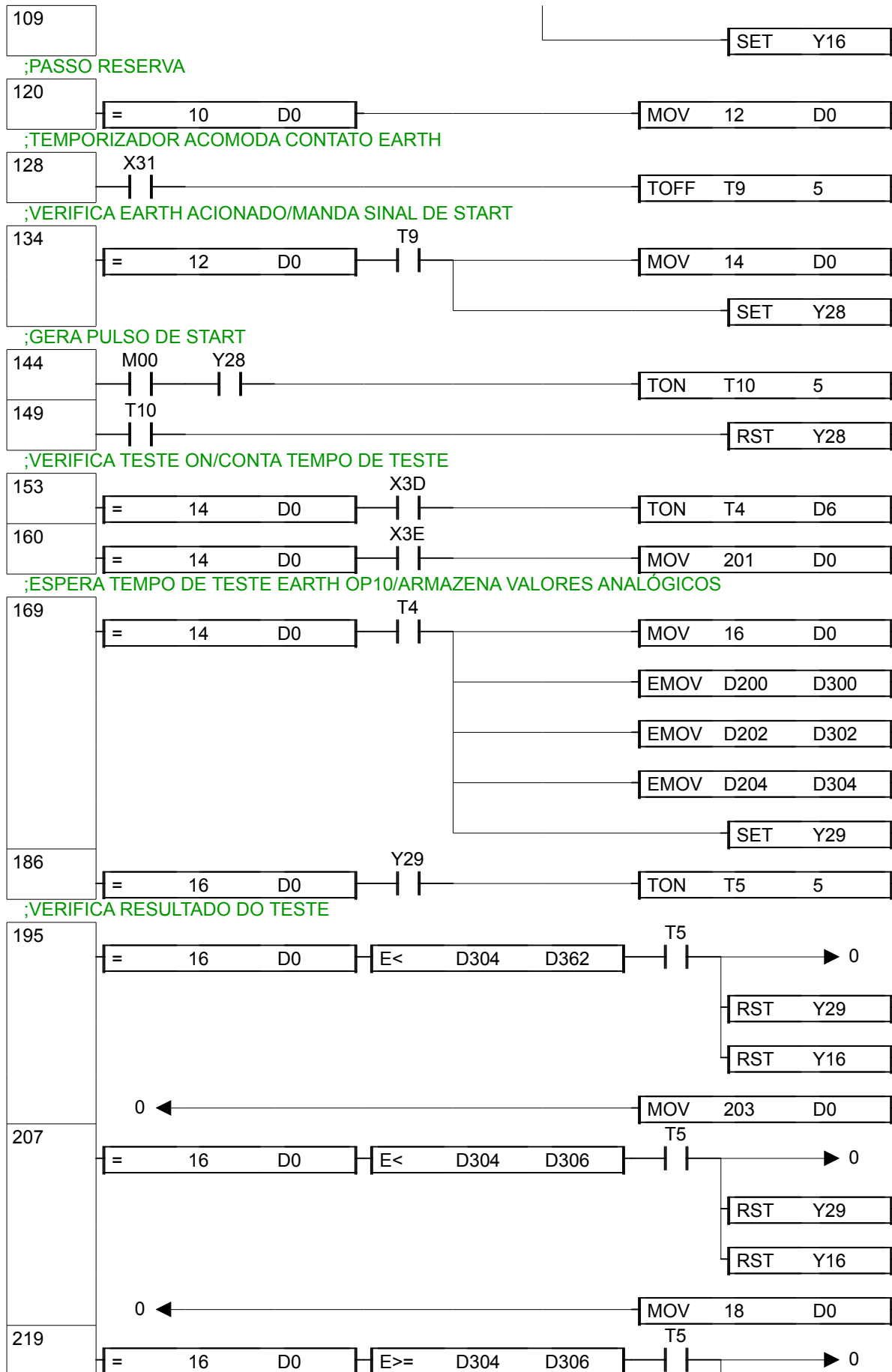


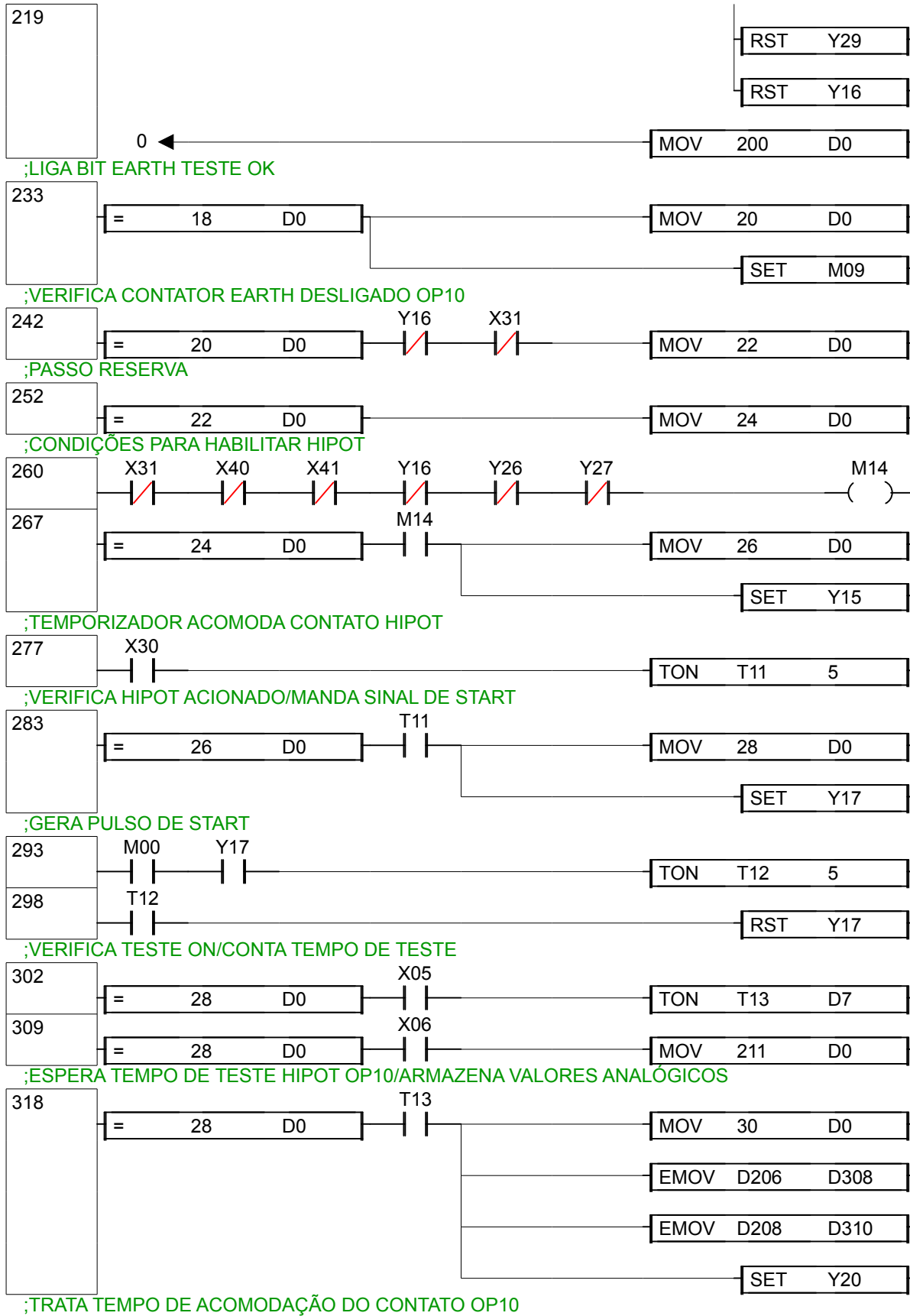
CANALETA 50x80

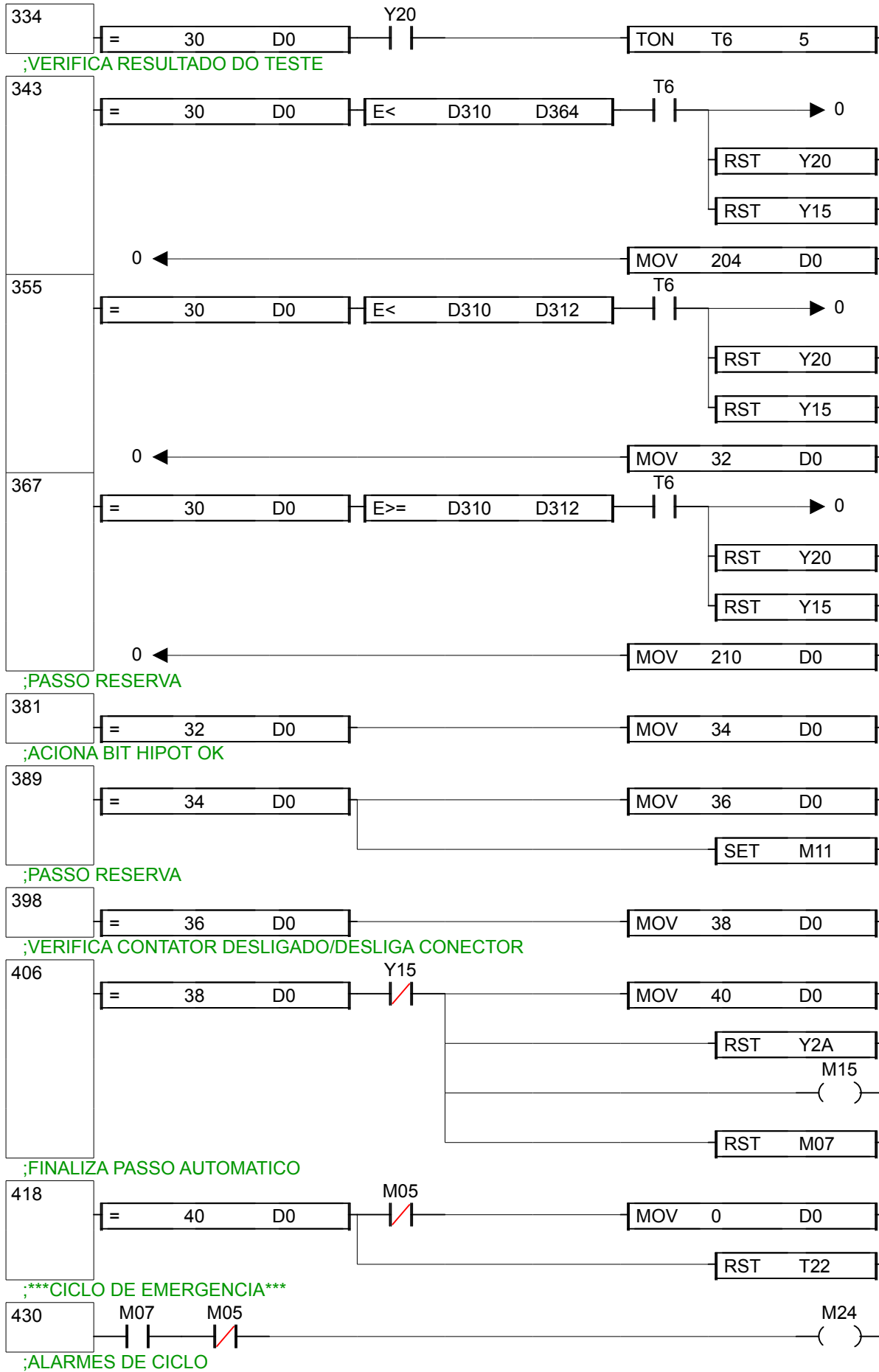
CANALETA 50x80

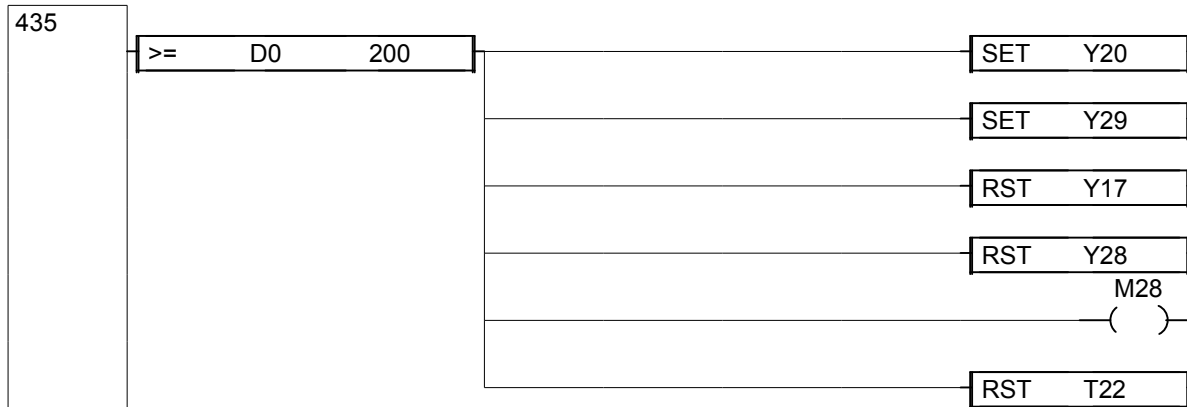
Apêndice B: Software em Ladder no ambiente CICON Project



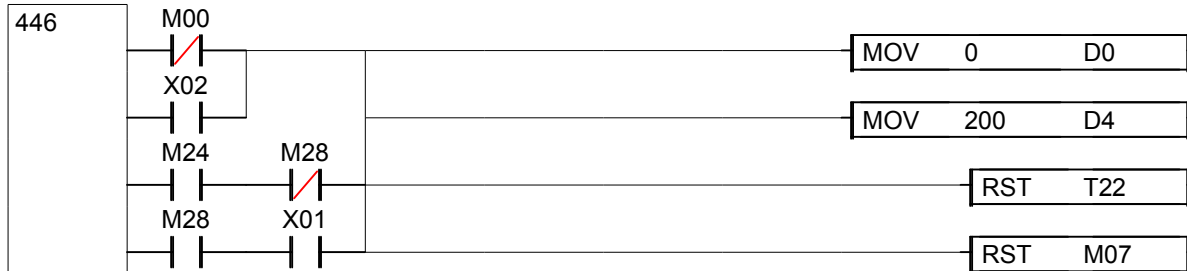




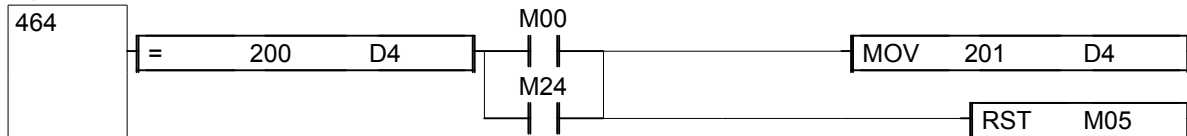




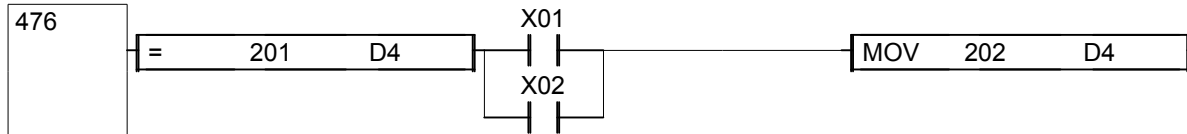
;TRATA EMERGENCIA



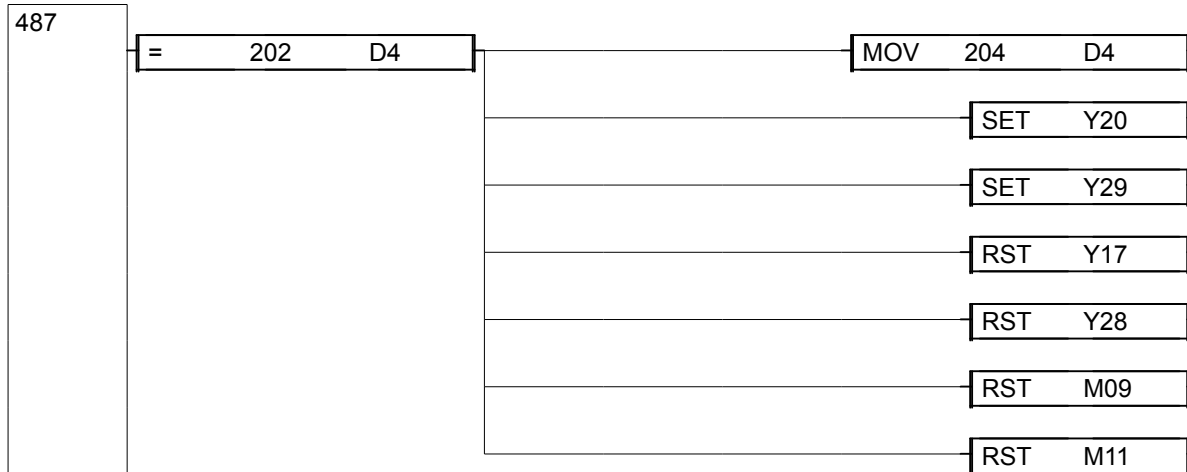
;AGUARDA COMANDO LIGADO



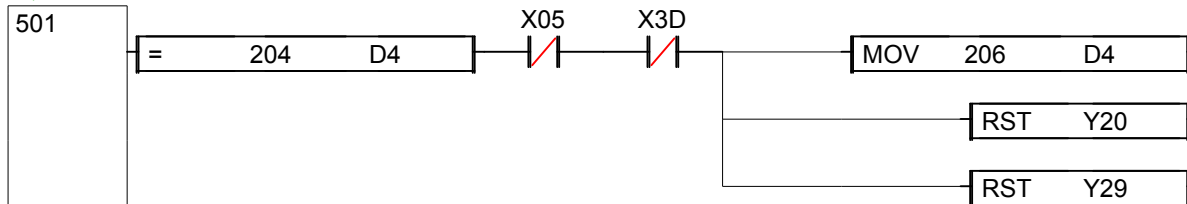
;AGUARDA SIGNAL CANCELA ALARME



;RESETA EQUIPAMENTOS

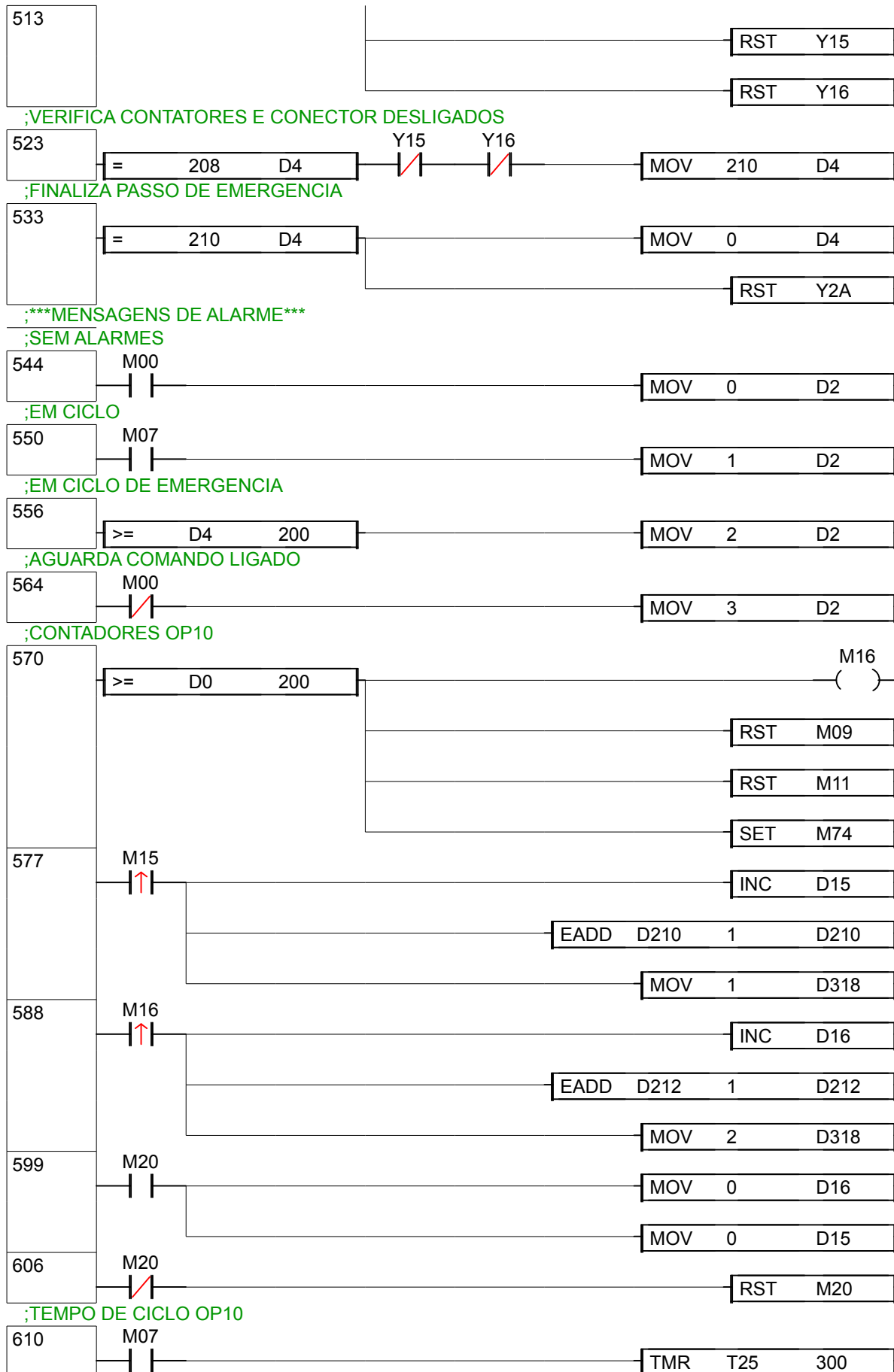


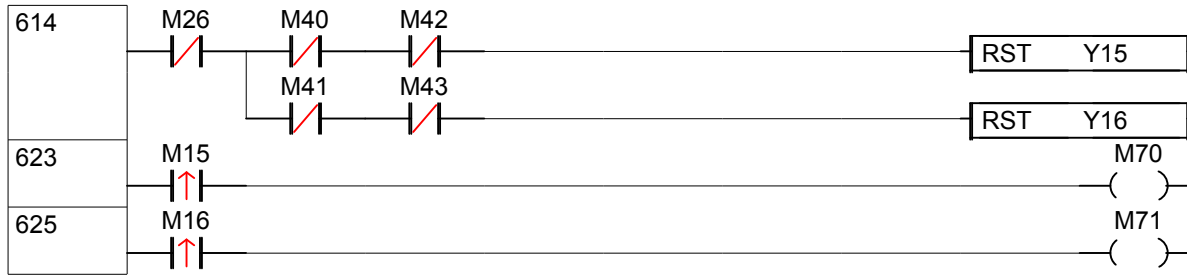
;VERIFICA EQUIPAMENTOS ACIONADOS



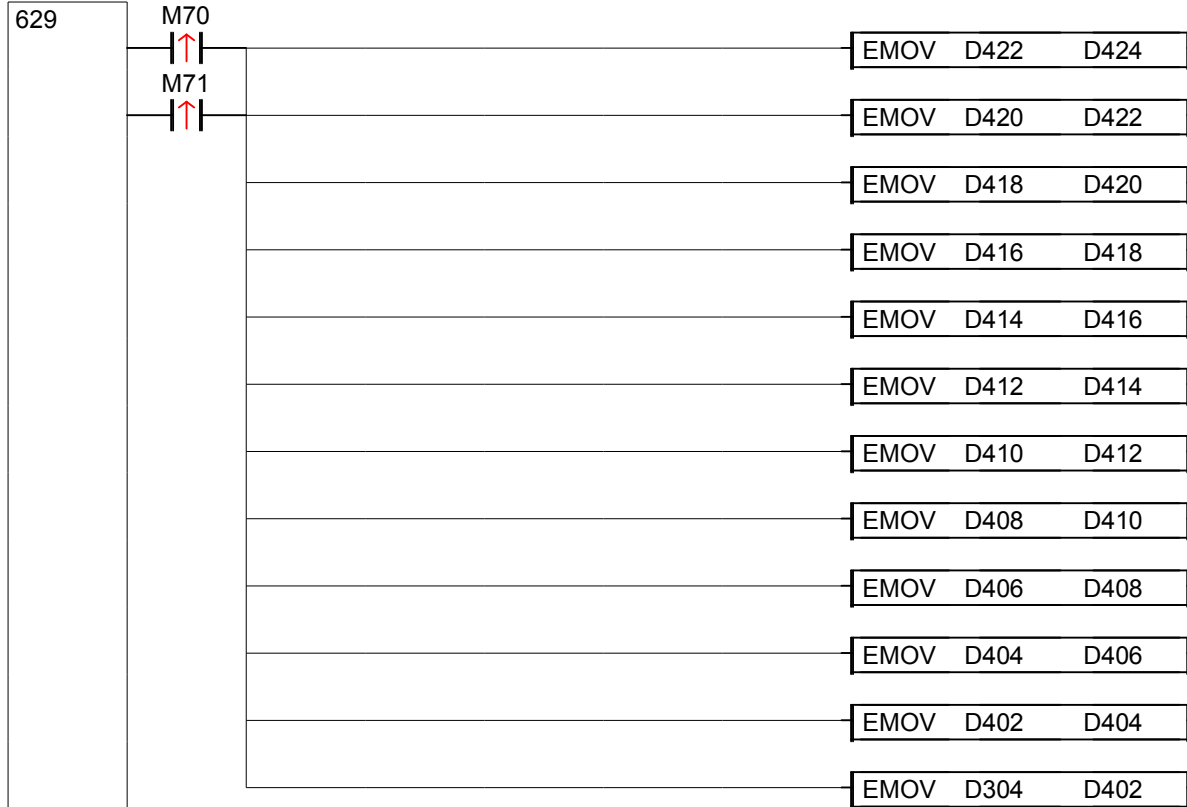
;DESLIGA CONTADORES E CONECTOR



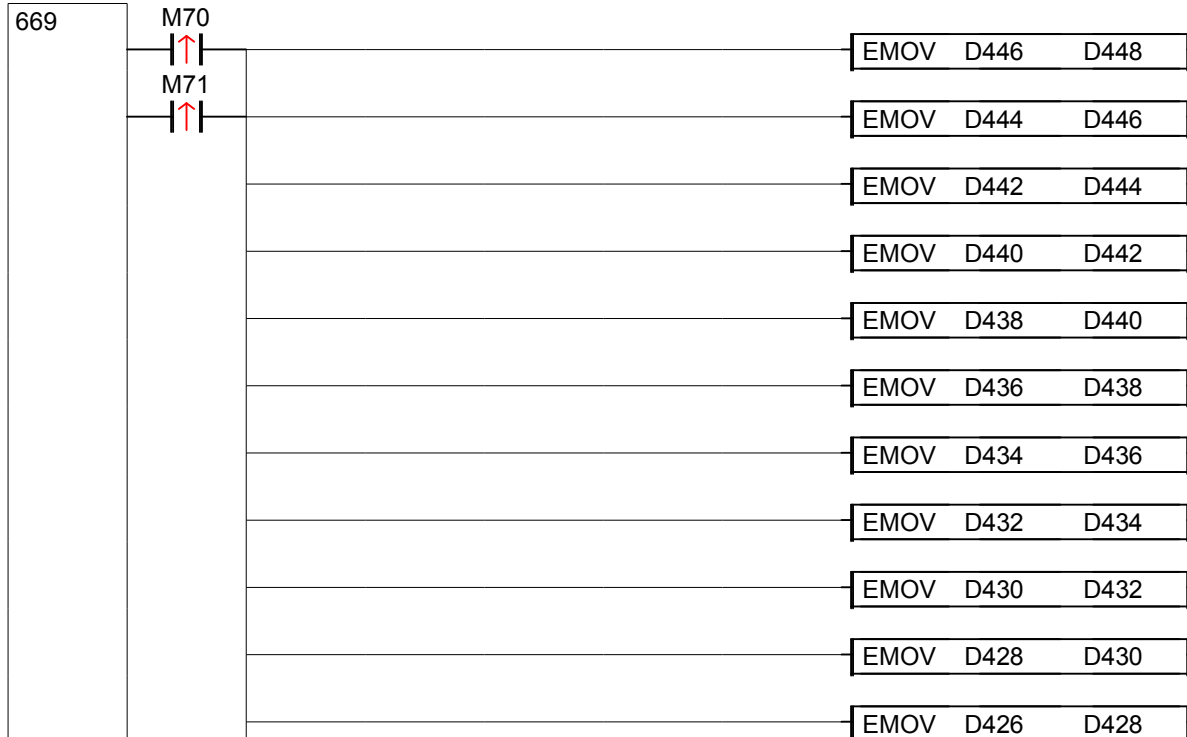


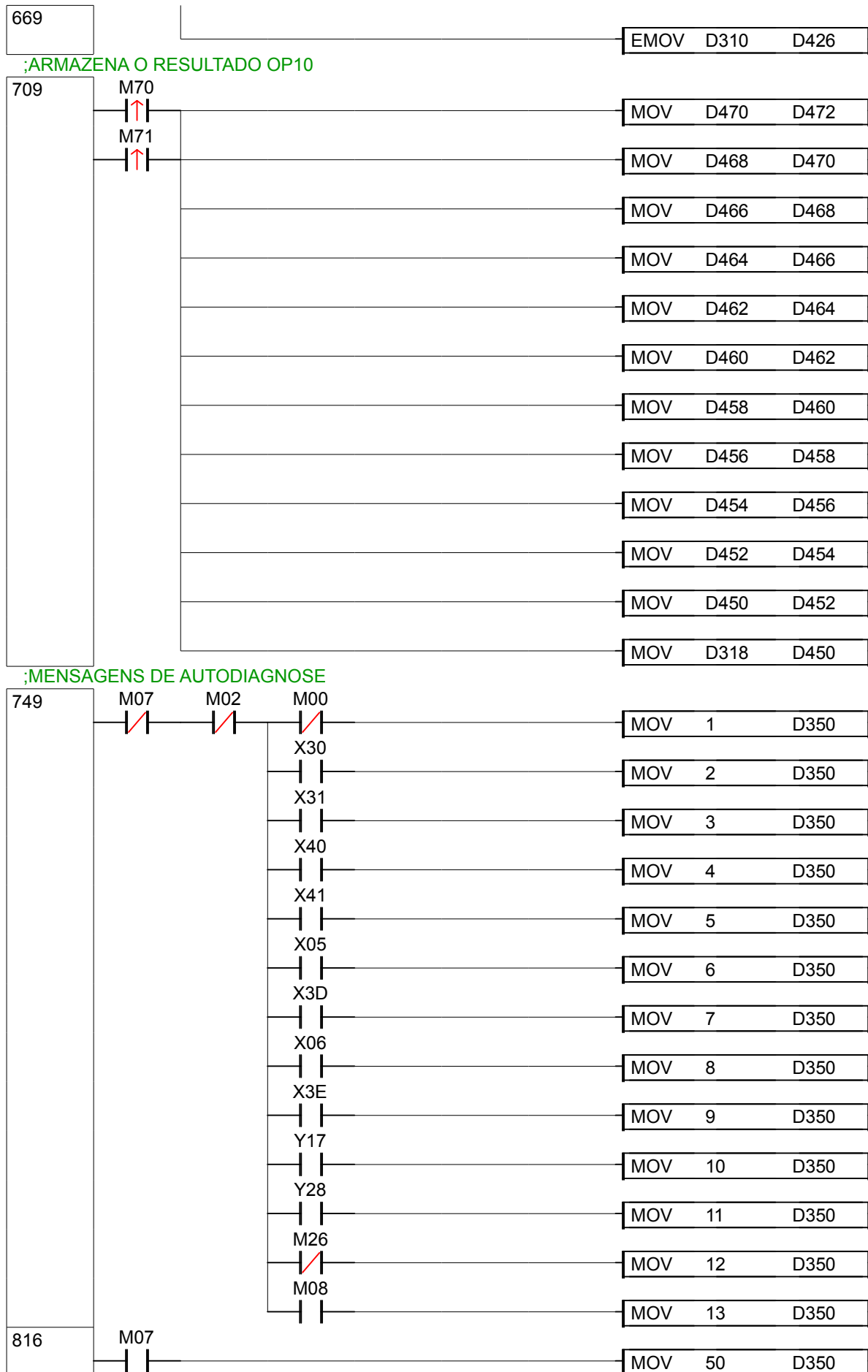


;ARMAZENA VALOR DA RESISTENCIA OP10

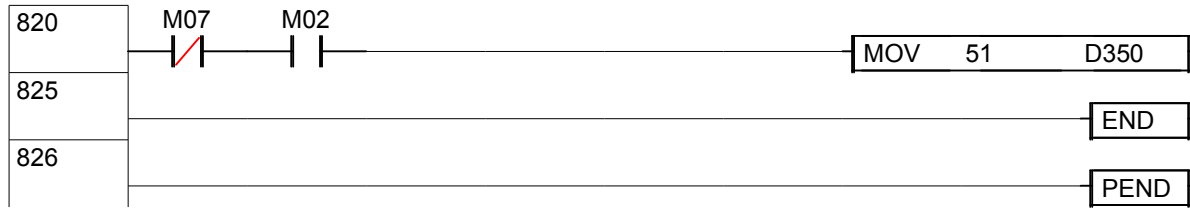


;ARMAZENA VALOR DA CORRENTE OP10





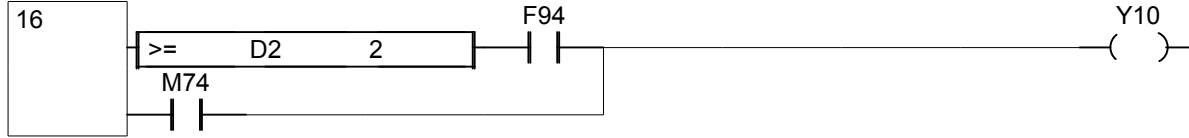
[Project: S04320000, PID: 2, Program: AUTO_OP10]



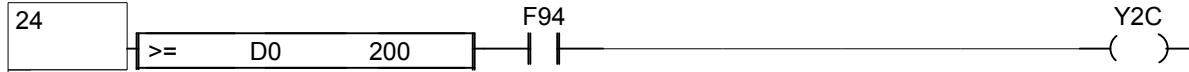
```
;CONDIÇÕES GERAIS  
;***COMANDO LIGADO***  
; TRATA BIT COMANDO LIGADO OP10
```



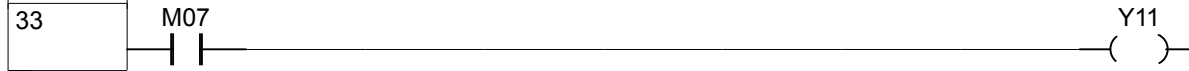
```
;***LED FALHA***  
; TRATA LED DE FALHA OP10
```



```
; TRATA BUZINA OP10
```



```
2;***LED EM CICLO***  
; TRATA LED EM CICLO OP10
```



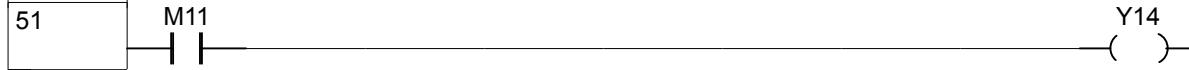
```
3;***LED UNIDADES POSICIONADAS***  
; TRATA LED UNIDADES POSICIONADAS OP10
```



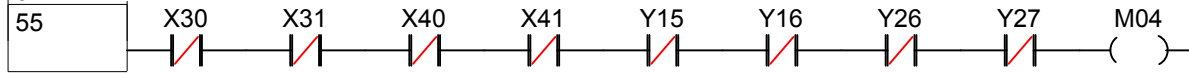
```
4;*** LED EARTH OK***  
; TRATA LED EARTH OK OP10
```



```
4;*** LED HIPOT OK***  
; TRATA LED HIPOT OK OP10
```

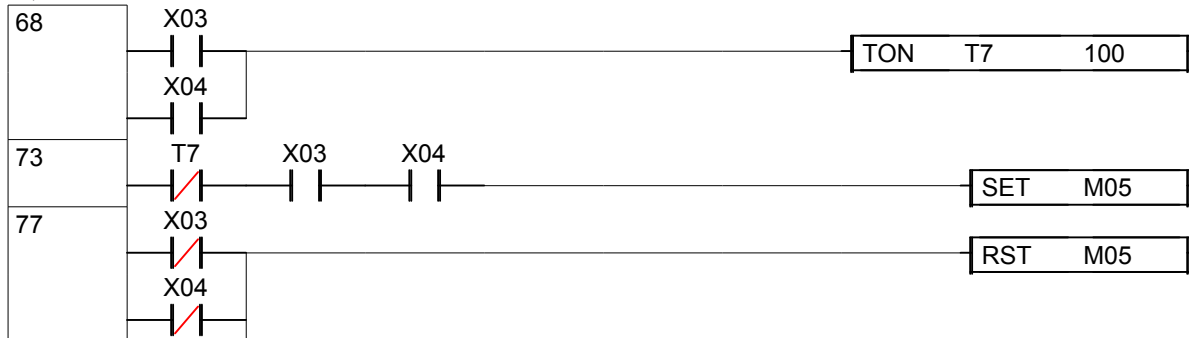


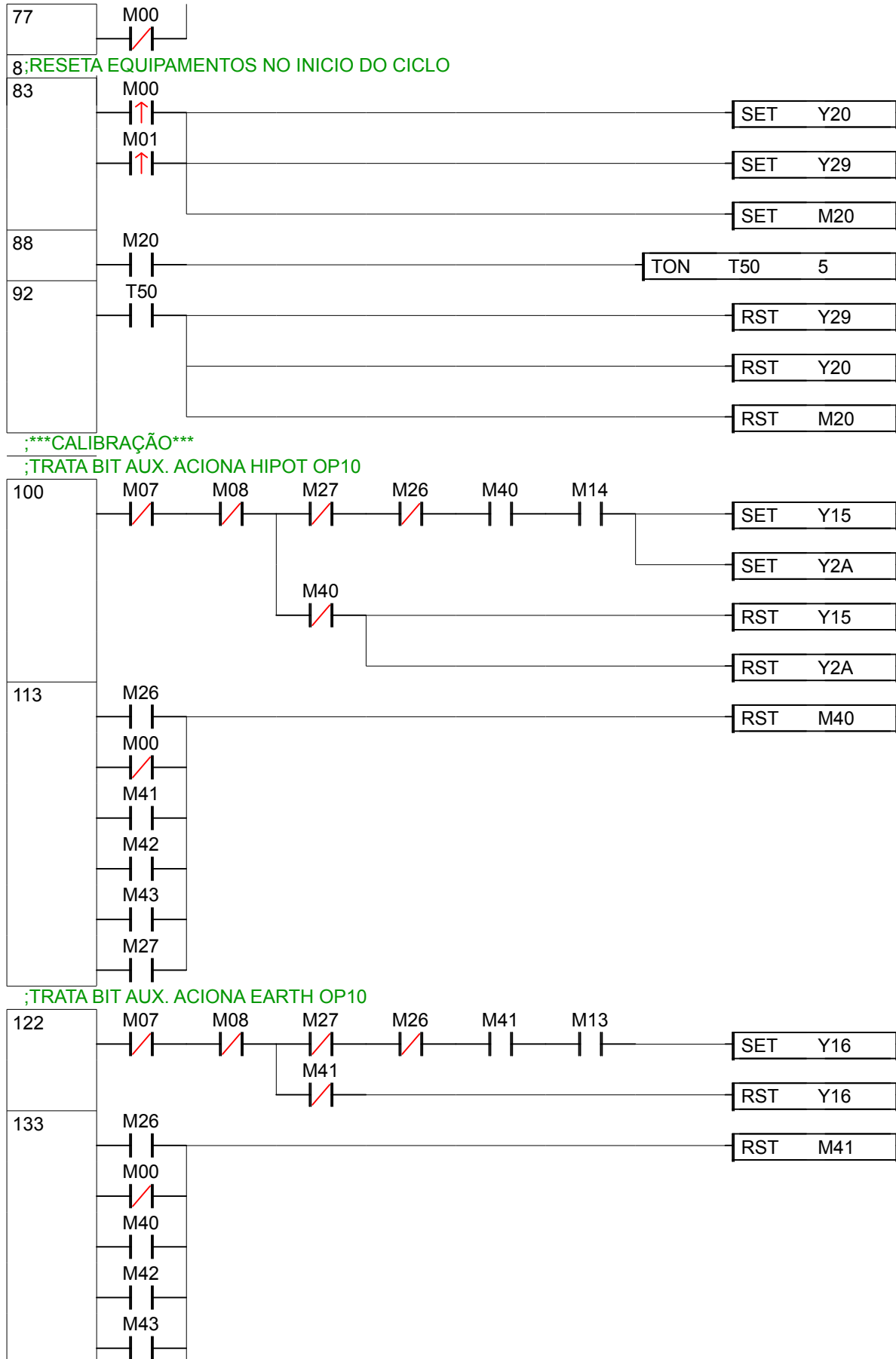
```
5;*** CONTADORES DESABILITADOS***
```

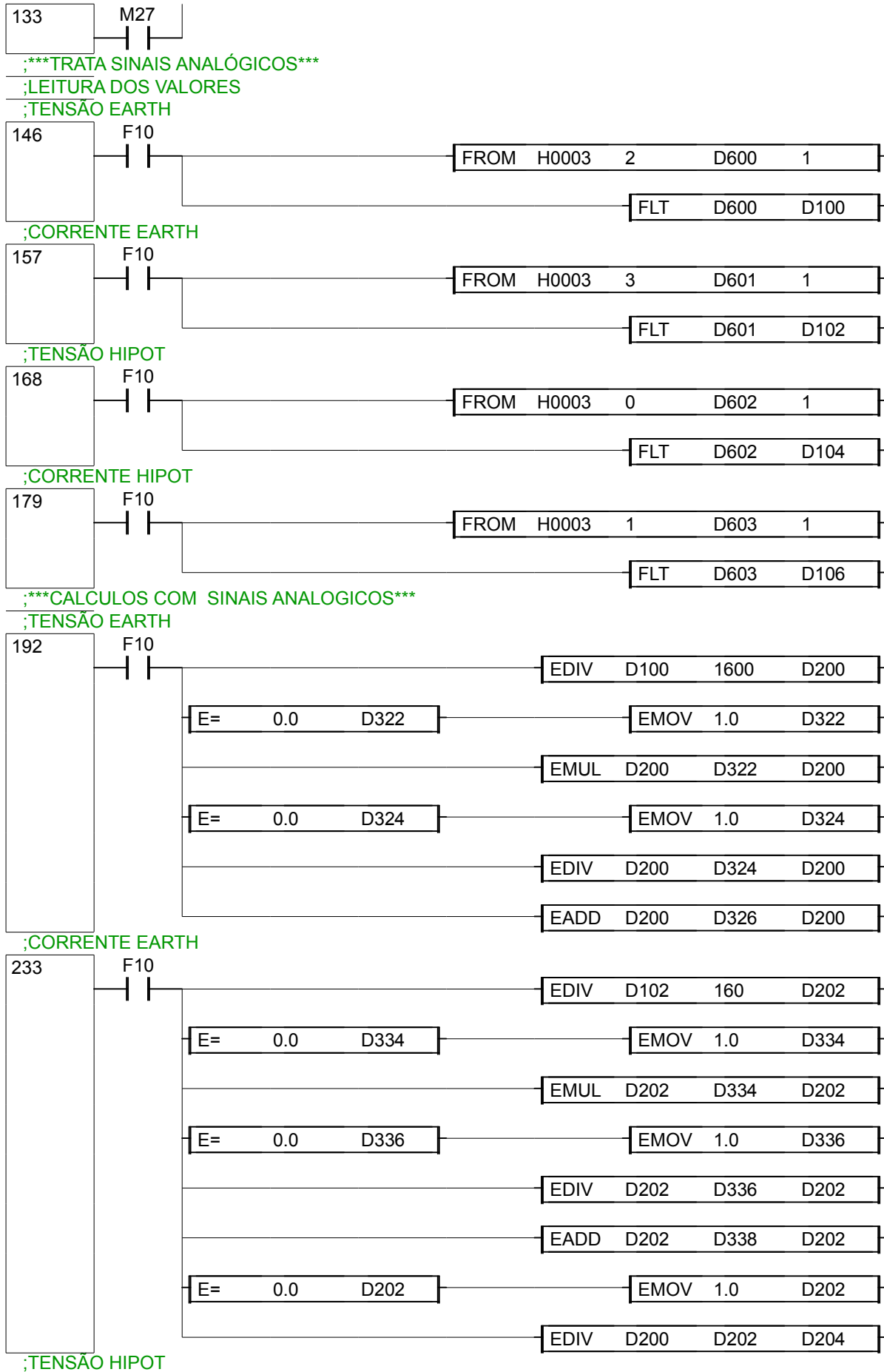


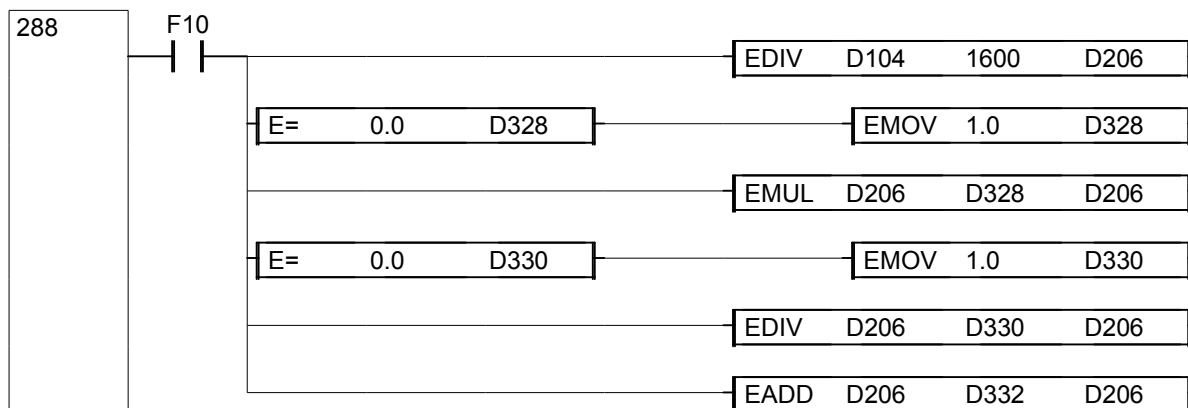
```
;***TRATA SINAL BIMANUAL ***
```

```
;BIMANUAL OP10
```

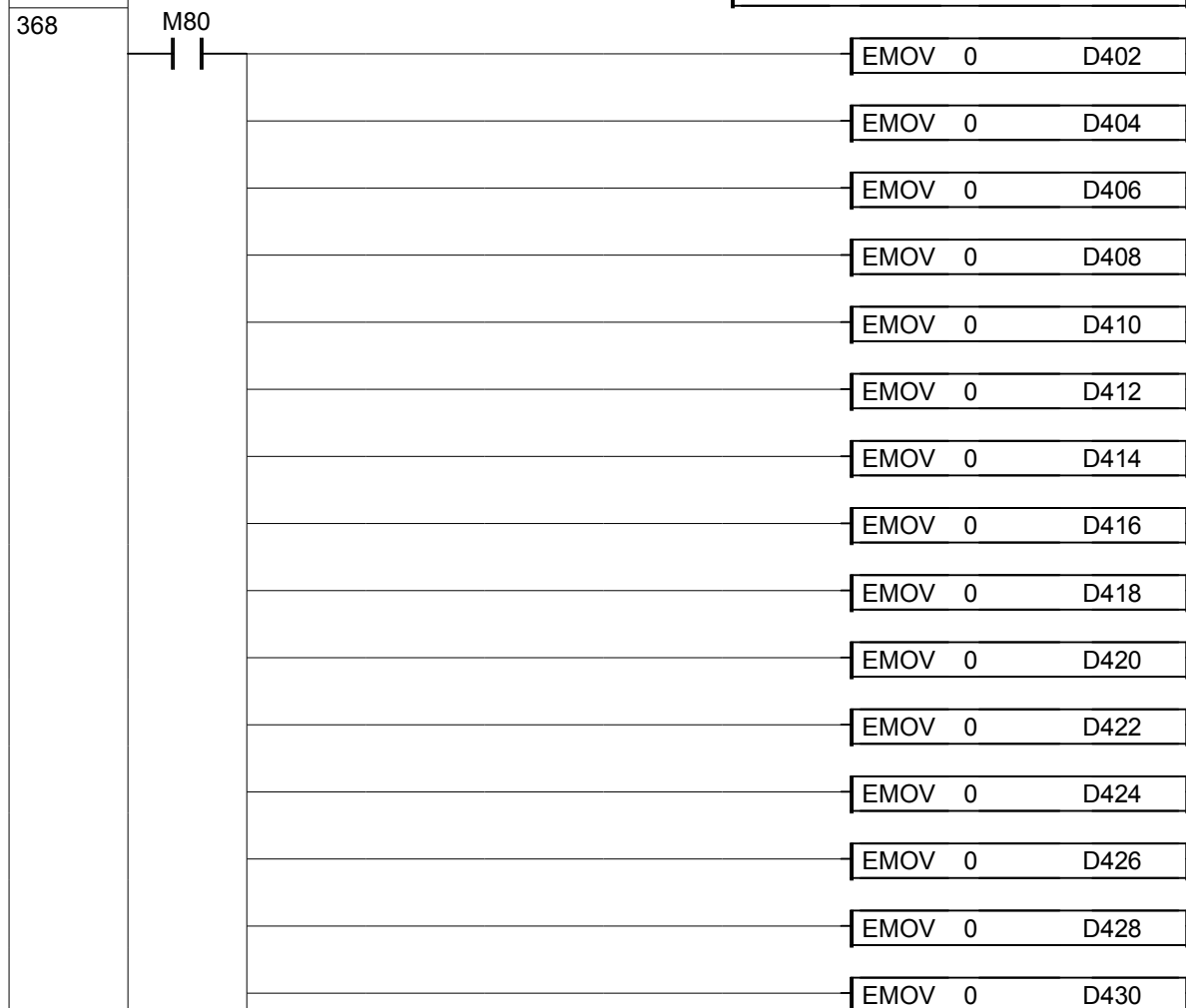
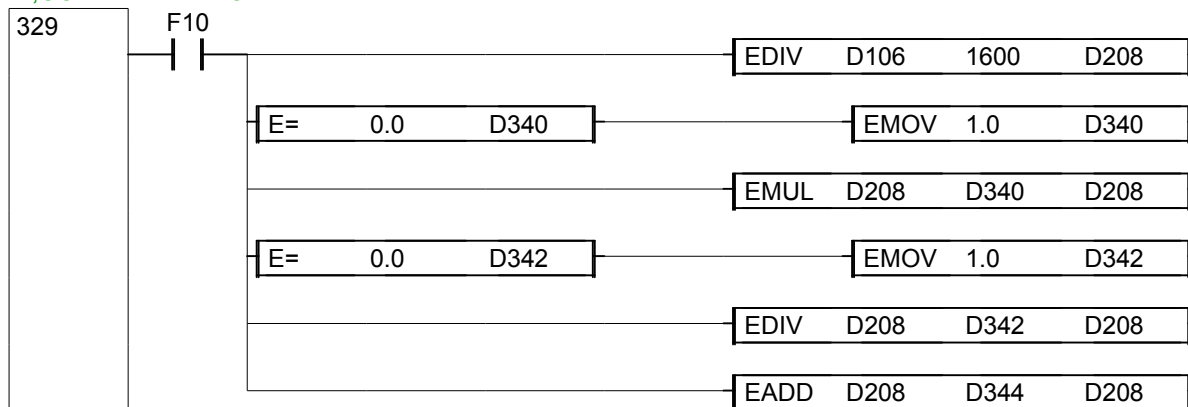








;CORRENTE HIPOT



368

EMOV	0	D432
EMOV	0	D434
EMOV	0	D436
EMOV	0	D438
EMOV	0	D440
EMOV	0	D442
EMOV	0	D444
EMOV	0	D446
EMOV	0	D448
MOV	0	D450
MOV	0	D452
MOV	0	D454
MOV	0	D456
MOV	0	D458
MOV	0	D460
MOV	0	D462
MOV	0	D464
MOV	0	D466
MOV	0	D468
MOV	0	D470
MOV	0	D472
EMOV	0	D474
EMOV	0	D476
EMOV	0	D478
EMOV	0	D480
EMOV	0	D482
EMOV	0	D484

368

EMOV	0	D486
EMOV	0	D488
EMOV	0	D490
EMOV	0	D492
EMOV	0	D494
EMOV	0	D496
EMOV	0	D498
EMOV	0	D500
EMOV	0	D502
EMOV	0	D504
EMOV	0	D506
EMOV	0	D508
EMOV	0	D510
EMOV	0	D512
EMOV	0	D514
EMOV	0	D516
EMOV	0	D518
EMOV	0	D520
MOV	0	D522
MOV	0	D524
MOV	0	D526
MOV	0	D528
MOV	0	D530
MOV	0	D532
MOV	0	D534
MOV	0	D536
MOV	0	D538

[Project: S04320000, PID: 1, Program: GERAL]



