

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**PROJETO DE AUTOMAÇÃO DE UMA CAMA HOSPITALAR COM
MOVIMENTAÇÃO DINÂMICA DOS ESTRADOS**

Área de Eletrônica

por

André Silveira Bittencourt

Luiz Carlos de Freitas Junior, Ms. Engenharia Elétrica
Orientador

Itatiba (SP), Novembro de 2005

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**PROJETO DE AUTOMAÇÃO DE UMA CAMA HOSPITALAR COM
MOVIMENTAÇÃO DINÂMICA DOS ESTRADOS**

Área de Eletrônica

por

André Silveira Bittencourt

Relatório apresentado à Banca Examinadora do
Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia
Elétrica para análise e aprovação.
Orientador: Luiz Carlos de Freitas Junior, Ms.
Engenharia Elétrica.

Itatiba (SP), Novembro de 2005

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.1.1. Objetivo Geral.....	2
1.1.2. Objetivos Específicos.....	3
1.2. METODOLOGIA.....	4
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	4
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
2.1. CONCEITOS BÁSICOS DE UM CLP.....	5
2.1.1. Unidades de entrada.....	7
2.1.2. Unidades de saída.....	9
2.1.3. Unidade de processamento.....	11
2.2. LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO DO CLP.....	12
3. PROJETO.....	14
3.1. SISTEMA DE INTERFACE COM O USUÁRIO.....	15
3.2. PROGRAMAÇÃO DO CLP.....	15
3.2.1. Características do hardware.....	15
3.2.2. Principais instruções utilizadas.....	16
3.2.3. Lógica combinacional entre o tempo x velocidade.....	20
3.2.4. Acionamento da saída analógica.....	30
3.2.5. Sistema de acionamento do sensor.....	33
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS

TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
USF	Universidade São Francisco
CLP	Controlador Lógico Programável
UCP	Unidade Central de Processamento
PID	Proporcional, Derivativo, Integral
PWM	PULSE WIDTH MODULATION ou Modulação de Largura de Pulsos
RC	Associação Resistor/Capacitor
Vcc	Tensão de corrente contínua
Vca	Tensão de corrente alternada
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
NA	Contato Normal Aberto
NF	Contato Normal Fechado
E/S	Entrada / Saída

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cama Hospitalar Polli-Vicentini.....	2
Figura 2. Diagrama de funcionamento de uma automação	6
Figura 3. Composição de um Controlador Programável.....	6
Figura 4. Diagrama de uma unidade de entrada digital.....	7
Figura 5. Circuito de entrada digital tipo-N.	7
Figura 6. Circuito de entrada digital tipo-P.....	8
Figura 7. Diagrama de blocos de uma entrada analógica.....	8
Figura 8. Diagrama de uma unidade de saída digital	9
Figura 9. Circuito de saída digital tipo-N.....	9
Figura 10. Circuito de saída digital tipo-P.	10
Figura 11. Circuito de saída digital em corrente alternada.	10
Figura 12. Diagrama de blocos de uma saída analógica.	11
Figura 13. Diagrama de blocos do sistema	14
Figura 14. Painel de interface com o usuário	15
Figura 15. Instrução LD	16
Figura 16. Instrução LDN	17
Figura 17. Instrução OUT	17
Figura 18. Instrução OUTIS	17
Figura 19. Instrução SETR.....	18
Figura 20. Instrução TMR (Timer)	18
Figura 21. Instrução CNT (Contador).....	19
Figura 22. Instrução MOVK	20
Figura 23. Lógica de programação: Tempo 1 x Velocidade 1	21
Figura 24. Lógica de programação: Tempo 1 x Velocidade 2	22
Figura 25. Lógica de programação: Tempo 1 x Velocidade 3	23
Figura 26. Lógica de programação: Tempo 2 x Velocidade 1	24
Figura 27. Lógica de programação: Tempo 2 x Velocidade 2	25
Figura 28. Lógica de programação: Tempo 2 x Velocidade 3	26
Figura 29. Lógica de programação: Tempo 3 x Velocidade 1	27
Figura 30. Lógica de programação: Tempo 3 x Velocidade 2	28
Figura 31. Lógica de programação: Tempo 3 x Velocidade 3	29
Figura 32. Habilitação/Configuração da saída analógica.....	30
Figura 33. Exemplo de utilização da escala para saída analógica.....	30
Figura 34. Configuração da Velocidade 1	31
Figura 35. Configuração da Velocidade 2.....	32
Figura 36. Configuração da Velocidade 3.....	32
Figura 37. Lógica de acionamento da saída analógica.....	33
Figura 38. Sistema de posicionamento dos sensores.....	34
Figura 39. Sistema de temporização do sensor	34

RESUMO

Bittencourt, André. **Cama hospitalar com movimentação dinâmica dos estrados**. Itatiba, 2005. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco, Itatiba, 2005.

O objetivo do projeto consiste na construção de um sistema de automação da cama hospitalar realizado através de um CLP, um sistema de controle de potência PWM e um motor de corrente contínua. O enfoque da monografia é a configuração e programação do CLP, estabelecendo a lógica de funcionamento do sistema e oferecendo ao circuito de controle de potência PWM as tensões de entrada de controle.

A aplicação prática deste trabalho é no desenvolvimento de uma cama hospitalar com movimentação dinâmica dos estrados para ser utilizada como método preventivo à formação de úlceras cutâneas ou escaras, para pacientes que ficam expostos por um longo período de tempo, repousados em uma mesma posição durante um determinado tratamento ou repouso hospitalar.

Palavras-chave: Cama hospitalar, úlceras cutâneas, escaras, equipamentos hospitalares, automação industrial, programação CLP.

ABSTRACT

Bittencourt, André. Hospital bed with dynamical movement of the bed frame. Itatiba, 2005. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco, Itatiba, 2005.

This project consists of building an automation system of a hospital bed that works through a PLC, a potential controlling system PWM and a direct current. The aim of this monograph is to configurate and program the PLC, establishing the logical working of this system and offer the PWM output tension control to the potential control system. This hospital bed was built with the objective of preventing the formation of cutaneous wounds in patients that have been in bed in the same position for a long period of time.

Key - words : Hospital bed, cutaneous wounds, hospital equipment, industrial automation. PLC program.

1. INTRODUÇÃO

O aparecimento de escaras em pacientes com doenças graves e que não apresentam mobilidade, resulta em grandes perdas e preocupações para instituições de cuidado e de recuperação em todo o mundo, há séculos. Pinturas da idade média e tratamentos cirúrgicos aplicados na pré-história, relatam que a formação de feridas e úlceras cutâneas têm se tornado um transtorno ao homem.

Em hospitais de cuidado agudo, por exemplo, a taxa de prevalência de úlceras tem sido de até 20%, enquanto em locais de cuidado prolongado a taxa sobe para até 23%. Nos locais de cuidado domiciliar as taxas de prevalência de úlceras atingem uma faixa de até 19%. Apesar da difícil avaliação, calcula-se entre 5.000 e 27.000 dólares o preço de um tratamento de úlcera, desde a estadia do paciente no hospital incluindo os materiais de higiene, até os medicamentos utilizados [1].

Além das despesas financeiras diretamente geradas, o cuidado das escaras e sua prevenção necessitam da atuação de profissionais habilitados e recursos que muitas vezes ocupam tempo e geram outras complicações ao paciente. Problemas como estes podem ser evitados usando-se colchões de água (de flutuação total), que proporcionam uma distribuição equilibrada do peso do paciente através de forças hidrostáticas [1] [2].

Outros equipamentos que também ajudam a diminuir a pressão sobre áreas sensíveis são os colchonetes de água, colchões de ar com pressão variável, colchões de borracha esponjosa (“eggcrate”) ou de gel de silicone, porém são soluções que financeiramente não se tornam acessíveis à população [1].

Um outro método paliativo é a utilização de métodos de suspensão por parte do fisioterapeuta que acabam gerando complicações como, disposição de espaço em leitos hospitalares, desconforto para o paciente e ocupação de tempo tanto na colocação, quanto na retirada do recurso [3]. As mudanças de decúbito, também acarretam distúrbios: agravam a situação psicológica do paciente e requerem tempo e dedicação dos profissionais, fisioterapeutas e enfermeiros, que poderiam atender casos mais urgentes ou mais graves [4].

A formação das escaras depende de uma série de fatores. Entre eles os mais importantes são a pressão e o tempo de contato entre a pele e a superfície de apoio [1].

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

O estudo deste projeto propõe o desenvolvimento de uma cama hospitalar, com superfície de apoio dinâmico, que alterna o contato entre o paciente e o leito em diferentes pontos da pele, de modo a otimizar a prevenção e o processo de cicatrização de úlceras de pressão, diminuindo assim os gastos financeiros com materiais e hotelaria hospitalar, estadia de pacientes, medicamentos e honorários de profissionais que formam a equipe multidisciplinar.

A cama hospitalar de superfície dinâmica Polli-Vicentini [7], é um leito hospitalar, idealizada e projetada pelos alunos do curso de Fisioterapia da Universidade São Francisco no ano de 2003. Ela utiliza dois estrados acolchoados, dispostos transversalmente no leito conforme Fig. 1.

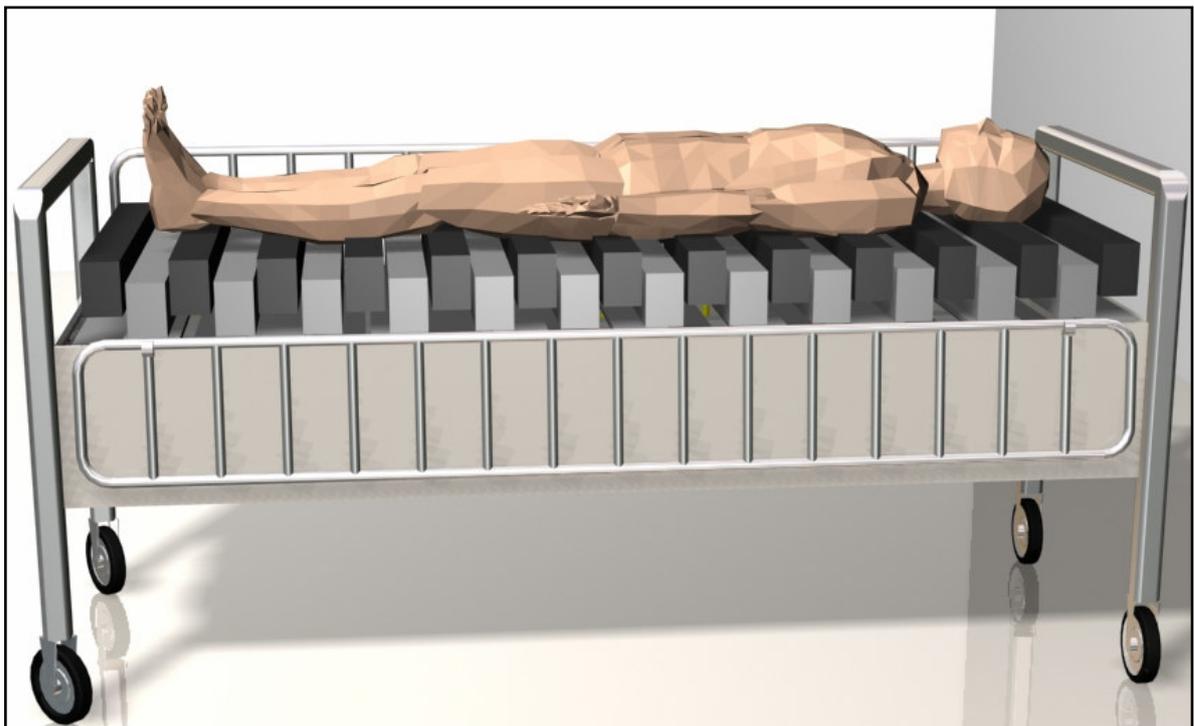


Figura 1. Cama Hospitalar Polli-Vicentini.

Os estrados alternam-se em conjunto, mudando sua altura em relação ao solo em três momentos distintos, diminuindo a pressão sobre a pele do paciente e mantendo as pressões mínimas, objetivando a diminuição da incidência das úlceras e todas as complicações que elas promovem.

Conforme a Fig. 1, o conjunto de estrados escuros se move inversamente do conjunto de estrados claros, ou seja, quando os estrados escuros estiverem descendo, os estrados claros estarão subindo. Os pontos de paradas ou pontos em que os estrados param de se locomover para que haja um alívio na pele do paciente serão nos pontos de limite máximo de deslocamento dos estrados e no ponto em que os dois estrados se alinham. Na posição de alinhamento a função é de uma cama qualquer, porém na posição em que os estrados estão inversamente posicionados no limite máximo de deslocamento, a função é de aliviar o esforço na superfície do corpo do paciente e assim proporcionar mobilidade da pele evitando assim as escaras.

Para que a maca tenha esta mobilidade, sugeriu-se um sistema de automação composto por CLP, circuito PWM e um motor de corrente contínua (CC) que serão apresentados no desenvolvimento do trabalho. Para que haja mobilidade simultânea do conjunto de estrados, é necessário que cada conjunto seja conduzido por dois conjuntos de eixos. Sendo assim a maca será composta de dois conjuntos de estrados que irão se intercalar, quatro eixos que irão suportar e conduzir a mobilidade dos estrados.

1.1.2. Objetivos Específicos

Como partes integrantes do sistema de automação da cama hospitalar, responsável pelo correto funcionamento do projeto, serão abordados de forma detalhada os seguintes sub sistemas:

- Sistema de controle de velocidade de movimentação dos estrados: oferece ao usuário opções de ajuste da velocidade de movimentação entre os estrados, de maneira a se obter a melhor forma de alteração da superfície de apoio de acordo com o paciente;
- Sistema de controle de tempo: oferece ao usuário opções de ajuste do intervalo de regime estacionário do motor, controlando o tempo em que o paciente estará submetido em uma mesma posição;
- Sistema de controle de potência do motor: constituído por um circuito PWM que controla a potência enviada ao motor, para que seja possível o seu funcionamento assim como obter o controle de sua velocidade.

1.2. METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido através da utilização de um CLP Atos, o qual é responsável por executar o controle da velocidade de movimentação dos estrados e o tempo de regime estacionário em que o paciente estará submetido durante o tratamento hospitalar.

O desenvolvimento da lógica de programação do CLP assim como o processo de simulação de desenvolvimento foi realizada em bancada, utilizando um microcomputador e uma configuração de hardware. A simulação do sistema de sensores de campo da cama foi realizada através de chaves para se obter a correta lógica de funcionamento do sistema.

Após definido o sistema de controle do CLP, ele foi integrado a um circuito PWM de controle de potência do motor, para que seja amplificada e controlada a corrente/tensão da saída do CLP. Integrando-se os sistemas, foi realizada a implantação do sistema de automação com o protótipo da cama hospitalar, que simula o funcionamento real do projeto proposto pelos profissionais da Fisioterapia.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Inicialmente o trabalho apresenta os objetivos do projeto e o conceito de funcionamento e desenvolvimento da automação da cama hospitalar Polli-Vicentini [7], conforme capítulo 1.

Para completo entendimento do assunto a ser desenvolvido durante o projeto é apresentado no capítulo 2 (Fundamentação teórica) um histórico da utilização, os conceitos básicos de funcionamento dos CLP's, funcionamento das unidades de entradas digitais/analógicas e saídas digitais/analógicas, unidades de processamento e os tipos de linguagem de programação dos CP's.

Posteriormente é abordado no capítulo 3 (Projeto) um resumo do funcionamento do sistema de automação da cama, o sistema de interface com o usuário, as características do hardware utilizado, apresentação das principais instruções utilizadas durante a programação do CLP, o funcionamento lógico entre as variáveis tempo x velocidade, os modos de configuração e acionamento da saída analógica e o sistema de funcionamento dos sensores de determinação de posicionamento dos estrados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os Controladores Programáveis (CP's), foram desenvolvidos no final dos anos 60, com a finalidade de substituir painéis de relés em controles baseados em lógicas combinacional/seqüencial, em linhas de montagem nas indústrias de manufatura, principalmente automobilística, sendo progressivamente adotados pelas indústrias de processos.

O primeiro CP foi projetado por uma divisão da General Motors Corporation em 1968, e teve como objetivo principal substituir sistemas controlados a relés, cujo custo era elevado. Os primeiros modelos tinham pouca capacidade e suas aplicações se limitavam a máquinas e processos que requeriam operações repetitivas.

A partir de 1970, o advento das unidades de processamento ou processador, permitiu o conceito de programação a esses equipamentos. As alterações em programas, não implicavam mais em modificações nos circuitos e fiações, mas sim na mudança de dados contidos em elementos de armazenamento (memórias).

Inovações no hardware e software adicionaram maior flexibilidade aos CP's através do aumento da capacidade de memória, entradas/saídas remotas, controle analógico e de posicionamento, comunicação, etc. A expansão de memória fez com que os controladores não ficassem mais restritos à lógica e seqüenciamento, mas aquisição e manipulação de dados.

2.1. CONCEITOS BÁSICOS DE UM CLP

Controladores programáveis são equipamentos eletrônicos normalmente baseados em microprocessadores, destinados a comandar e monitorar máquinas ou processos industriais, através do processamento dos sinais de entrada provenientes de botoeiras, chaves e sensores diversos e fornecimento de sinais de saída, atendendo a funções de seqüenciamento e intertravamento elétrico, bem como comparação, contagem, controle PID, conforme programa específico armazenado em memória. O diagrama funcional do CLP é demonstrado conforme Fig. 2 e 3.

Um controlador programável difere de equipamentos convencionais para controles industriais pela programabilidade e pelo modo seqüencial de execução das instruções.

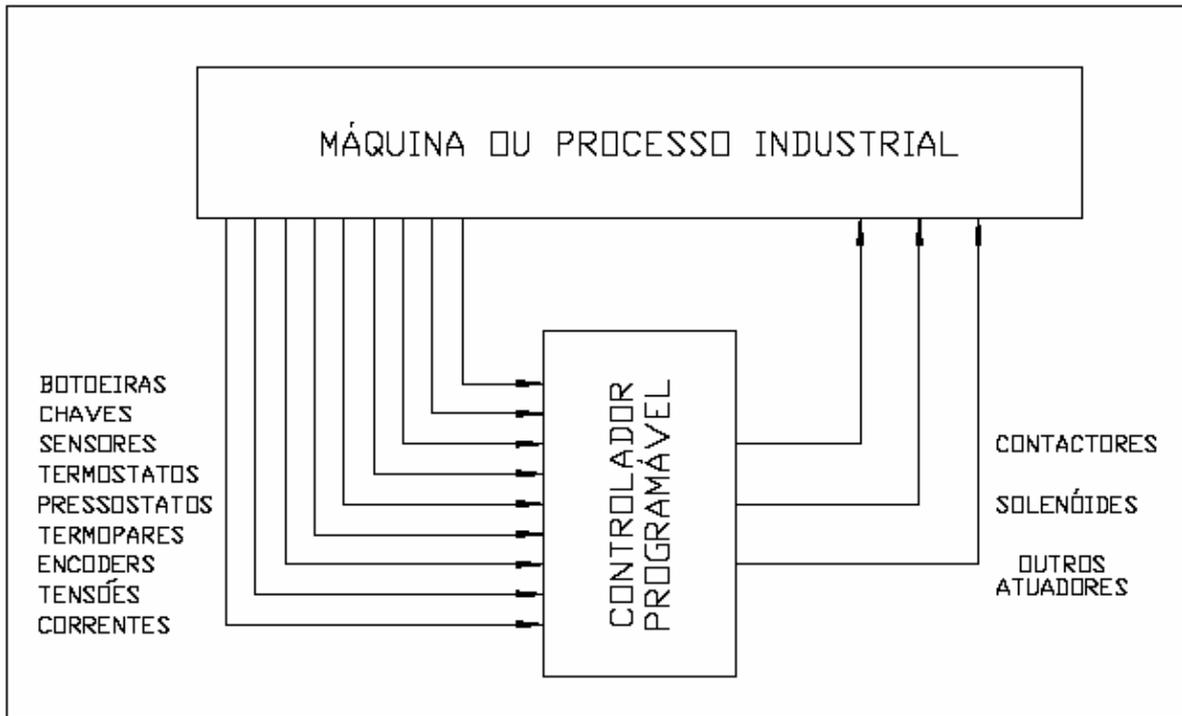


Figura 2. Diagrama de funcionamento de uma automação

Os CLP's são normalmente compostos de unidade básica e módulo slave.

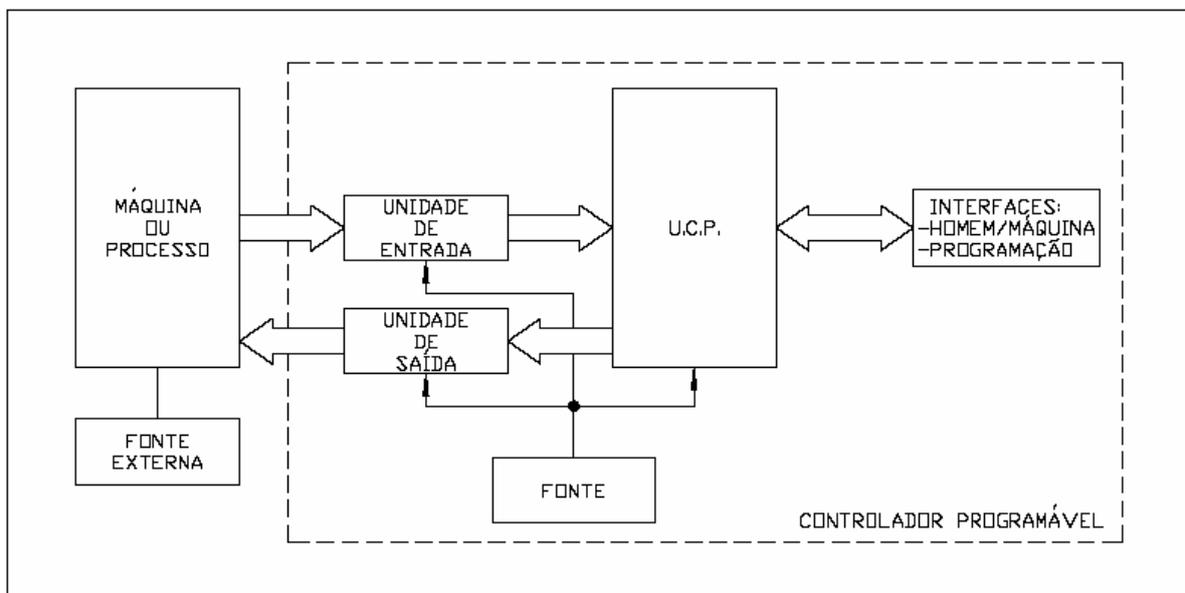


Figura 3. Composição de um Controlador Programável

Um Controlador Programável, para realizar a lógica de funcionamento de um determinado sistema, utiliza-se de unidades básicas que em geral são compostas por: unidades de entrada, unidades de saída, unidade de processamento e unidade fonte de alimentação.

- Tipo P: quando permite um fluxo de corrente do potencial positivo da fonte de alimentação para a entrada, conforme Fig 6.

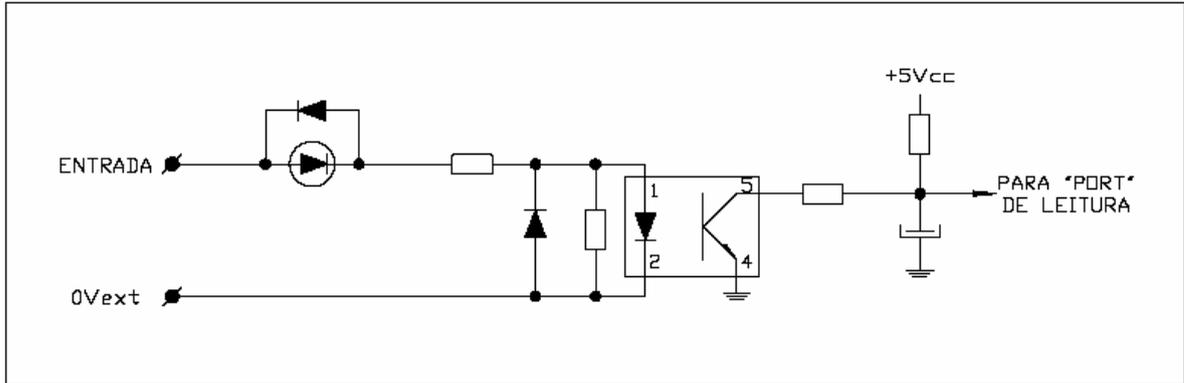


Figura 6. Circuito de entrada digital tipo-P.

2.1.1.2. Unidade de entrada analógica

Converte sinais analógicos de entrada (em geral de 0 a 10 Vcc) em valores numéricos que podem ser utilizados pelo controlador programável. Os transdutores analógicos empregam função principal como dispositivo de entrada analógica: régua potenciométrica, células de carga, extensômetro, entre outros. O diagrama de blocos encontra-se na Fig 7.

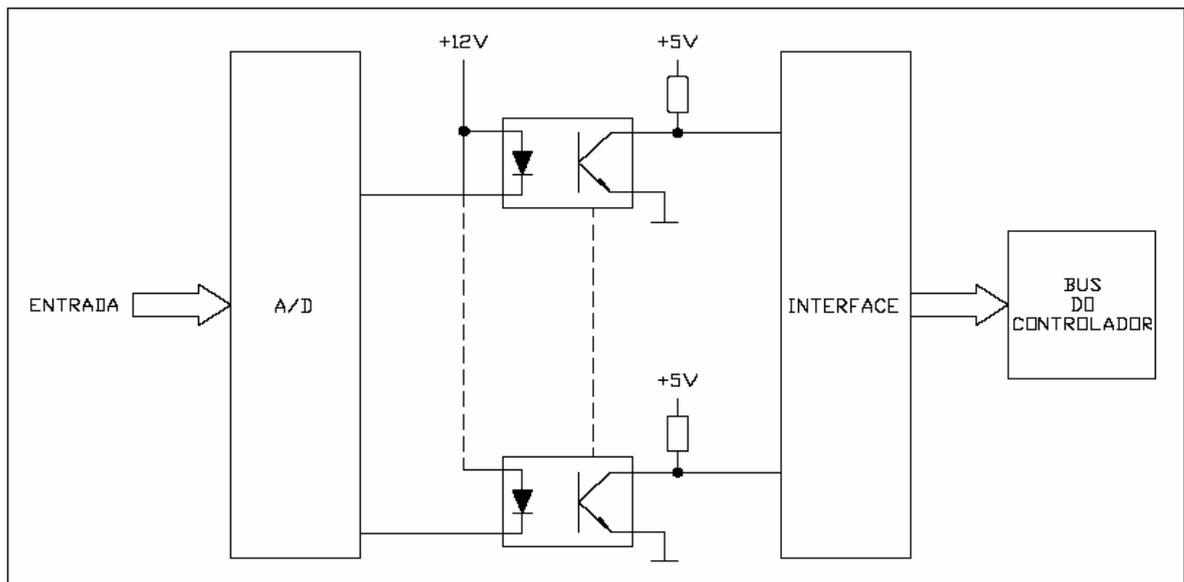


Figura 7. Diagrama de blocos de uma entrada analógica.

2.1.2. Unidades de saída

São dispositivos que podem ter um ou mais canais, fornecendo sinais digitais ou analógicos devidamente amplificados para energizar os elementos de operação e sinalização de atuadores diversos, que se caracterizam pelo tipo (CA ou CC, NPN ou PNP) e pelo diversos níveis de tensão e potência. Os sinais de saída são isolados do sistema de processamento através de acopladores ópticos.

2.1.2.1. Unidade de saída digital

Converte sinais lógicos usados no Controlador Programável em sinais próprios capazes de energizar atuadores (contadores, solenóides, relés, lâmpadas, indicadores, entre outros), conforme Fig 8.



Figura 8. Diagrama de uma unidade de saída digital

A comutação executada por uma unidade de saída pode ser em corrente contínua, em corrente alternada ou a relés.

Há dois tipos de execução por corrente contínua:

- Tipo N: quando o fluxo de corrente ocorre da saída para o potencial negativo da fonte de alimentação de 24Vcc (carga ligada entre o potencial negativo e a saída), conforme Fig9.

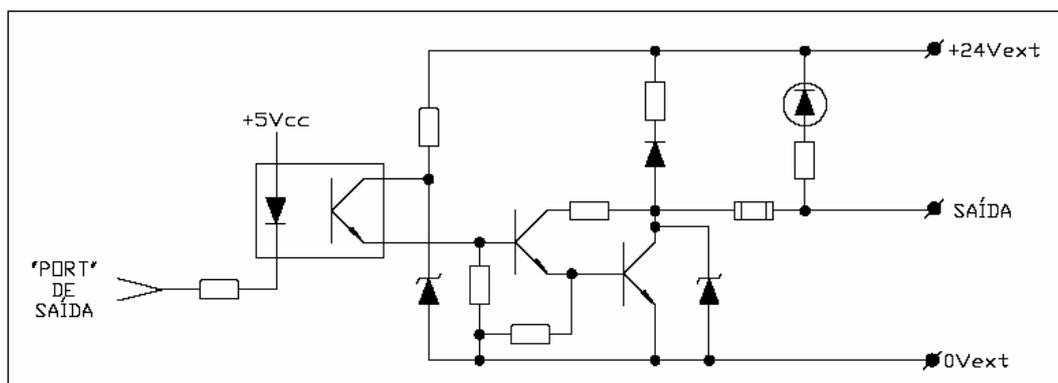


Figura 9. Circuito de saída digital tipo-N.

- Tipo P: quando o fluxo de corrente ocorre do potencial positivo da fonte de alimentação de 24Vcc para a saída (carga ligada entre o potencial negativo e a saída), conforme Fig 10.

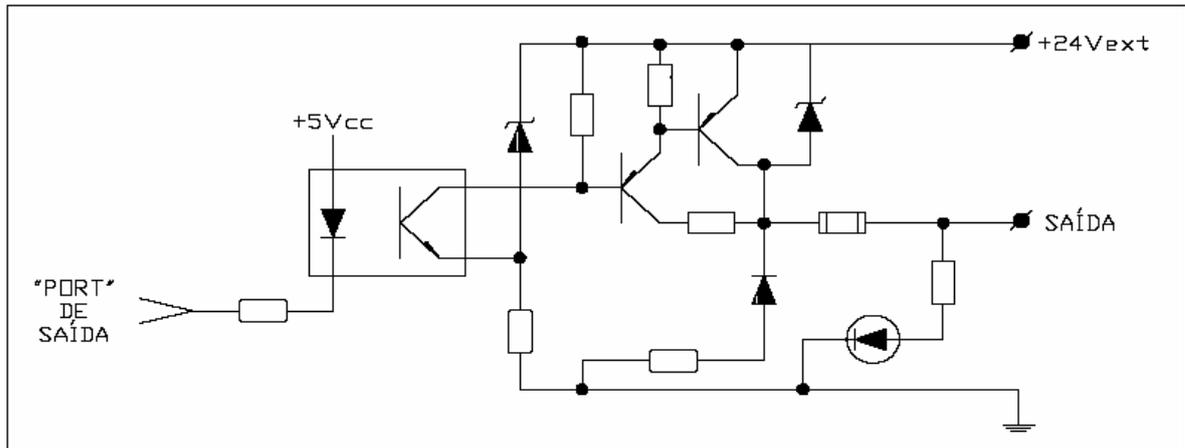


Figura 10. Circuito de saída digital tipo-P.

A Fig. 11 explica o circuito de saída digital em corrente alternada (alimentação de 90Vca a 240 Vca). O varistor tem como função proteger contra o surto de tensão, o RC protege contra disparos indevidos e o Triac está isolado do sistema por acoplador óptico.

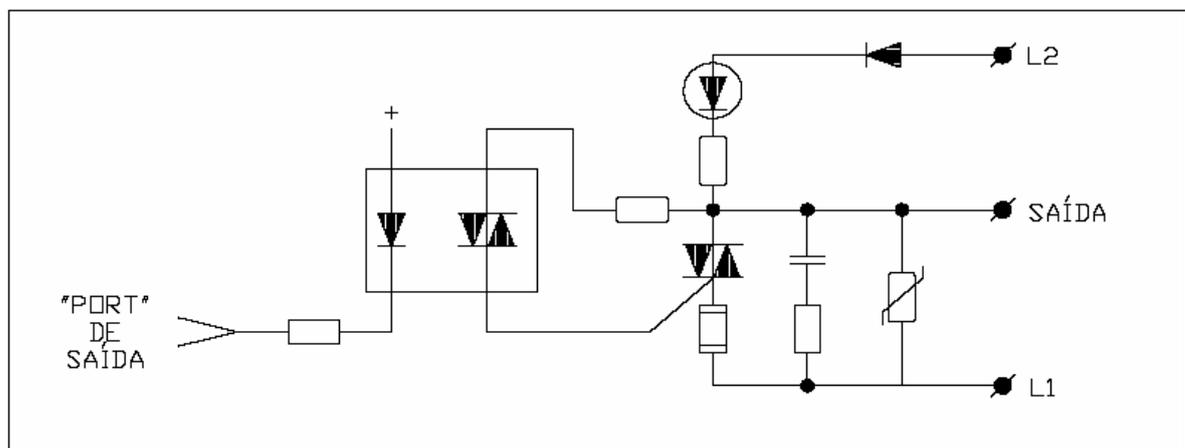


Figura 11. Circuito de saída digital em corrente alternada.

2.1.2.2. Unidade de saída analógica

Converte valores numéricos (presets de pressões, velocidade ou qualquer outro parâmetro) em sinal elétrico variável (em geral de 0 a 10Vcc ou 4 a 20mA). Entre os diversos atuadores podemos citar as pontes tiristorizadas, conversor de frequência e válvula proporcional. O diagrama de blocos está representado na Fig 12.

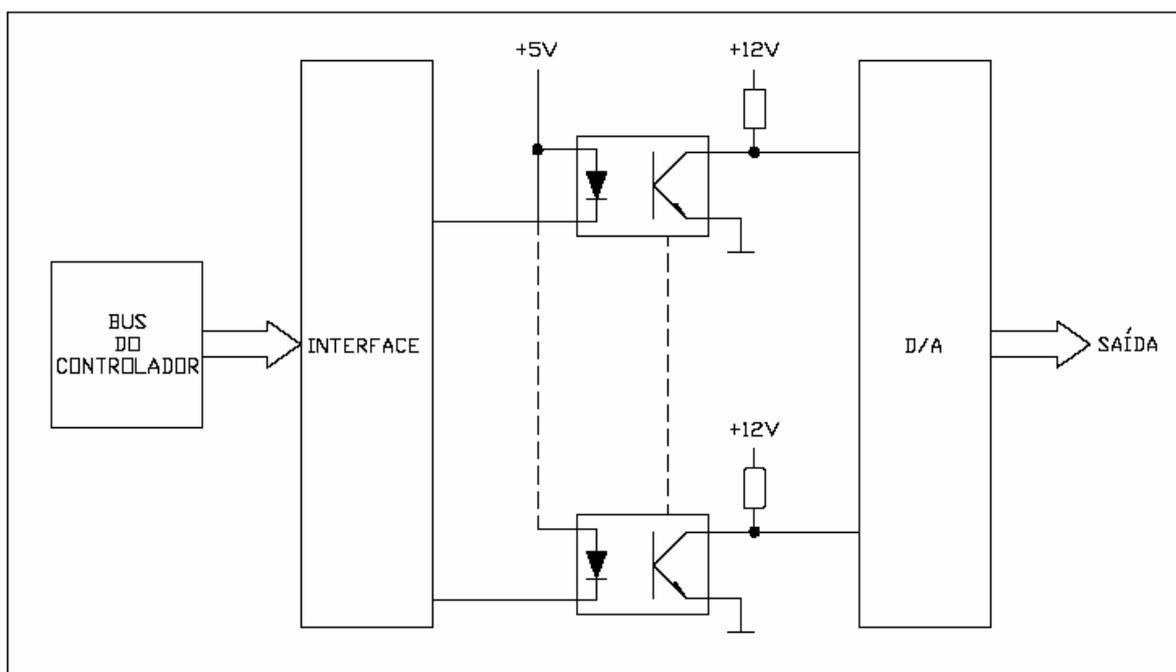


Figura 12. Diagrama de blocos de uma saída analógica.

2.1.3. Unidade de processamento

A unidade de processamento é o centro do controlador programável e é composta pelo microprocessador, memória de programa básico, memória de dados, memória de programa de usuário e interface de comunicação homem-máquina.

O módulo de processamento monitora os sinais de entrada do controlador programável e os combina de acordo com as instruções existentes na memória de programa de usuário executando operações lógicas, operações de temporização, contagem e seqüenciamento para a seguir liberar os sinais apropriados para as saídas.

2.1.3.1. Memórias

- Memória básica: Contém as informações operacionais para o controle de leitura das entradas, a execução passo a passo das instruções de usuário, o acionamento das saídas, bem como as interfaces - homem - máquina e de programação. Na memória básica são também escritos os programas de supervisão interna tais como detecção de erros de programa de usuário, teste de escrita/leitura na memória de dados e controle de tempo de ciclo.

- Memória de dados: Armazena as informações do estado das entradas que são lidas periodicamente, imagens das saídas, estados intermediários (estados internos), estados de temporizadores, estados de contadores e valores de contadores, temporizadores, variáveis, etc. Toda procura de dados (entradas ou estados internos) e todo resultado de operação (estado interno ou saída) é referente à memória de dados. Desta maneira durante o processamento das instruções de usuário a memória imagem das entradas não muda, mesmo que fisicamente uma entrada tenha se alterado, pois refere-se à leitura da varredura em curso, porém os estados são modificados à medida que as instruções de usuário assim o determinam. Para as saídas ocorre algo semelhante ou seja, embora a memória imagem das saídas seja alterada durante o processamento das instruções de usuário, as linhas físicas de saída somente são alteradas no final da varredura.
- Memória de usuário: Armazena os endereços da memória de dados onde se deseja executar uma operação e os endereços das sub-rotinas que cumprem a execução de tal operação.

2.1.3.2. Interface de comunicação homem máquina

Esta interface controla e permite a comunicação do usuário com o controlador programável para que aquele tenha a possibilidade de verificar (visualizar) ou interferir (alterar) os valores de preset em variáveis do processo.

As formas mais usuais de se comunicar com o controlador programável são através de frontais de teclado de cristal líquido (LCD), vácuo fluorescente (VFD), terminais de vídeo ou terminal LCD/VFD.

2.2. LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO DO CLP

Para obter-se o funcionamento desejado do controlador programável, devemos antes estabelecer uma linguagem. Seria impossível que cada usuário utilizasse a linguagem do microprocessador utilizado na UCP para a resolução de seu determinado problema de automação.

Embora ainda não seja disponível uma linguagem com sintaxe normalizada na área de controladores programáveis, algumas linguagens apresentam simbologia semelhante para vários fabricantes de controladores programáveis.

As principais formas de representação ou linguagens de programação são:

- Diagrama funcional;
- Lista de instruções;
- Diagrama de contatos (ladder).

A linguagem ladder será utilizada para realizar o desenvolvimento da programação da cama hospitalar, que será responsável pela lógica de funcionamento entre os sensores de campo, opções do usuário e movimentação dos estrados.

3. PROJETO

O projeto tem como objetivo desenvolver a automação da cama hospitalar através da utilização de um CLP e um circuito PWM, capaz de fornecer ao sistema a lógica de funcionamento assim como energia suficiente ao funcionamento do motor de corrente contínua.

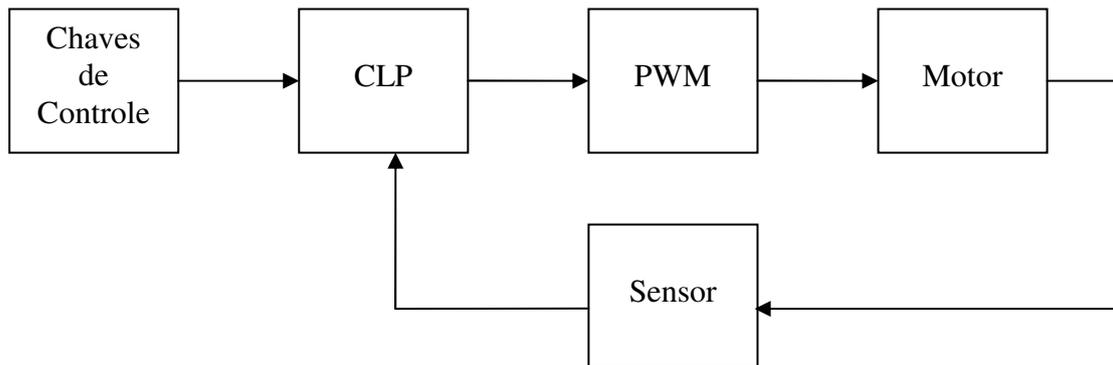


Figura 13. Diagrama de blocos do sistema

De acordo com o diagrama de blocos da Fig. 13, o sistema de automação da cama é dividido em três principais sub-sistemas:

- ✓ Interface com o usuário;
- ✓ Programação do CLP;
- ✓ Circuito PWM

A realimentação do sistema que tem como função estabelecer o início do ciclo de contagem dos temporizadores do CLP é realizado através de sensores de contato, que estão posicionados na cama de forma a captar o posicionamento dos eixos através de sua superfície ovalizada. São os sensores que determinam o ponto de parada dos estrados e acionam o CLP para iniciar a contagem do tempo de regime estacionário do motor.

3.1. SISTEMA DE INTERFACE COM O USUÁRIO

Composto por dois conjuntos de três botões de acionamento, esse sistema oferece ao usuário da cama Polli-Vicentini [7] a escolha de três níveis de velocidade de movimentação dos estrados assim como três estágios de temporização do estado de repouso dos estrados.

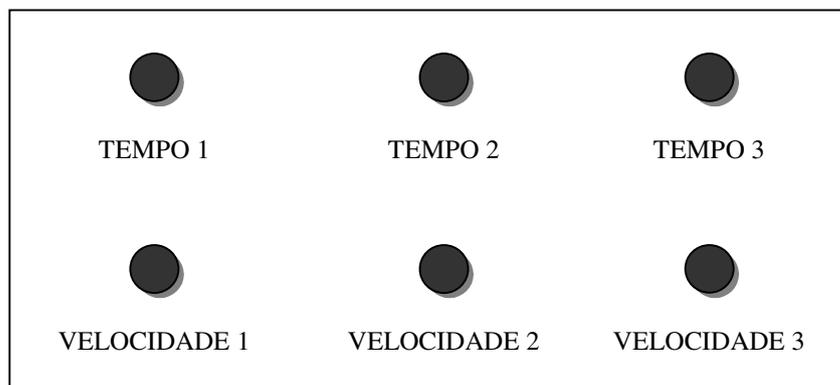


Figura 14. Painel de interface com o usuário

O usuário deverá escolher uma das opções de tempo de parada do motor (tempo 1, tempo 2 ou tempo 3) e uma opção de velocidade de movimentação dos estrados (velocidade 1, velocidade 2 ou velocidade 3). De acordo com a combinação que o usuário realizar, automaticamente a lógica de funcionamento no CLP irá ser executada de forma a oferecer o correto funcionamento do sistema.

3.2. PROGRAMAÇÃO DO CLP

Para que a lógica de funcionamento do sistema se estabeleça de forma eficaz é necessário que se tenha uma programação no CLP de forma a atender as diversas combinações que o usuário determinar na interface da cama.

A linguagem de programação adotada para o desenvolvimento deste trabalho é a linguagem ladder, conforme visto no item 2.2.

3.2.1. Características do hardware

Foi utilizado para o desenvolvimento do projeto um CLP ATOS, modelo MPC4004 com as seguintes características [6]:

- ✓ Tensão de alimentação nominal: 90 a 253 Vca, 47 a 63Hz ou 36 a 60 Vcc ou 9 a 36 Vcc ou 18 a 60 Vcc;

- ✓ Falta momentânea de energia permissível: máximo de 50ms;
- ✓ Isolação óptica: 1.500 Vca entre alimentação ou terminal de E/S e terra;
- ✓ Temperatura de armazenamento: -20 a +70°C;
- ✓ Temperatura de operação: 0 a +55°C;
- ✓ Umidade: 0 a 95% (sem condensação);
- ✓ Vibração: 5 a 50Hz / 0,625G (0,1mm pico a pico);
- ✓ Imunidade a ruído: conforme Nema Standard ICS2-230;
- ✓ Imunidade à descarga eletrostática: conforme IEC 801-2;
- ✓ Interface de comunicação: padrão RS232 / RS485

3.2.2. Principais instruções utilizadas

Para realizar a lógica de funcionamento da programação foram utilizadas instruções específicas de programação do CLP da Atos, programadas através do software WinSUP (versão 2.54.11 de 28/02/2005). Veremos neste capítulo o funcionamento dessas instruções e a forma em que são utilizadas durante a programação da cama hospitalar.

3.2.2.1. LD (Load ou carregamento) e LDN

Começa a operação em cada lógica ou bloco lógico através de contato NA (LD) e NF (LDN). É uma instrução de um operando. A instrução LD faz com que o conteúdo de um estado interno especificado pelo operando (estado ON ou OFF) se armazene em um registro de operações lógicas. Para formar operações lógicas esta instrução deve ser combinada com outras instruções como OR, AND. Aplica-se a mesma lógica ao LDN [5].

SÍMBOLO EM DIAGRAMA DE RELÉS	EXEMPLO DE PROGRAMAÇÃO
	

100 é o estado interno que vai usar a instrução.

Figura 15. Instrução LD

SÍMBOLO EM DIAGRAMA DE RELÉS	EXEMPLO DE PROGRAMAÇÃO
	

100 é o estado interno que vai usar a instrução.

Figura 16. Instrução LDN

3.2.2.2. OUT (saída digital)

Coloca o resultado de uma operação lógica em um estado interno especificado pelo operando. Este estado interno pode ser uma saída, um estado interno auxiliar ou um estado interno auxiliar com retenção [5].

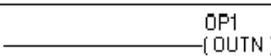
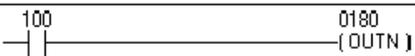
SÍMBOLO EM DIAGRAMA DE RELÉS	EXEMPLO DE PROGRAMAÇÃO
	

Figura 17. Instrução OUT

3.2.2.3. OUTIS (saída analógica)

É uma instrução de uma única entrada (habilita). A instrução atualiza o canal de saída analógica selecionado. Onde OP1 define o canal a ser atualizado [5].

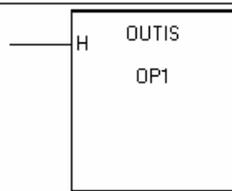
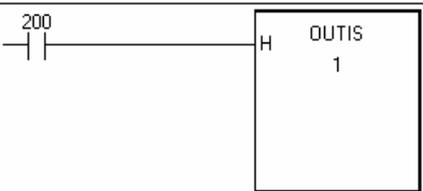
SÍMBOLO EM DIAGRAMA DE RELÉS	EXEMPLO DE PROGRAMAÇÃO
	

Figura 18. Instrução OUTIS

3.2.2.4. SETR (Set-Reset)

Permite executar um estado interno com retenção. É composta por duas entradas:

- ✓ (S)ET - Se a entrada é acionada, mesmo durante um único período de varredura, o estado interno especificado pelo operando é acionado;
- ✓ (R)ESET - se a entrada é acionada, mesmo durante um único período de varredura o estado interno especificado pelo operando é desacionado. Se ambas as entradas são acionadas a entrada RESET tem prioridade.

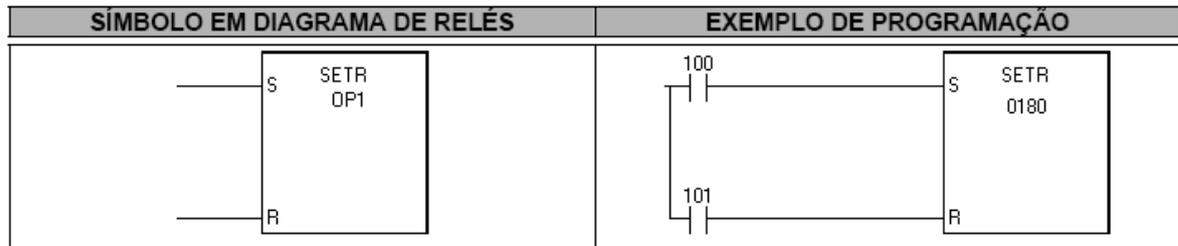


Figura 19. Instrução SETR

Se a entrada 100 é acionada a saída 180 é acionada; desacionando a entrada 100 a saída 180 continua acionada (LATCH). Acionando a entrada 101 a saída 180 é desacionada [5].

3.2.2.5. TMR (Timer)

Simula um temporizador com retardo na energização. É composta por 2 entradas:

- ✓ HABILITA - permite a contagem do temporizador, quando a condição lógica da entrada é ativada. Caso contrário a contagem é zerada;
- ✓ START/STOP - Quando ativada permite a contagem e quando desativada pára a contagem (sem zerar).

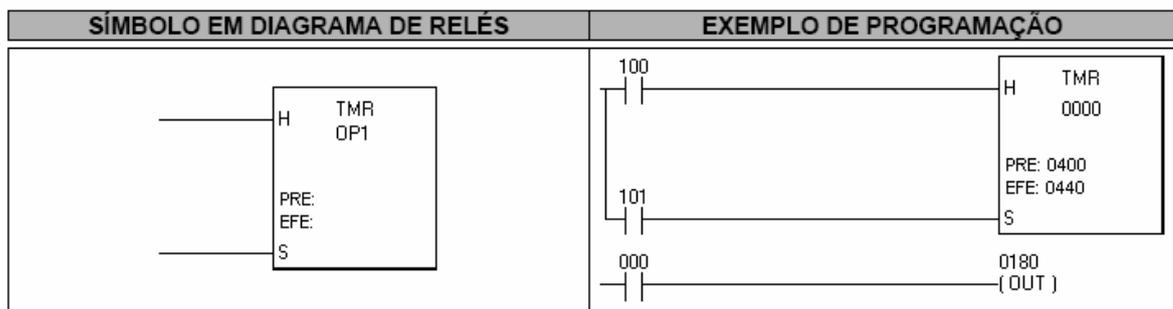


Figura 20. Instrução TMR (Timer)

Estando a entrada 100 acionada, quando a entrada 101 for acionada a contagem de tempo é iniciada, e neste caso alocada, ou atualizada no endereço (440/441) efetivo. E com a entrada 100 desacionada o valor da contagem é zerado. Se a entrada 101 for desacionada a temporização para e não zera continuando assim que a entrada 101 for acionada novamente [5].

A instrução TMR é utilizada na programação para realizar a contagem dos minutos, ou seja, a sua variação de contagem é de 0 a 60seg.

3.2.2.6. CNT (Contador)

Simula um contador. É composta por duas entradas:

- ✓ (H)ABILITA - Permite que ocorra a contagem, quando a condição lógica da entrada é ativada. Caso contrário a contagem é zerada;
- ✓ (S)TART/STOP - na transição de OFF para ON incrementa a contagem. Para isto a entrada HABILITA deve estar ativada.

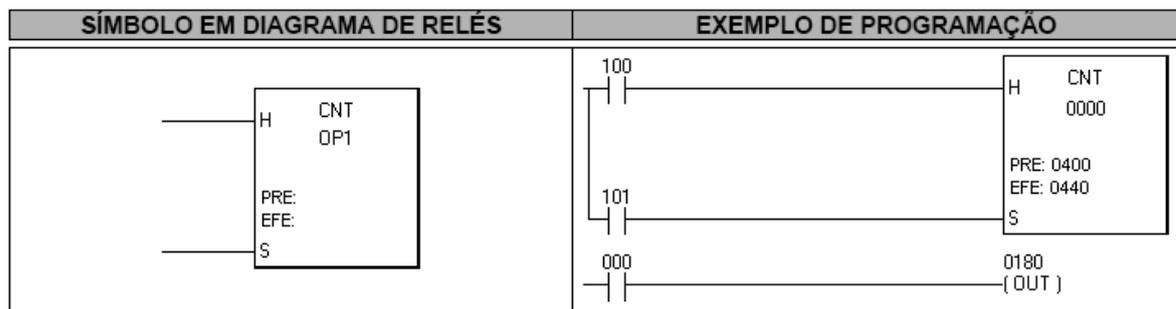


Figura 21. Instrução CNT (Contador)

Estando a entrada 100 acionada, a cada acionamento da entrada 101 o conteúdo do endereço (440/441) efetivo é incrementado de uma unidade. E com a entrada 100 desacionada o valor da contagem é zerado [5].

A instrução CNT é utilizada na programação da cama para realizar a contagem dos minutos de parada do funcionamento do motor. A cada ciclo de contagem de 0 a 60 seg. realizada pela instrução TMR, é contabilizado uma contagem pelo contador.

3.2.2.7. MOVK

Carregamento de constante em um registro. Esta instrução executa a colocação de um valor de 16 bits em um registro de palavras indicado por OP1. A instrução tem uma única entrada (Habilita) [5].

No exemplo da Fig. 22 quando o endereço 200 for acionado, o valor 1234 será colocado no registro de memória 600. Essa instrução é bastante utilizada na programação da cama para definir os valores das constantes de tempo e níveis de tensão da saída analógica.

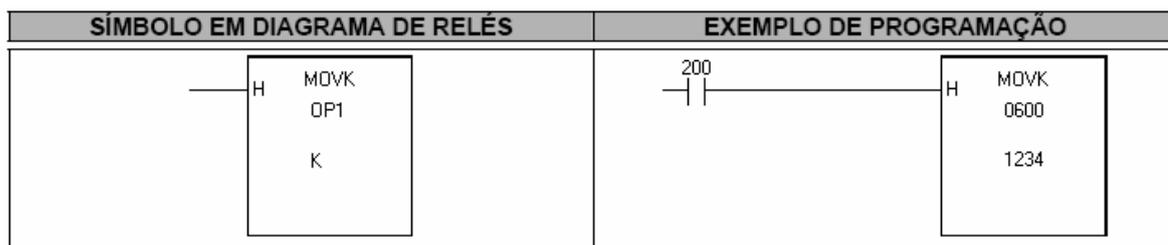


Figura 22. Instrução MOVK

3.2.3. Lógica combinacional entre o tempo x velocidade

De acordo com o painel de interface com o usuário, podemos criar nove combinações de entrada para o funcionamento do sistema:

- ✓ Tempo 1 x Velocidade 1: parada do motor de 10min. e saída de 3,4V;
- ✓ Tempo 1 x Velocidade 2: parada do motor de 10min. e saída de 6,7V;
- ✓ Tempo 1 x Velocidade 3: parada do motor de 10min. e saída de 10,0V;
- ✓ Tempo 2 x Velocidade 1: parada do motor de 20min. e saída de 3,4V;
- ✓ Tempo 2 x Velocidade 2: parada do motor de 20min. e saída de 6,7V;
- ✓ Tempo 2 x Velocidade 3: parada do motor de 20min. e saída de 10,0V;
- ✓ Tempo 3 x Velocidade 1: parada do motor de 30min. e saída de 3,4V;
- ✓ Tempo 3 x Velocidade 2: parada do motor de 30min. e saída de 6,7V;
- ✓ Tempo 3 x Velocidade 3: parada do motor de 30min. e saída de 10,0V;

Para cada combinação é necessário um conjunto de programação responsável pelo funcionamento da cama de acordo com as opções setadas pelo usuário.

A lógica combinacional entre o tempo x velocidade irá realizar a contagem do tempo determinado e acionar o nível de tensão da saída analógica do CLP de acordo com a combinação de entrada.

3.2.3.1. Configuração Tempo 1 x Velocidade 1

Na programação ladder realizada através do software WinSUP, vejamos a aplicação prática das instruções previamente explicadas.

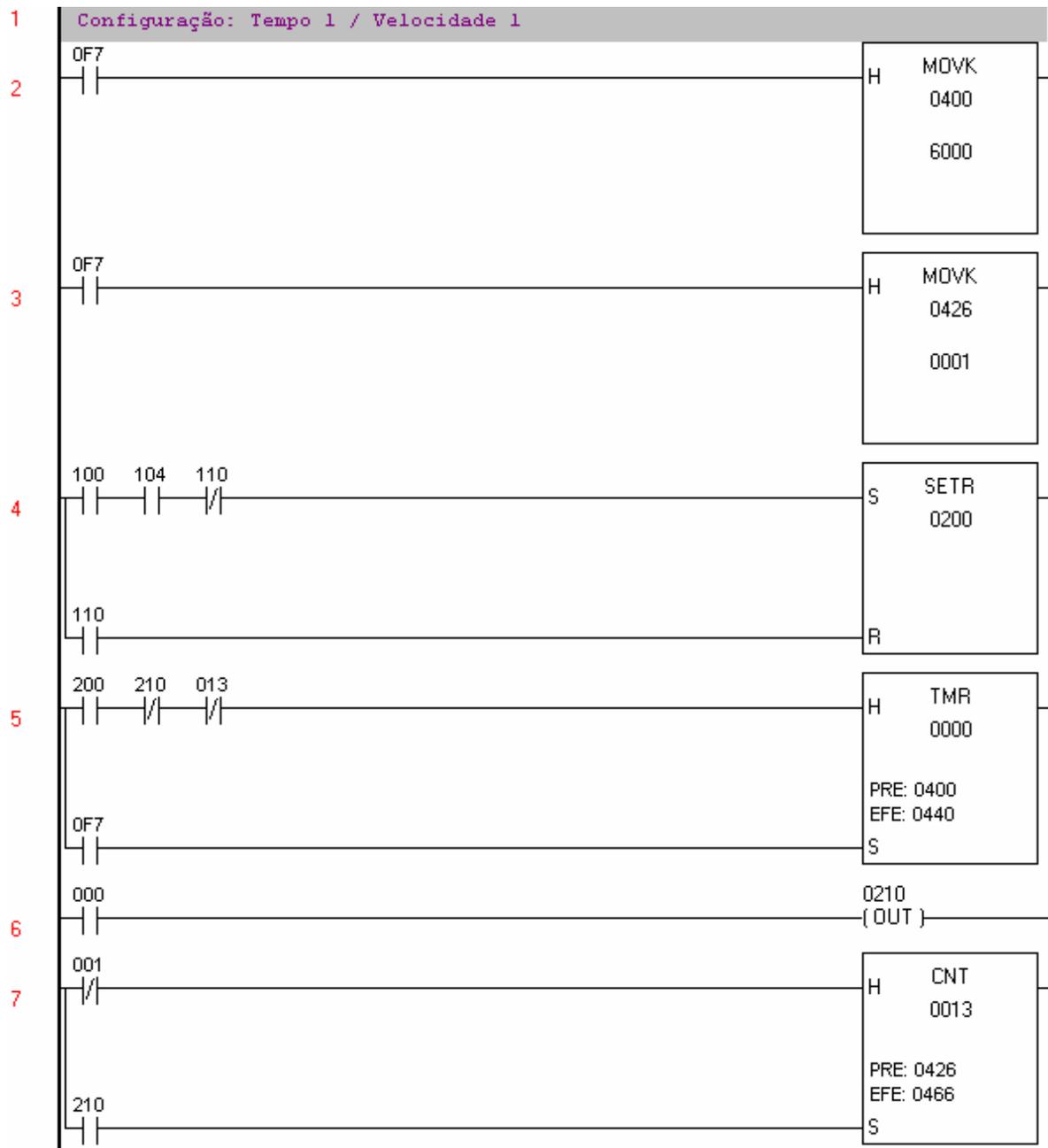


Figura 23. Lógica de programação: Tempo 1 x Velocidade 1

Na linha de programação nº 2, o valor 6000 (representado em centésimos) é colocado na memória 400, que representará a contagem de 0 a 60seg. Da mesma forma o valor 0001 é colocado na memória 426, conforme representado na linha nº 3, que representará a quantidade de contagens que o contador terá que realizar. Na linha nº 4 temos as entradas do sistema (100 representa a opção

Tempo 1, 104 representa a opção Velocidade 1 e 110 representa o sensor de posicionamento do eixo) acionando uma instrução SETR, uma vez acionado irá acionar o timer 000 da linha nº 5. O TRM 000 acionado irá ativar uma operando interno 0210 que será responsável por incrementar a contagem do CNT 0013, conforme linha de programação nº 7. Analogamente teremos um conjunto de programação para cada uma das 9 combinações de Tempo x Velocidade.

3.2.3.2. Configuração Tempo 1 x Velocidade 2

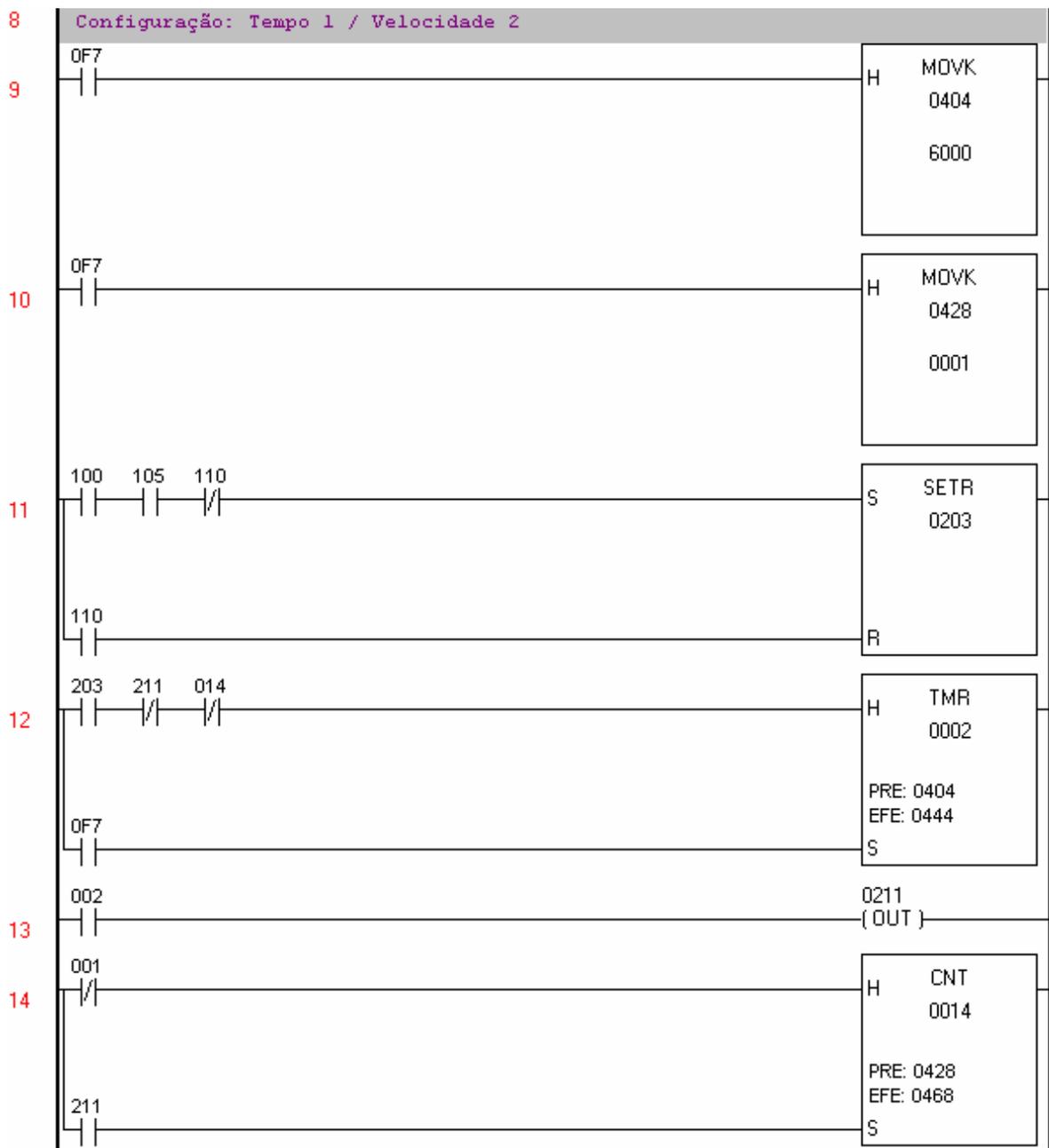


Figura 24. Lógica de programação: Tempo 1 x Velocidade 2

3.2.3.3. Configuração Tempo 1 x Velocidade 3

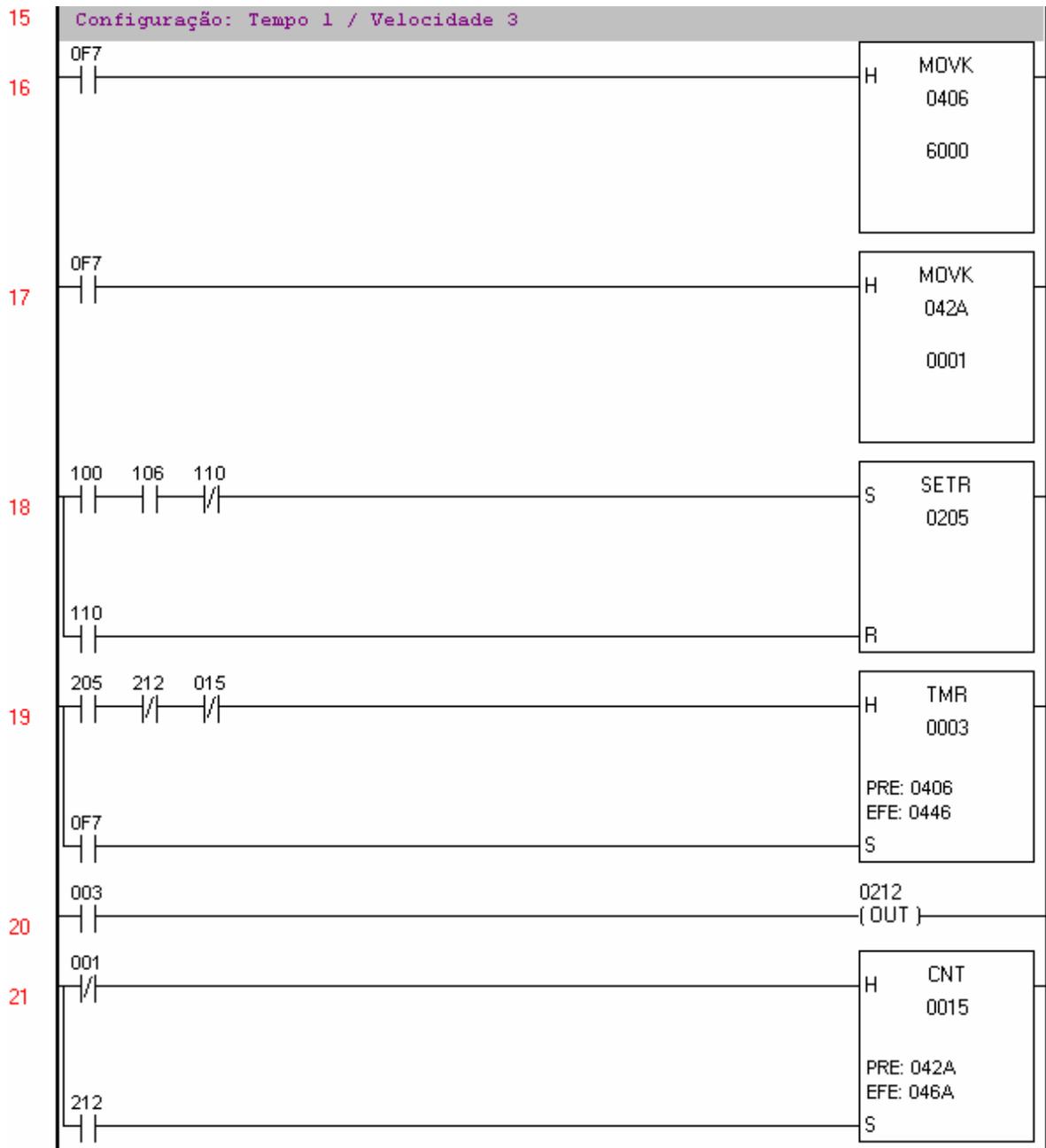


Figura 25. Lógica de programação: Tempo 1 x Velocidade 3

3.2.3.4. Configuração Tempo 2 x Velocidade 1

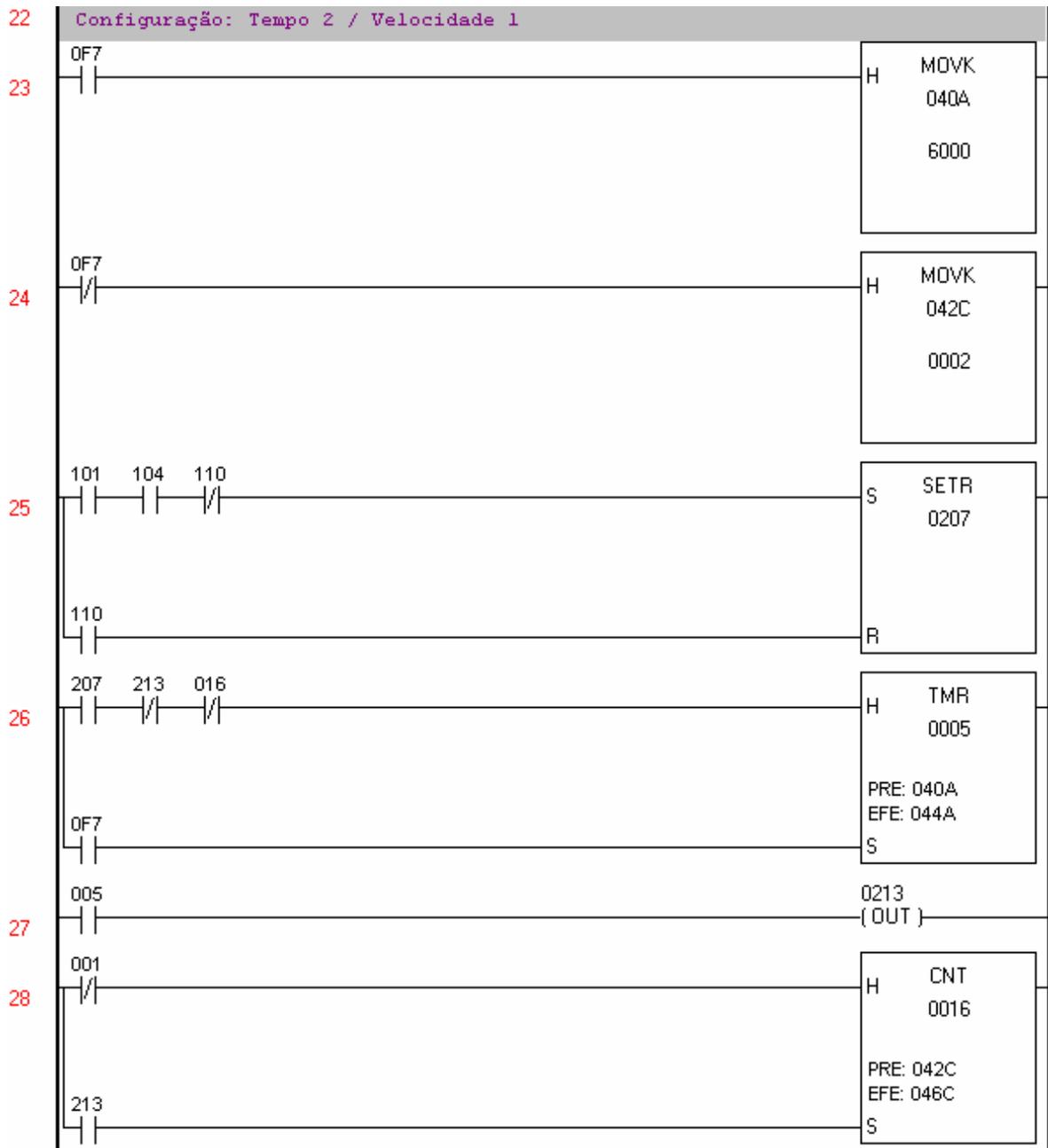


Figura 26. Lógica de programação: Tempo 2 x Velocidade 1

3.2.3.5. Configuração Tempo 2 x Velocidade 2

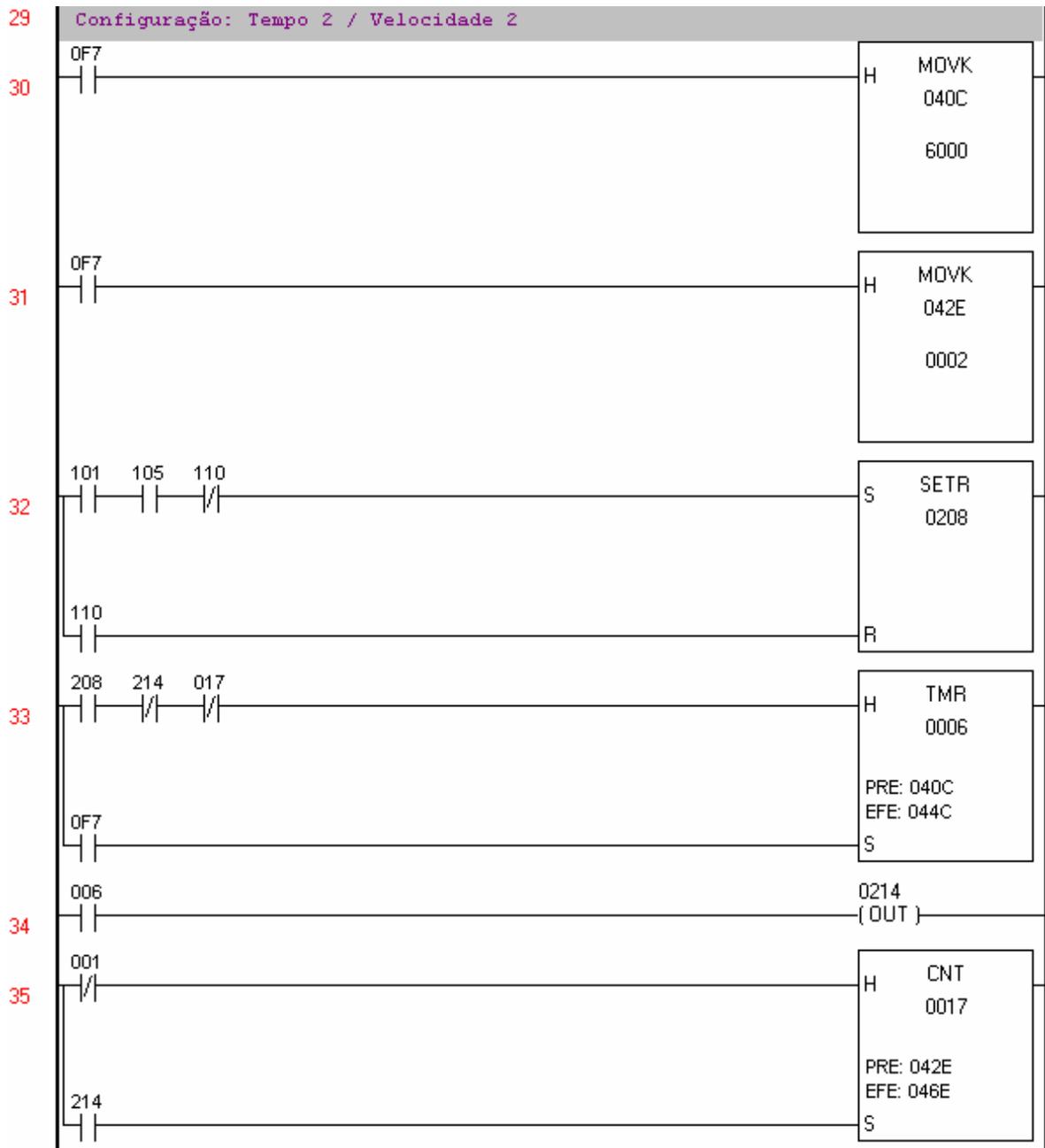


Figura 27. Lógica de programação: Tempo 2 x Velocidade 2

3.2.3.6. Configuração Tempo 2 x Velocidade 3

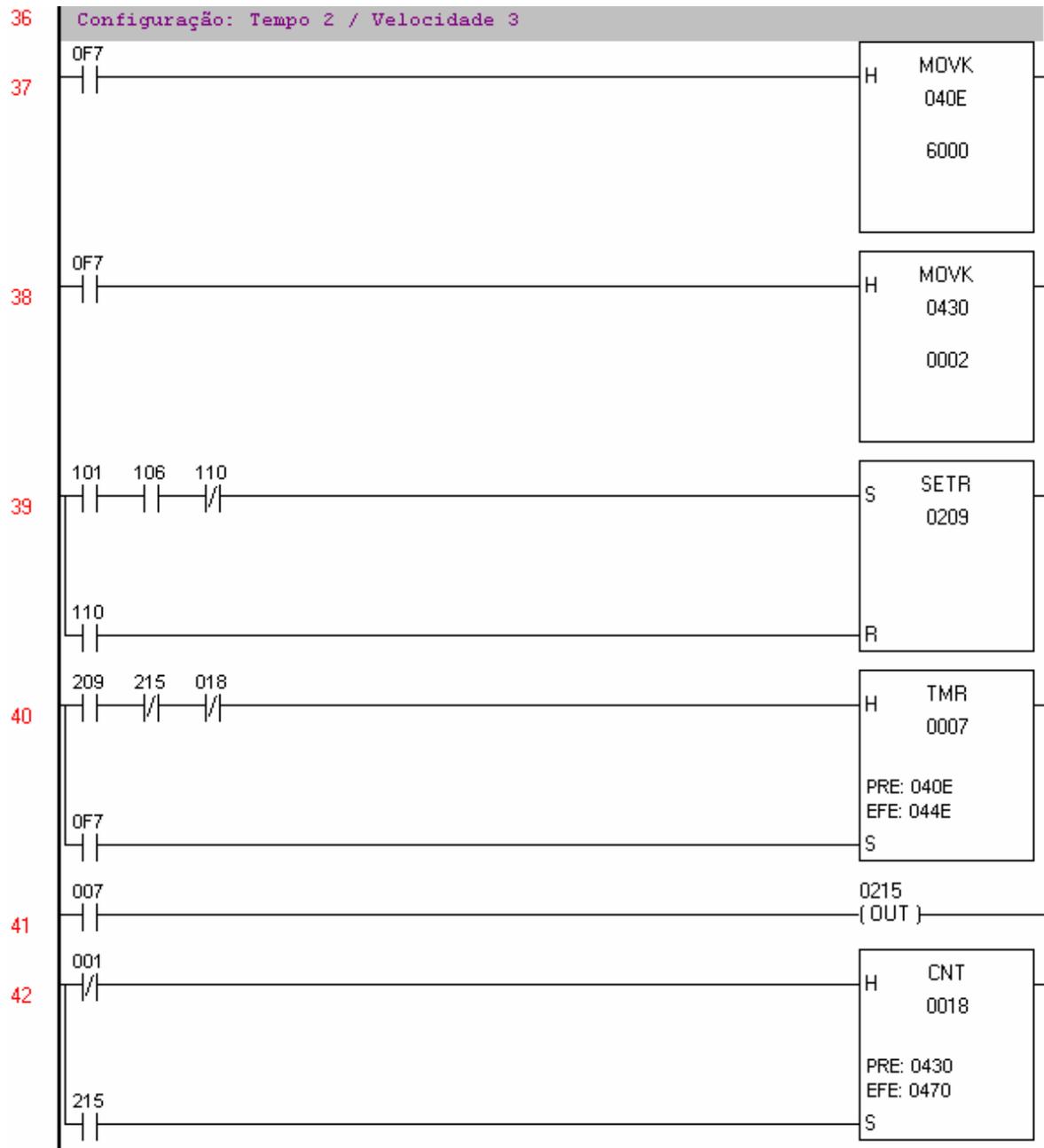


Figura 28. Lógica de programação: Tempo 2 x Velocidade 3

3.2.3.7. Configuração Tempo 3 x Velocidade 1

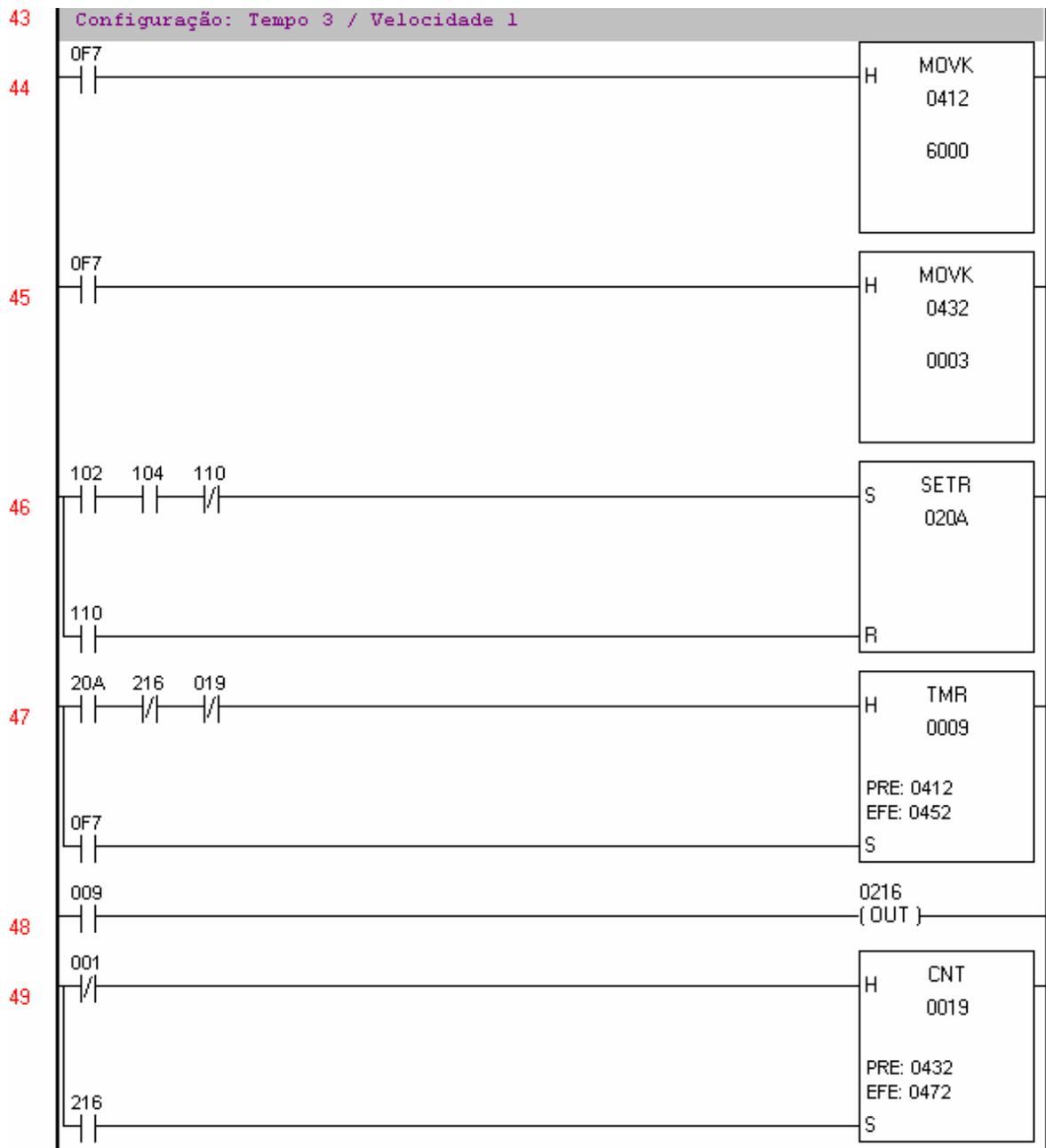


Figura 29. Lógica de programação: Tempo 3 x Velocidade 1

3.2.3.8. Configuração Tempo 3 x Velocidade 2

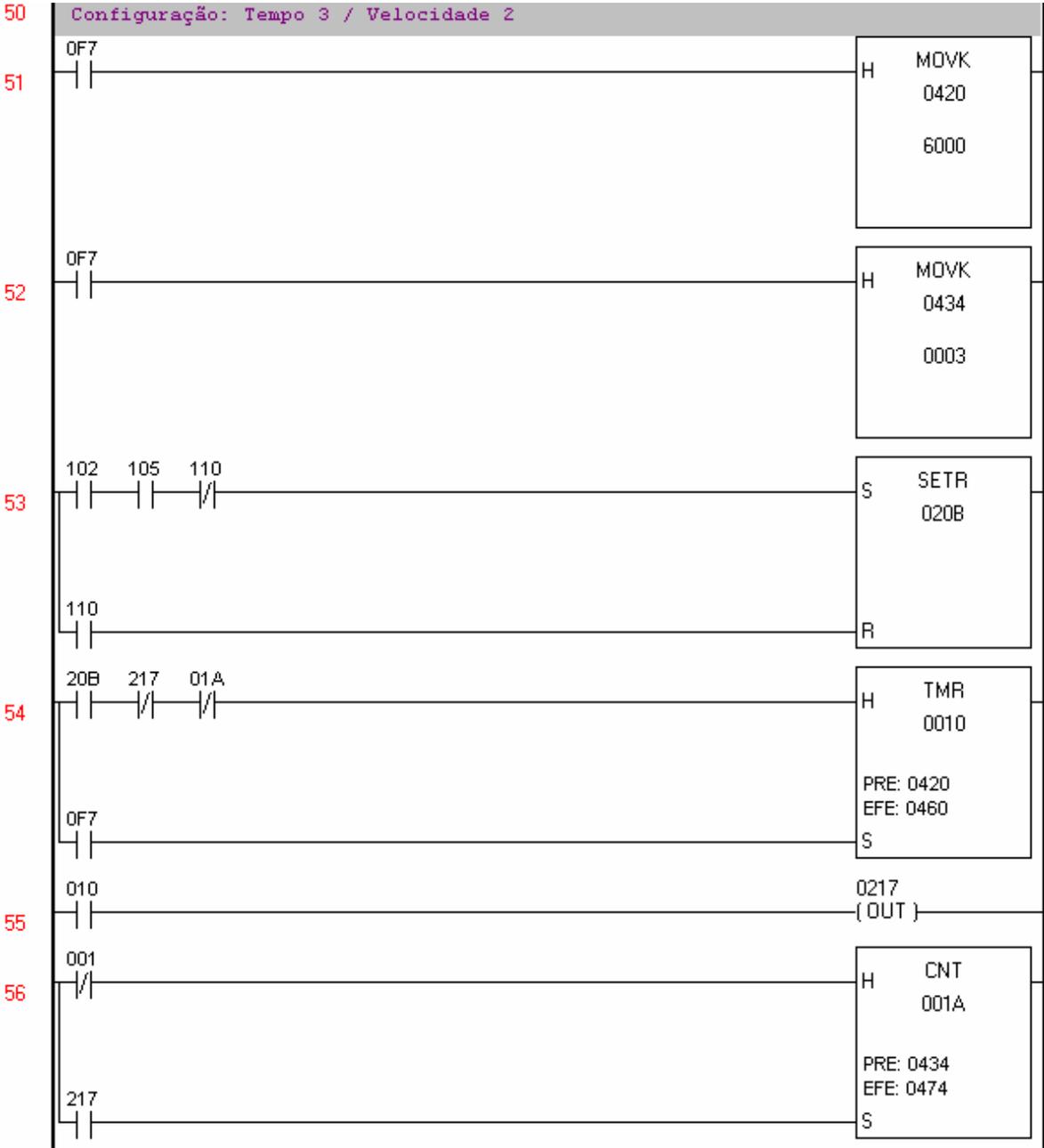


Figura 30. Lógica de programação: Tempo 3 x Velocidade 2

3.2.3.9. Configuração Tempo 3 x Velocidade 3

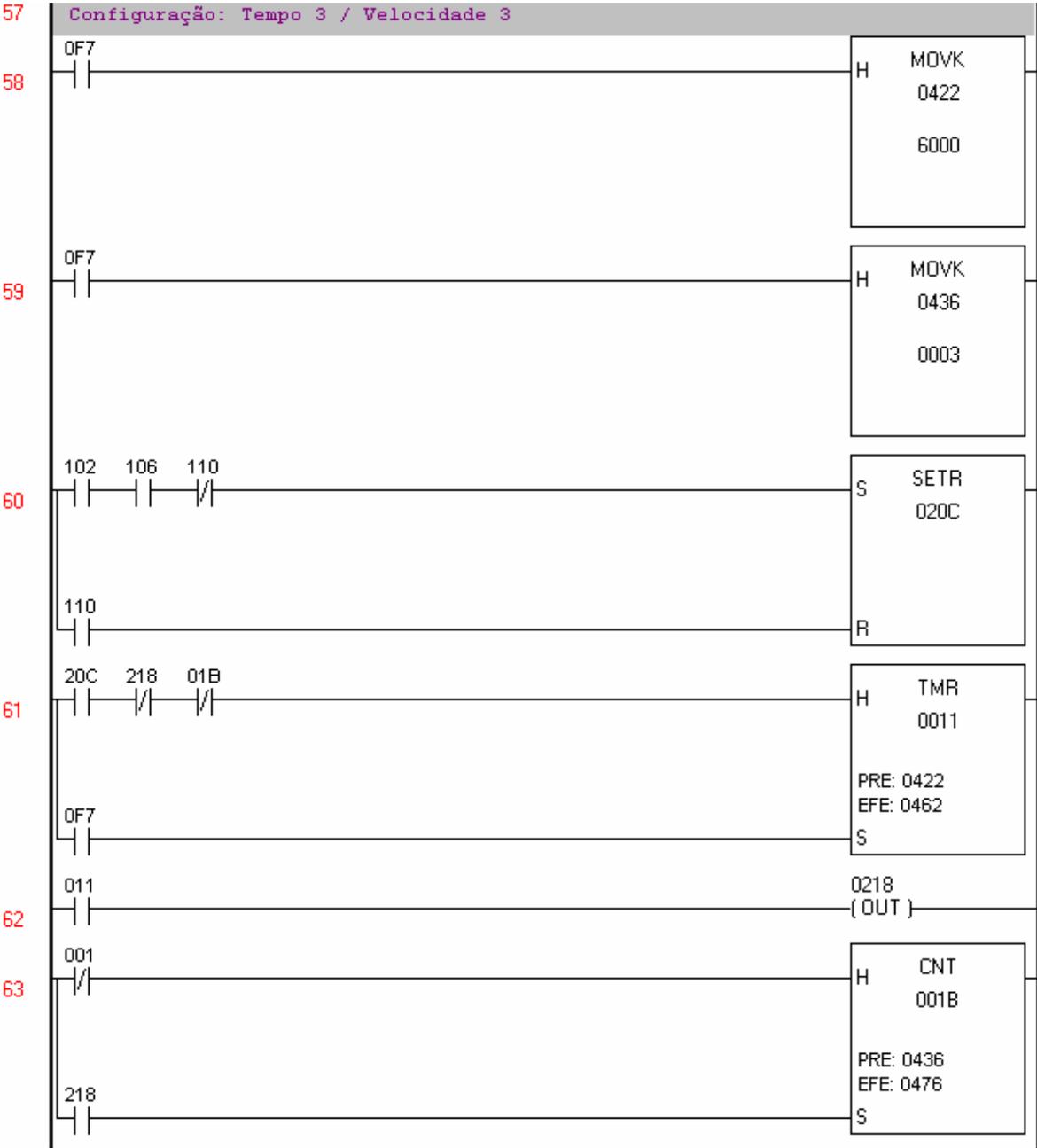


Figura 31. Lógica de programação: Tempo 3 x Velocidade 3

3.2.4. Acionamento da saída analógica

Para que seja possível realizar o controle da velocidade de movimentação dos estrados da cama hospitalar, é necessário que se faça uma programação capaz de controlar a tensão da saída analógica variando de 0 a 10V, de acordo com a opção do usuário.

Para se trabalhar com as saídas do módulo analógico, é necessário realizar a habilitação dessas saídas via software (WinSUP) e fazer a opção da escala que se deseja trabalhar (conforme Fig. 32).

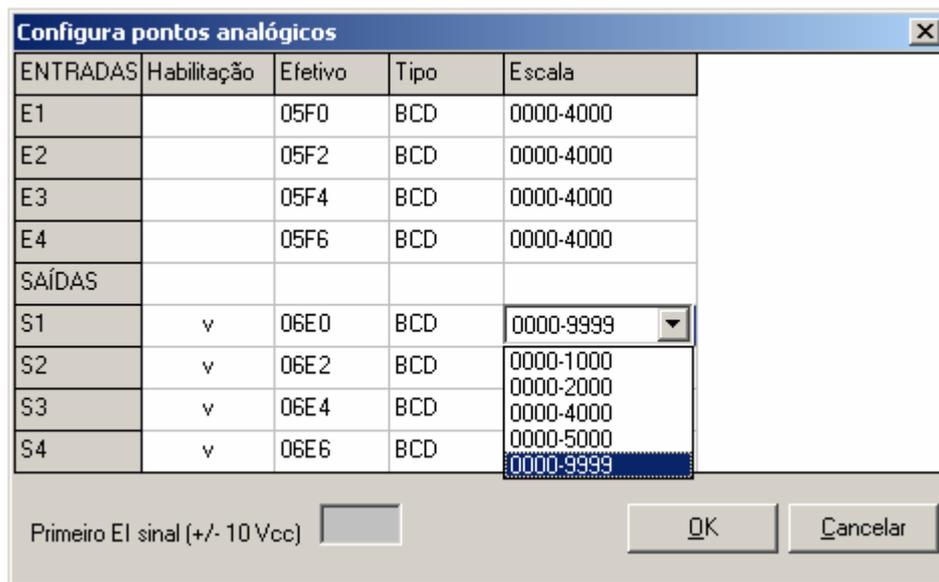


Figura 32. Habilitação/Configuração da saída analógica

O valor de tensão da saída analógica está relacionado com o valor representativo da escala que o programador desloca no endereço de memória relativo a saída analógica. No projeto utiliza-se a primeira saída analógica cujo endereço de memória é o 06E0, escala de 0000-9999 BCD.

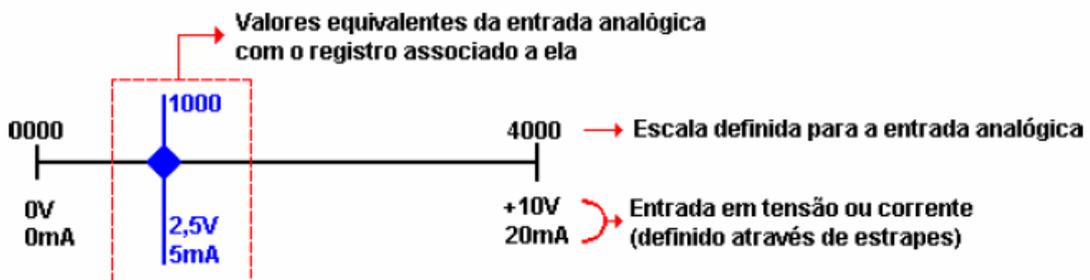


Figura 33. Exemplo de utilização da escala para saída analógica

O sinal da saída analógica será acoplado ao circuito PWM que fornecerá a potência necessária ao motor, resultando no torque que movimentará todo o sistema. Adotou-se para o desenvolvimento do projeto três níveis de tensão na saída analógica do CLP, conforme configuração:

- ✓ Velocidade 1: tensão na saída analógica = 3,4V
- ✓ Velocidade 2: tensão na saída analógica = 6,7V
- ✓ Velocidade 3: tensão na saída analógica = 10,0V

3.2.4.1. Configuração Velocidade 1

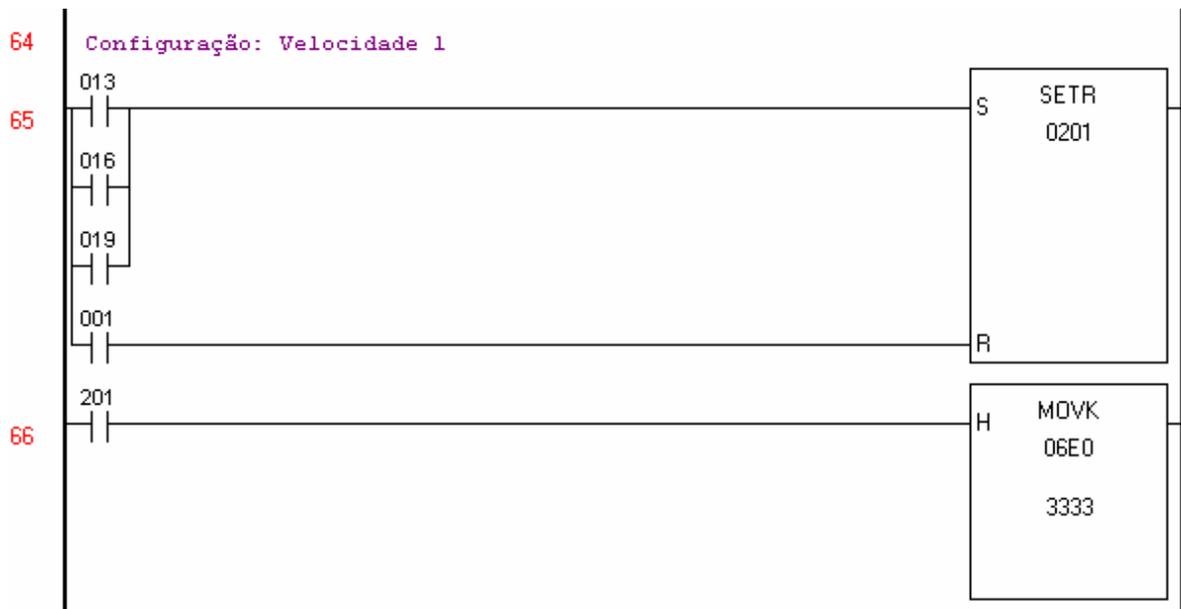


Figura 34. Configuração da Velocidade 1

As entradas 013, 016 e 019 representam os contadores (CNT) relativos as configurações do Tempo 1 x Velocidade 1, Tempo 2 x Velocidade 1 e Tempo 3 x Velocidade 1. Quando qualquer uma dessas entradas for acionadas o endereço 201 movimentará o valor 3333 (que representa 3,4V na escala de 0000-9999) para o endereço de memória 06E0 (saída analógica 1). De forma análoga é realizado o controle da tensão relativo as velocidades 2 e 3.

3.2.4.2. Configuração Velocidade 2

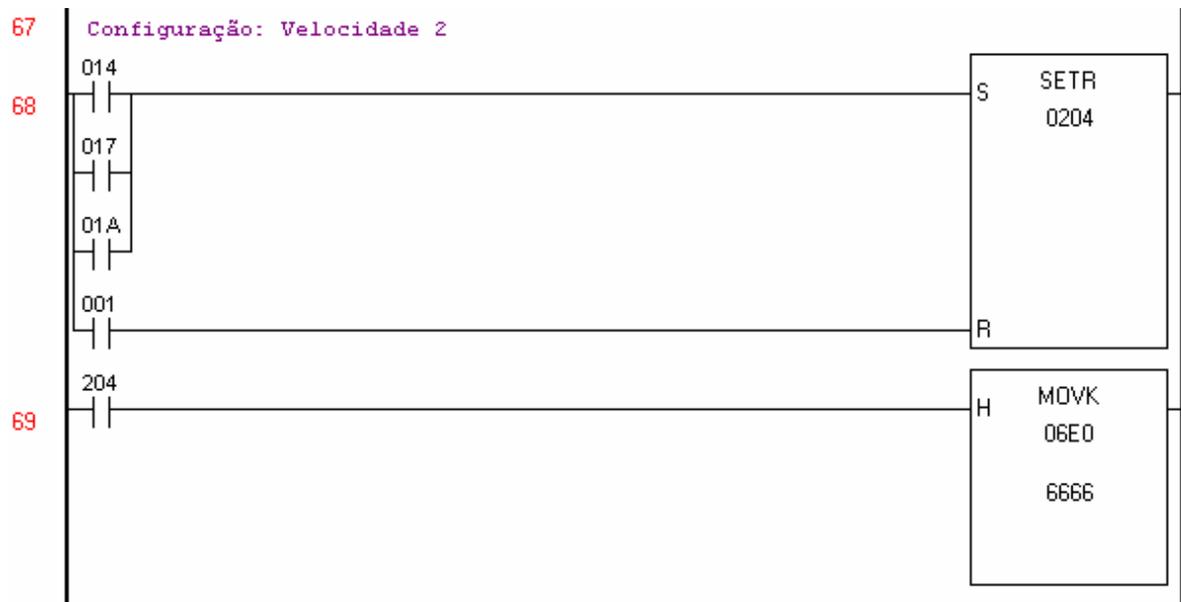


Figura 35. Configuração da Velocidade 2

As entradas 014, 017 e 01A representam os contadores (CNT) relativos as configurações do Tempo 1 x Velocidade 2, Tempo 2 x Velocidade 2 e Tempo 3 x Velocidade 2.

3.2.4.3. Configuração Velocidade 3

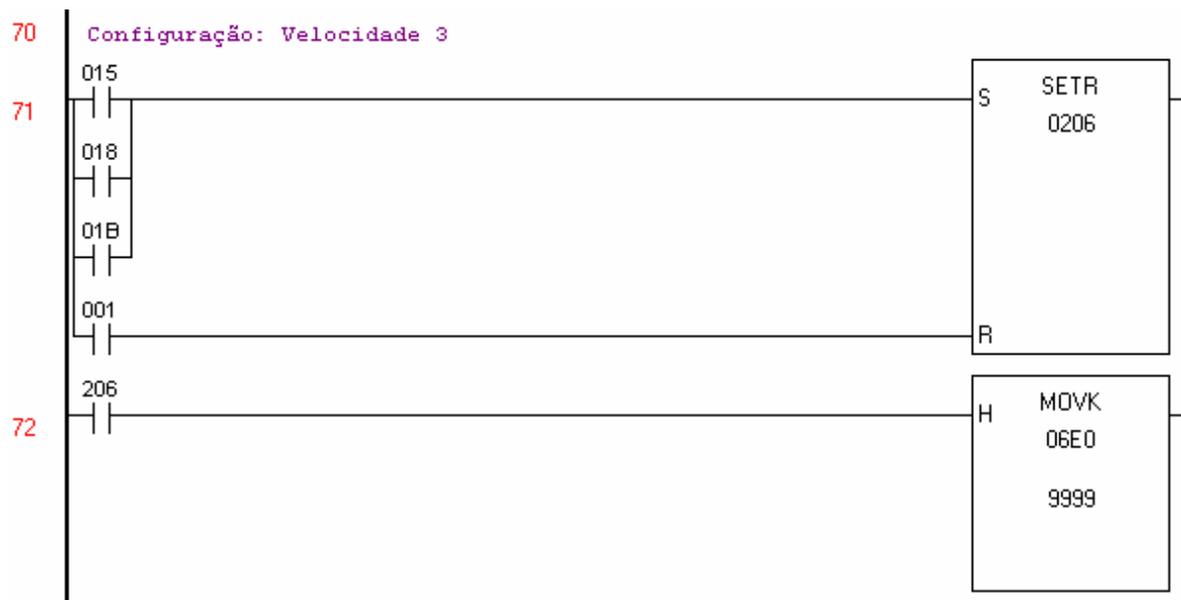


Figura 36. Configuração da Velocidade 3

As entradas 015, 018 e 01B representam os contadores (CNT) relativos as configurações do Tempo 1 x Velocidade 3, Tempo 2 x Velocidade 3 e Tempo 3 x Velocidade 3.

3.2.4.4. Lógica de acionamento da saída analógica

Após definidas as configurações das velocidades 1, 2 e 3 é necessário realizar de fato o acionamento da saída analógica. Utiliza-se para este objetivo a instrução OUTIS que irá atualizar o endereço 06E0 de acordo com o valor setado nas configurações dos itens 3.2.4.1, 3.2.4.2 e 3.2.4.3.

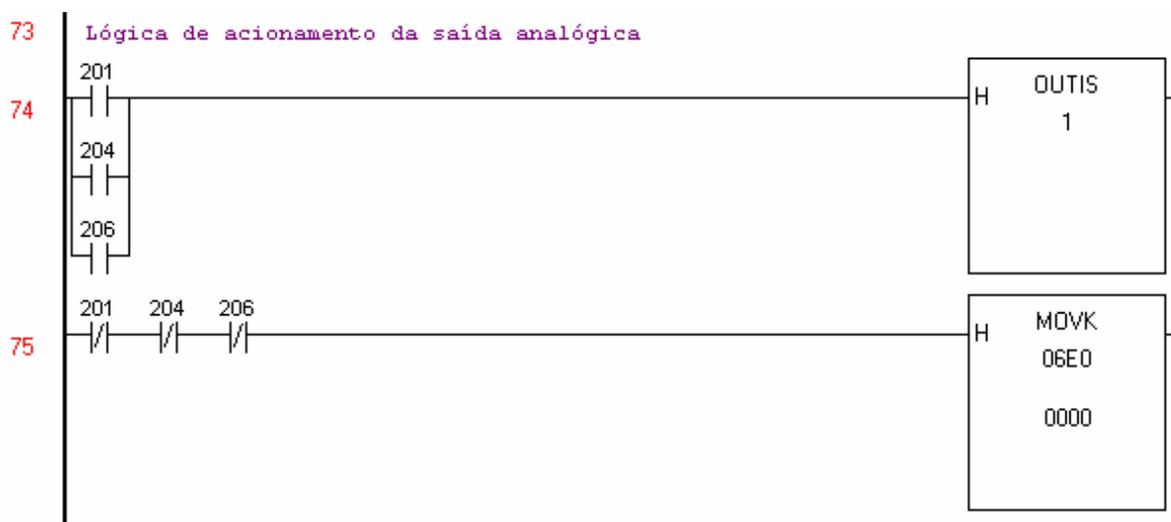


Figura 37. Lógica de acionamento da saída analógica

Quando acionada uma das entradas 201, 204 ou 206 a saída analógica será atualizada e o valor de tensão será evidenciado no canal 1. Na condição dos endereços 201, 204 e 206 desacionados, o valor do endereço 06E0 será sempre 0000, ou seja, nível de tensão 0V na saída analógica (conforme linha de programação n° 75).

3.2.5. Sistema de acionamento do sensor

Os sensores estão localizados na parte interior da cama de forma a identificar o posicionamento dos eixos, estabelecendo dessa forma o ponto de parada dos estrados.

A cama possui três sensores tipo switch capazes de estabelecer os três diferentes níveis entre os dois conjuntos de estrados da cama, conforme Fig. 38.

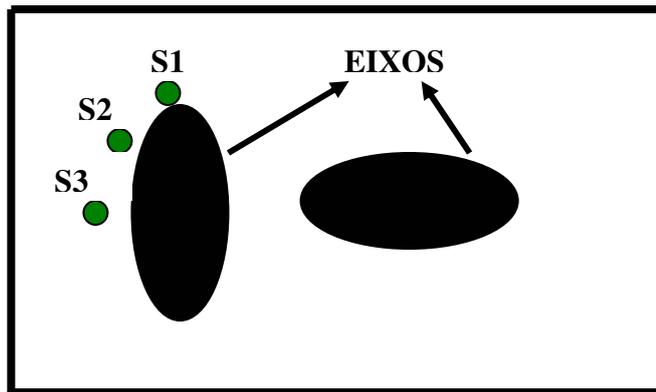


Figura 38. Sistema de posicionamento dos sensores

Os sensores S1 e S3 determinam a máxima variação de posicionamento entre os dois conjuntos de estrados, enquanto o sensor S2 determina o nivelamento entre os dois conjuntos. Como os sensores utilizados no projeto são contatos NA, tornou-se necessário desenvolver na programação uma lógica capaz de manter o sensor acionado durante uma fração de tempo para que o eixo não mantivesse o sensor acionado, impedindo o funcionamento da cama.

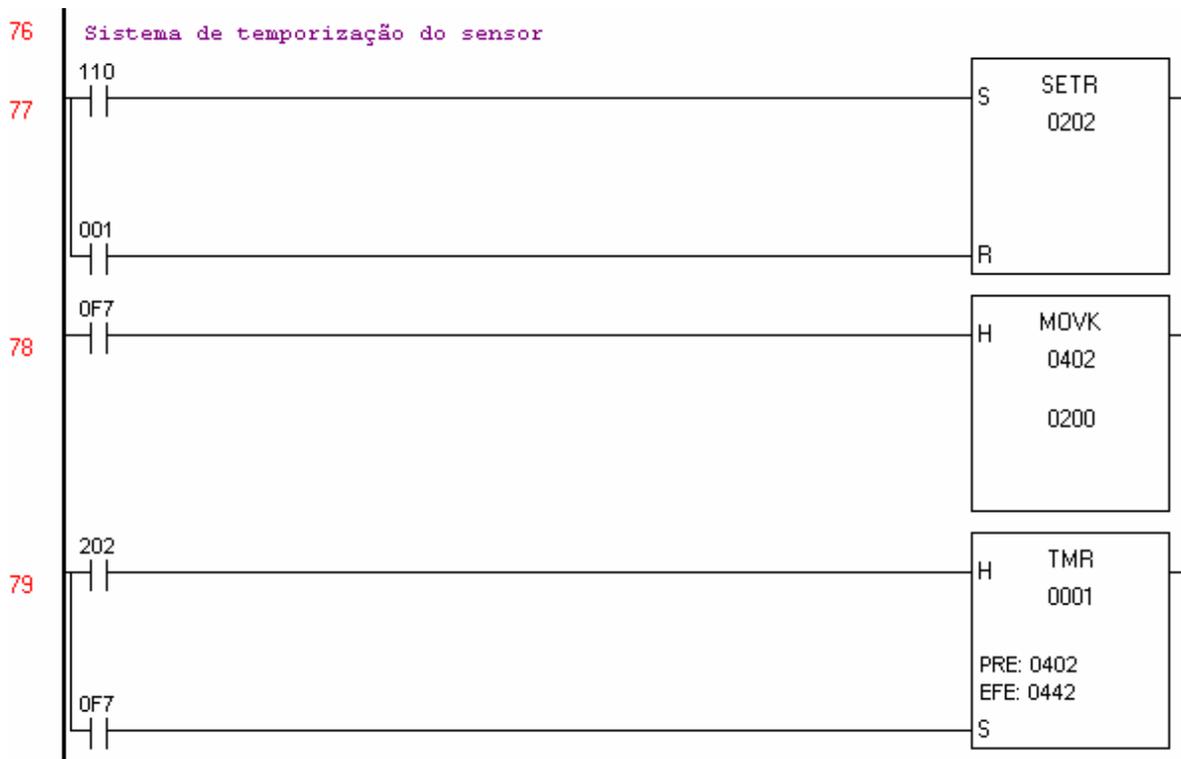


Figura 39. Sistema de temporização do sensor

Através dessa lógica de programação, quando o sensor é acionado o sistema mantém o motor funcionamento durante 2seg. e somente após decorrer este tempo o motor é desligado e o temporizador é acionado, iniciando a contagem de um novo ciclo de tempo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do projeto ocorreu de forma ordenada e alcançou os objetivos previstos inicialmente. Para que a criação do programa do CLP fosse realizado com sucesso tornou-se necessário estudos nos conceitos teóricos e conhecimento nas instruções de programação do software programador WinSUP (Atos).

Após adquirido o conhecimento necessário das instruções de programação iniciou-se uma segunda etapa do projeto para a união das ferramentas de programação e a criação da lógica de funcionamento da cama hospitalar, método este realizado através das diversas tentativas em bancada e medições dos sinais do sistema.

Com as lógicas de funcionamento concluídas iniciou-se a terceira etapa, aplicação e adaptação das lógicas básicas com as diversas combinações que o sistema oferece, entre elas as combinações entre o tempo de regime estacionário do motor e a velocidade de movimentação dos estrados. Dessa forma concluiu-se a programação do CLP com sucesso.

Para simulação de funcionamento completo de todo o sistema foram realizados ensaios em bancada integrando o funcionamento do CLP, o circuito PWM e o motor de corrente contínua. Notou-se que as características funcionais do sistema ocorreu de forma correta e conforme os objetivos do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CULLUM, N., NELSON, E.A., FLEMMING, K., SHELDON, T., 2001, Systematic reviews of wound care management: (5) beds; (6) compression; (7) laser therapy, therapeutic ultrasound, electrotherapy and electromagnetic therapy. *Health Technology Assessment*, v.5, n.9, p.1- 221.
- [2] CLARK, M., WATTS, S., 1994, The incidence of pressure sores during a National Health Service Trust Hospital during 1991. *J. Adv. Nurs.*, v.20, p. 33 – 36.
- [3] DAVINI, R. et al., 2005, Tratamento de úlceras cutâneas crônicas por meio da estimulação elétrica de alta voltagem. *J. Med. Sciences*, 14(3): 249 – 258.
- [4] GONÇALVES, G., PARIZOTTO, N.A., 1998, Fisiopatologia da reparação cutânea: Atuação da Fisioterapia. *Rev. Bras. Fisiot.*, v.3, p.5 – 13.
- [5] ATOS, Conjunto de Instruções DWARE, Manual Rev. 1.80, pp. 17-39, Fevereiro 2005
- [6] ATOS, Controlador Programável MPC4004 (WinSUP 2), Ref. 3-0053.210, Manual Rev. 2.10, Agosto 2005
- [7] POLLI, M., VICENTINI, R., 2004, Proposta de desenvolvimento de uma cama hospitalar de superfície de apoio dinâmica para prevenção de formação de úlceras de decúbito. 42 p., TCC - Curso Fisioterapia, UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO.