UNICESUMAR - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

AUTOMATIZAÇÃO DO CONTROLE DE NÍVEL DO PROCESSO DE MOAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR EM USINA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL

GUILHERME DE ALMEIDA CAMPANER

MARINGÁ – PR
2019

GUILHERME DE ALMEIDA CAMPANER

AUTOMATIZAÇÃO DO CONTROLE DE NÍVEL DO PROCESSO DE MOAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR EM USINA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação, sob a orientação do Prof. Me. Murillo Vilela Magan.

MARINGÁ – PR

2019

FOLHA DE APROVAÇÃO

GUILHERME DE ALMEIDA CAMPANER

AUTOMATIZAÇÃO DO CONTROLE DE NÍVEL DO PROCESSO DE MOAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR EM USINA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação, sob a orientação do Prof. Me. Murillo Vilela Magan.

Aprovado em: ____ de _____ _____.

BANCA EXAMINADORA

_____

Murillo Vilela Magan

_____

Igor Henrique do Nascimento Oliveira

AUTOMATIZAÇÃO DO CONTROLE DE NÍVEL DO PROCESSO DE MOAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR EM USINA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL

Guilherme de Almeida Campaner

RESUMO

Este trabalho aborda a automação do controle de nível no *donelly* da moenda de uma usina de álcool e açúcar utilizando a informática industrial. A metodologia aplicada para este controle foi por meio de um controlador lógico-programável, usando a linguagem Ladder, onde foram analisadas variáveis do processo para este controle. Os resultados foram coletados por meio de análise de dados empírica durante o processo de extração, que não foi interrompido para que a pesquisa ocorresse, resultando na validação do objetivo geral proposto: reduzir perdas de açúcares e reduzir umidade da matéria.

Palavras-chave: Automação. Moagem. CLP. Controle de nível.

AUTOMATION OF LEVEL CONTROL OF SUGAR CANE MILLING PROCESS IN SUGAR AND ALCOHOL

ABSTRACT

This paper deals with the automation of level control in the milling of a sugar and alcohol mill using industrial information technology. The methodology applied for this control was through a programmable logic controller using Ladder language, where process variables for this control were analyzed. The results were collected through empirical data analysis during the extraction process, which was not interrupted for the research to take place, resulting in the validation of the proposed general objective: reduce sugar losses and reduce moisture content.

Keywords: Automation. Milling. Programming. Level control.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados da implementação de um projeto de automação do processo de extração do caldo de cana-de-açúcar em uma usina de açúcar e álcool, sediada no município de Rondon, estado do Paraná.

A cana-de-açúcar é composta por três partes: casca, nó e entre nós. A casca e o nó são compostos de 75% de fibra e 25% de caldo, e a parte chamada “entre nós” se compõe de 8% de fibra e 92% de caldo (CRUZ, 2017). Tendo como principal agente o caldo extraído da cana-de-açúcar, uma boa extração do mesmo é fundamental para que se possa ter um aproveitamento de quase 100% da matéria-prima. Devido a isso, o processo de moagem da cana é o método que vem sendo mais satisfatoriamente produtivo neste setor da agroindústria. O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo e se torna o maior produtor de álcool usando o método da moagem (CONAB, 2018).

Todo o processo de extração da cana-de-açúcar está descrito na Figura 1, a qual apresenta o processo de extração de cana-de-açúcar completo, sendo ele a lavagem da cana para a retirada de impurezas, seguindo para o picador e desfibrador por onde a cana pode ficar em partes menores, a fim de que o processo seguinte, que seria a moagem, seja eficaz.

O processo de moagem da cana-de-açúcar é feito em 5 partes nos chamados ternos, e como principal objetivo a moagem no 5º terno, onde se encontra o problema de extração, pois nele é feito o processo de embebição com água para a retirada do açúcar restante na cana e, ao sair deste processo, com a cana em forma de bagaço, o mesmo apresentar pouca umidade. Então é onde será aplicado o controle de nível de matéria-prima nos chamados rolos de moagem, para que os mesmos façam corretamente a extração dos açúcares presentes e retirem o máximo de umidade possível.

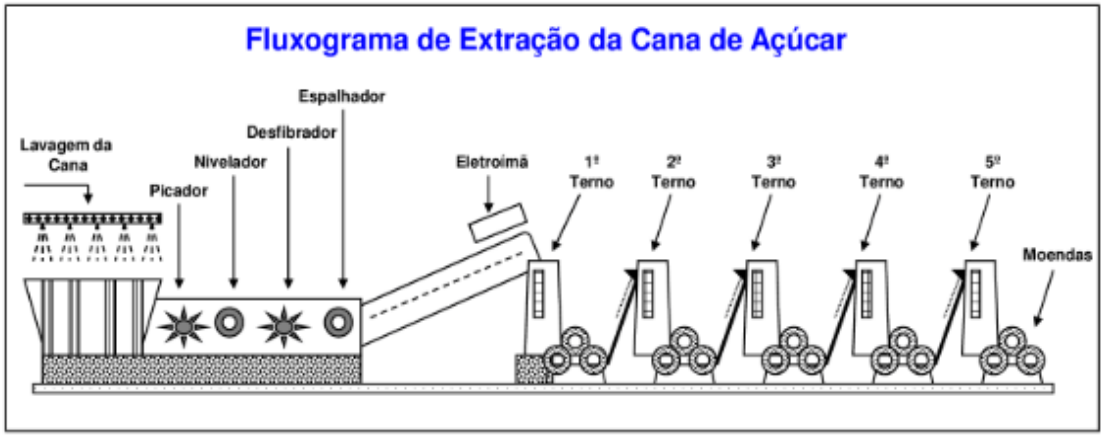


Figura 1 – Fluxograma da Extração da Cana-de-açúcar. **Fonte**: SILVA, 2009.

Segundo Pupo (2002), o CLP (Controlador Lógico Programável) foi criado para automatizar o acionamento sequencial de relés em linhas de manufatura, controle e automação de processos do tipo liga/desliga. Eram equipamentos isolados e dedicados a uma tarefa específica. Os CLP's evoluíram e hoje incorporam recursos de controle analógico em processos contínuos, os quais estão integrados a outros equipamentos da fábrica na hierarquia de controle e podem ser facilmente reconfigurados através de programação remota em redes industriais proprietárias.

Por causa disso, a automação industrial vem crescendo de acordo com suas tecnologias. "Com a evolução tecnológica dos dias atuais, os CLP's têm mudado completamente, não em termos de semântica, mas de implementação" de novas técnicas de automação, segundo (L. SILVEIRA E W. LIMA, 2003, 2).

2 DESENVOLVIMENTO

Para atingir o objetivo de solucionar o problema proposto, primeiro foi necessário estudar o processo de extração como um todo. Também familiarizar-se com o processo foi de grande importância, pois qualquer informação é privilegiada. A Figura 2 nos mostra como a turbina exerce toda a força a uma caixa de redução de velocidade acoplada aos rolos dos ternos, para que sejam feitos os movimentos dos mesmos.

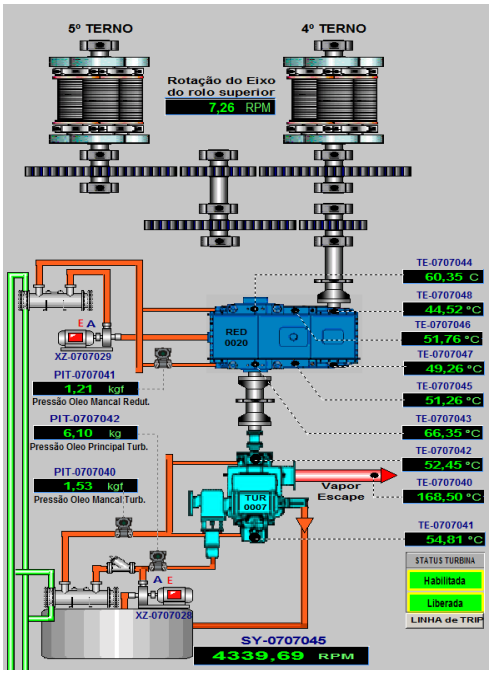


Figura 2 – Acoplamento da turbina ao terno. **Fonte**: O próprio autor, 2019.

Estudou-se como o vapor era liberado a essa turbina pelo operador, que, por sua vez, botoeiras ativam um motor elétrico, fazendo o mesmo girar em sentido horário ou anti-horário - abrindo e fechando a válvula de vapor da turbina - sendo a velocidade da turbina comandada pelo usuário através dessa botoeira. Visto que a mesma turbina que exerce força para o 4º terno também exerce para o 5º terno igualmente, identificou-se dois níveis a serem analisados e apenas uma decisão a ser tomada para que se controlassem os níveis dos dois ternos. Logo no início foi encontrado o primeiro obstáculo do projeto, pois com esse sistema em malha aberta, a abertura ou fechamento da válvula, não seria possível se obter uma realimentação do sistema para saber o verdadeiro estado atual da válvula e relacionar o quanto de vapor será liberado à turbina e a velocidade dos rolos no final, de acordo com a Figura 3.

Figura 3 – Motor elétrico em malha aberta acoplado a caixa de redução da válvula de abertura de vapor da turbina. **Fonte**: O próprio autor, 2019.

Sabendo que não teria uma taxa relacionando a válvula de vapor e a velocidade final dos rolos, o sistema se comportaria por tempo de resposta, ou seja, de acordo com o tempo que o motor ficasse ligado, o quanto a velocidade iria alterar. Como a leitura do nível de cana-de-açúcar dentro dos ternos é mostrado num supervisório para o operador, conheceu-se o sistema de sensores e somadores que fazem a leitura desse nível. Analisando esses sensores que são eletromagnéticos on/off, ou seja, eles retornam a um valor binário (0 ou 1) para um somador que irá transformar este sinal em uma escala de 0 a 100% e enviará ao supervisório, que neste caso são 5 sensores neste range como mostra na Figura 4.

Figura 4 – Sensores eletromagnéticos fixados ao lado do terno e em cima dos rolos para medir o volume de cana-de-açúcar. **Fonte**: O próprio autor, 2019.

Logo em seguida, descobriu-se que esses sensores, por serem on/off, fazem com que o somador retorne a um valor muito oscilatório, pois quando a cana-de-açúcar cai de cima para baixo e chega em cima dos rolos, há um sinal falso em relação ao nível real. E, ao tocar a superfície do sensor, o campo magnético varia e o sensor é acionado.

Então, sabendo como a parte física de acionamento da turbina e leitura do volume de matéria em cima dos rolos se comportam, aprofundaram-se as condições que o sistema teria que obedecer de acordo com os processos anteriores ao 4º e 5º ternos. Primeiro, a cana é depositada dentro dos ternos por esteiras controladas por motores elétricos; portanto, se essas esteiras estiverem desligadas, o controle de velocidade não teria que entrar em funcionamento, pois não haveria cana para moer, mantendo sua velocidade anterior. Outra condição seria a cana obtida de uma determinada área rural que esteve muito chuvosa ou por qualquer outro motivo muito úmida. Essa umidade muito elevada faz com que a cana fique acumulada em cima dos rolos, fazendo o nível aumentar de maneira rápida, ou seja, quando isso ocorre o sistema teria que entrar em modo manual de modo que o operador pudesse ultrapassar o limite de velocidade do sistema pré-estabelecido, para assim não ocasionar o transbordamento do terno e eventualmente fazer uma parada de

emergência. Já no estado de emergência, quando um botão próprio para essa ocasião for acionado, o sistema não entra em operação.

O nível no *donelly* é o principal objetivo a ser controlado e certas condições estabelecidas em que o nível ideal seria ficar o mais próximo de 50%. Mas logo o volume que é depositado em cima dos rolos e a leitura que retorna ao supervisório é muito oscilante, ficar num valor fixo em 50% seria impossível de acordo com essas condições; portanto, uma faixa de volume entre 40 a 60% seria o melhor para atender o problema, e entre 0 a 40% e 60 a 100% o sistema tomaria sua decisão para aumentar ou diminuir a velocidade da turbina de acordo com o nível.

A indústria opera 24 horas por dia e a hipótese de interromper o processo para a implementação do sistema seria inviável, visto que uma hora sem produzir gera uma perda grande à indústria. Dessa forma, uma das soluções foi fazer uma programação em um CLP (Controlador Lógico Programável) montado em um rack separado de todo o sistema que está em operação e duplicar todos os sinais que seriam necessários para colocar o sistema em funcionamento.

Pensando nisso e antes de montar o rack, primeiro começou-se a desenvolver a lógica de programação que atenderia todo o problema. Então partiu-se do princípio de programação da linguagem de diagrama Grafcet/Ladder, em que todas as condições exigidas e uma lógica de testes de níveis foram inseridas no diagrama, de acordo com a apêndice A. Essa lógica tem como finalidade testar três vezes o volume de cana-de-açúcar em cima dos rolos que é fornecido pelos sensores; o teste é feito três vezes num tempo de 5 segundos inicialmente, porque temos um sistema muito oscilante. Dessa forma, não podemos tomar uma decisão logo que o nível atinja a condição necessária. Portanto, depois de três testes o sistema atua sobre a turbina. A forma de atuação, como já foi dita, é por tempo de resposta, ou seja, primeiro foi colocada uma atuação 1 segundo, para que quando fosse a fase de testar o sistema em operação adequasse esse tempo, que no caso no final ficou com uma rampa de aceleração de 1 segundo e uma rampa de desaceleração de 0,7 segundos. O diagrama da Figura 5 nos mostra a arquitetura da programação final no formato Grafcet/Ladder.

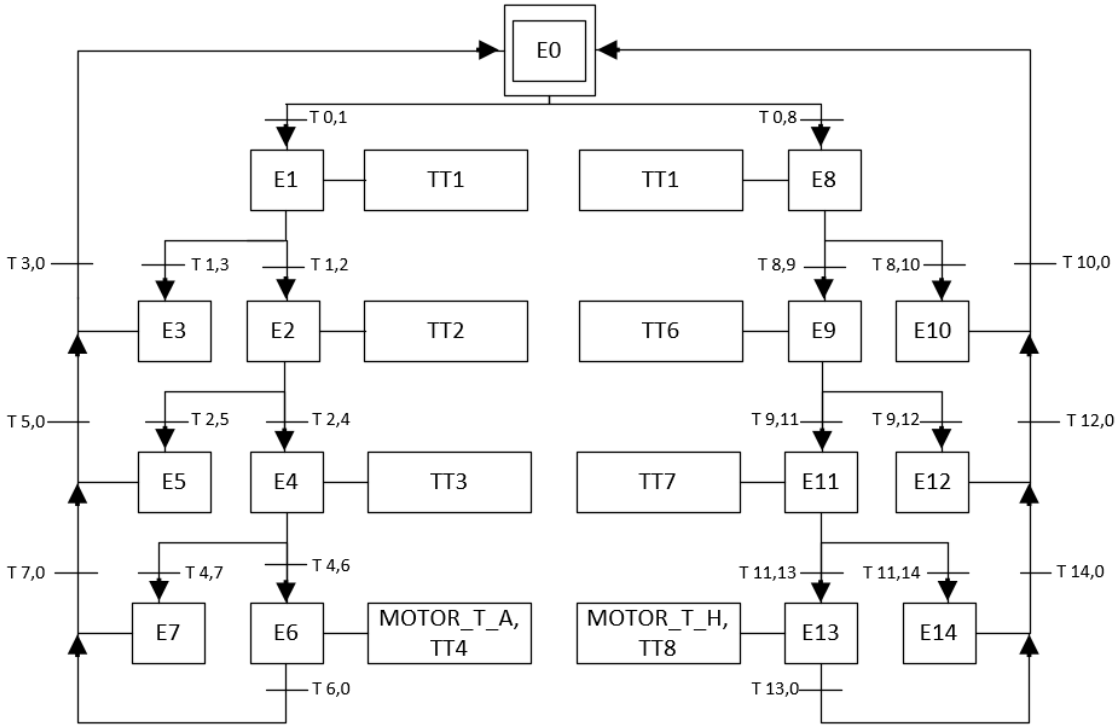


Figura 5 - Diagrama Grafcet/Ladder. **Fonte**: O próprio autor, 2019.

Com o Diagrama Grafcet/Ladder feito, iniciou-se a montagem da CPU do CLP que tinha disponível no setor que seria o Controlador Compact Logix L32E – Allen Bradley, no rack para fazer o endereçamento com IP próprio para essa aplicação, pois o mesmo foi colocado na rede Ethernet da indústria. Para colocar o IP teve-se que conhecer qual seria a máscara da rede e todos os endereçamentos já existentes dos CLP’s em operação, porque qualquer erro no momento de fazer o download da nova lógica de programação poderia ocasionar uma parada de emergência na indústria. Com o novo IP correto e endereçado o CLP na rede industrial foi feito o primeiro download na CPU para que posteriormente pudesse acoplar os cartões de entradas e saídas, analógicas e digitais.

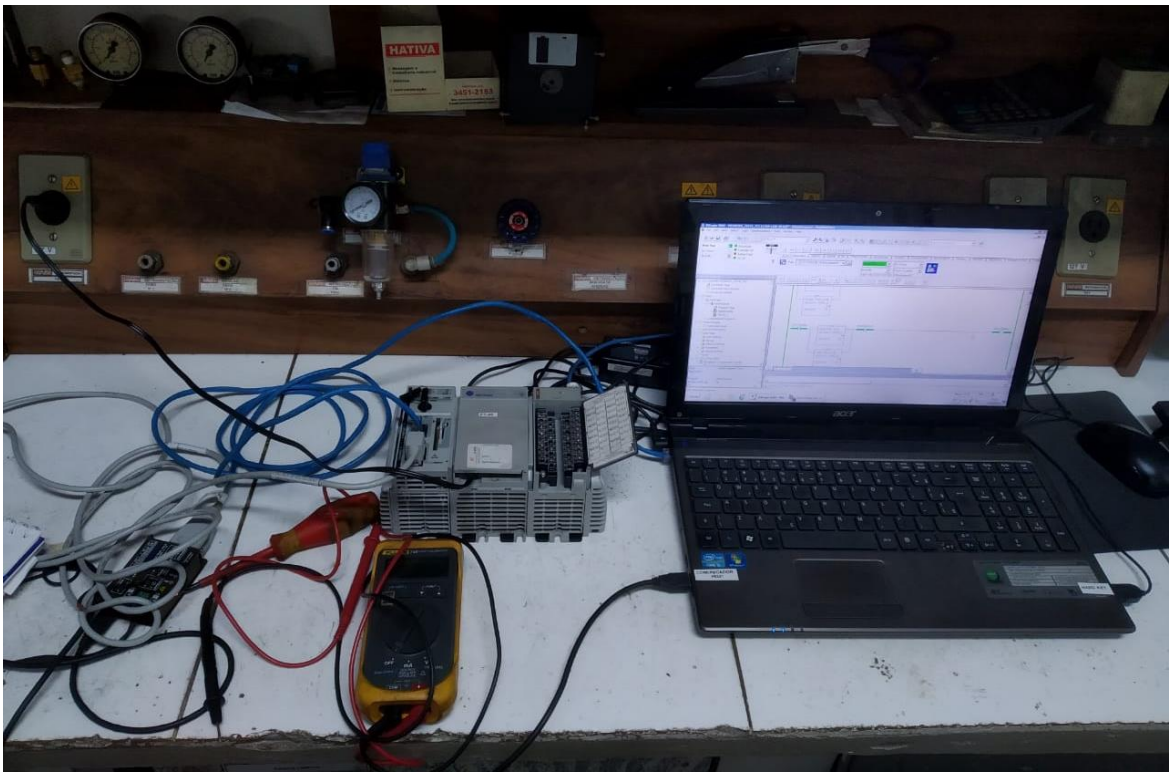


Figura 6 - IP sendo inserido no CLP e configurado na rede industrial para download da lógica. **Fonte**: O próprio autor, 2019.

Estando a CPU em modo pronto para operação, começou-se a analisar como seria feito para se obterem as variáveis de entrada do sistema a ser controlado, pois os sinais que chegam ao painel de comando da moenda são sinais necessários aos supervisórios e não podem ser retirados a qualquer momento; sendo assim, a melhor opção foi duplicar esses sinais para enviar tanto ao painel de operação quanto ao CLP do projeto no rack. O sistema conta com seis entradas, sendo elas: botão de emergência, estados de energização dos motores das esteiras que alimentam o 4º e 5º terno, rotação da turbina em RPM e o nível de matéria em cima dos rolos do 4º e 5º terno. Conhecendo as entradas do sistema, foi acoplado o cartão de entrada digital no CLP, o qual possibilita obter os estados de energização dos motores das esteiras e o estado do botão de emergência, ao lado do mesmo, um cartão de entrada analógica também foi acoplado, possibilitando obter os valores da rotação da turbina e dos níveis do terno.

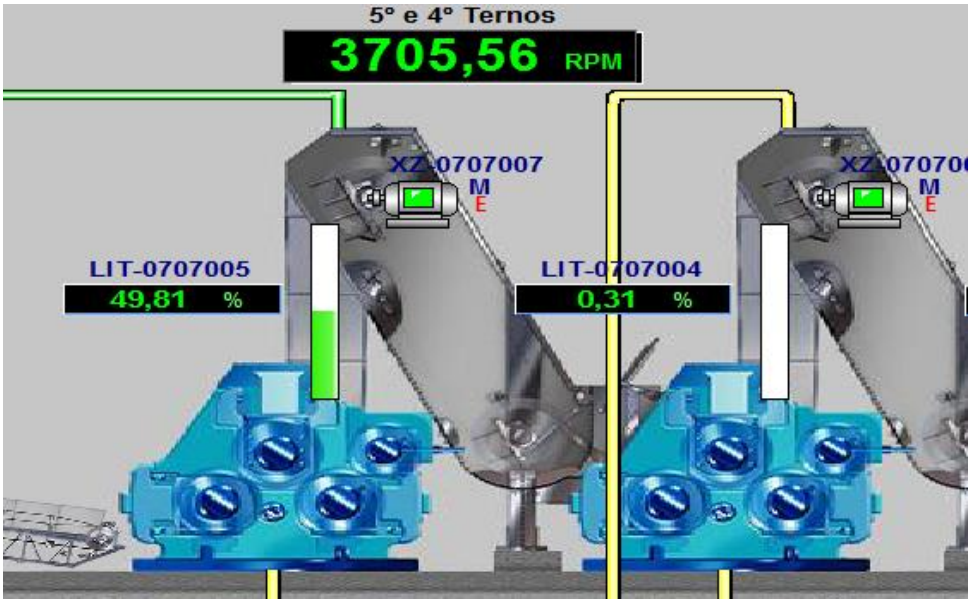


Figura 7 – Parte do supervisório onde mostra os estados de energização dos motores, a rotação da turbina em RPM e os níveis do 4º e 5º terno. **Fonte**: O próprio autor, 2019.

Após o acoplamento de todos os cartões no CLP, pensou-se em como duplicar os sinais de níveis dos ternos. Por causa disso, dois duplicadores de sinais foram acoplados ao rack, juntamente com uma fonte de 24 Vcc, que se utilizou tanto para a energização do CLP quanto para os duplicadores de sinais. Sendo assim, o rack foi instalado no painel de controle da moenda onde os sinais de níveis estavam e, logo ao ligar os sinais de níveis no duplicador foram cortados, ou seja, tomaram valores 0. Assim, foram retirados os duplicadores e retornados os sinais como estavam no painel de controle. Sabendo que os sinais que chegavam no painel eram dois sinais de 4 – 20 mA, o projeto do painel mostrava que o sinal de corrente dos níveis acompanhava tensões nos mesmos e os duplicadores de sinais também geravam uma tensão quando duplicados, isto é, um sinal de tensão anulava o outro fazendo com que a corrente de 4 – 20 mA caísse para 0 A. Com o manual dos duplicadores foram então modificados na placa dos duplicadores dois chaveamentos que retiravam a emissão de tensão dos sinais de saída do duplicador e enviassem somente os valores de corrente e tensão recebidos da entrada.

Figura 8 – Duplicadores de sinais usados nos sinais de níveis. **Fonte**: O próprio autor, 2019.

Iniciou-se a averiguação do sinal de rotação da turbina para a duplicação, pois no setor só havia dois duplicadores de sinais que foram usados para os níveis; portanto, os sinais teriam que ser coletados direto do painel, contudo, estes sinais não poderiam ser coletados diretamente na entrada do CLP que está em operação no painel de controle. Para isso, teria que abrir a lógica de programação do CLP que está em operação e duplicar o valor em outra saída analógica do mesmo CLP. Com isso, o sinal de rotação foi obtido no painel da turbina, mas para isso um cabo foi colocado por fora do painel, passando pela turbina a vapor e indo direto ao outro painel onde iria ser instalado o rack com o CLP do projeto.

O leitor de sinal de rotação da turbina é um Pick-Up, que fornece um sinal de frequência em Hertz para um dispositivo chamado de IM 111 e que converte esse sinal de frequência em um sinal de corrente de 4 – 20 mA, o qual é fornecido na entrada do CLP e é convertido a uma escala de rotações por minuto. Como este Pick-Up gera um sinal em frequência, o mesmo pode ser duplicado sem que haja perdas, portanto, o cabo em que foi passado para dentro do painel teve uma de suas extremidades ligada à entrada do IM, que é a mesma da saída do Pick-Up, e assim na outra extremidade foi acoplado um outro IM 111 para que ele fornecesse o mesmo sinal no CLP do projeto.

Feitas todas as ligações dos cabos, acoplou-se relés de acionamento nas saídas digitais do CLP para que pudesse enviar o sinal de saída ao contator de partida do motor de acionamento da turbina e um disjuntor, que teve como finalidade o acoplamento e desacoplamento do projeto com todo o painel de operação do setor da moenda para evitar quaisquer danos na fase de testes do projeto.

Com o rack pronto e instalado no painel de controle, o CLP foi inserido na rede novamente e feito o download da lógica de programação para que começassem a ser feitos os testes. Inicialmente, o primeiro teste foi ver se as duplicações de sinais foram feitas corretamente para que não tenha nenhuma perda de sinal e assim não atrapalhe o funcionamento do projeto. Fazendo os testes dos sinais de níveis, foi visto que a oscilação mostrada no supervisório não era a mesma mostrada na lógica de programação do CLP, pois a taxa de atualização chamada ciclo de *scan* é muito mais alta do que a taxa de atualização do supervisório. Mas mesmo com esse ciclo sendo rápido, ainda não interferiu no sistema, apenas posteriormente foram ajustados os tempos de testes da lógica de programação.

Já no sinal de rotação da turbina, o mesmo estava com uma leitura incorreta, tendo uma diferença de aproximadamente 250 RPM, que seria indesejável para o sistema. Em decorrência disso, tentou-se corrigir o problema somando essa diferença de sinal no final da programação para obter o valor real da rotação, mas não se teve êxito, mesmo verificando toda a instalação dos IM 111 e também o sinal gerado do pick-up. Dessa forma, estudou-se o fato e se chegou a um possível problema, que seria a perda de sinal entre o IM 111 e o cartão de entrada analógica por sinal de corrente 4 – 20 mA. Então esse sinal de corrente da saída do IM foi convertido por um Conversor A/V (Corrente/Tensão) para um sinal de tensão de 0 – 10 Volts; assim, esse sinal de tensão foi enviado à entrada do cartão do CLP e, com isso, a diferença foi satisfeita, mas ainda com o mesmo problema da leitura de nível que foi o tempo de scan do CLP. Em seguida, com o rack pronto e o CLP on-line na rede, iniciou-se a fase de teste e correções dos tempos das rampas de aceleração e desaceleração. Com o rack do CLP instalado no rack e pronto para uso, como mostra a figura 9, o diagrama elétrico mostrado no apêndice B nos mostra todos as ligações feitas para que qualquer problema recorra a ele.

Figura 9 – Rack pronto e instalado no painel de controle no setor da moenda.

Fonte: O próprio autor, 2019.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a linha de extração em operação, o sistema foi colocado em modo paralelo, ou seja, tanto o sistema a ser implementado quanto o sistema em operação no setor poderia entrar em atuação sem interferir um com o outro. Já com o sistema pronto para se inicializar, foram feitos os testes com uma atuação de 1 segundo de cada rampa, mas encontrando uma rampa de desaceleração muito rápida para o sistema, visto que o mesmo demora um tempo maior para acelerar do que para desacelerar, e trocando o tempo da rampa de desaceleração o sistema se comportou de acordo com o desejável. Estando o sistema em operação, o mesmo ficou em implementação por quatro dias para mostrar e obter os resultados esperados.

O sistema que está em operação na empresa fornece no supervisório graficamente a rotação da turbina e o nível de matéria-prima nos ternos. E com

esses gráficos conseguimos analisar o sistema, que anteriormente, enquanto o nível se comportava de maneira oscilatória a turbina ficava em uma rotação fixa, ou seja, com o sistema em operação esta mesma rotação teria que acompanhar o nível, fazendo com que o mesmo trabalhasse respeitando as faixas estabelecidas na programação do CLP. Outro resultado observado foi a umidade do bagaço ao sair do terno e seguir para o processo de queima, pois quanto melhor está prensado nos rolos, menos umidade se encontra.

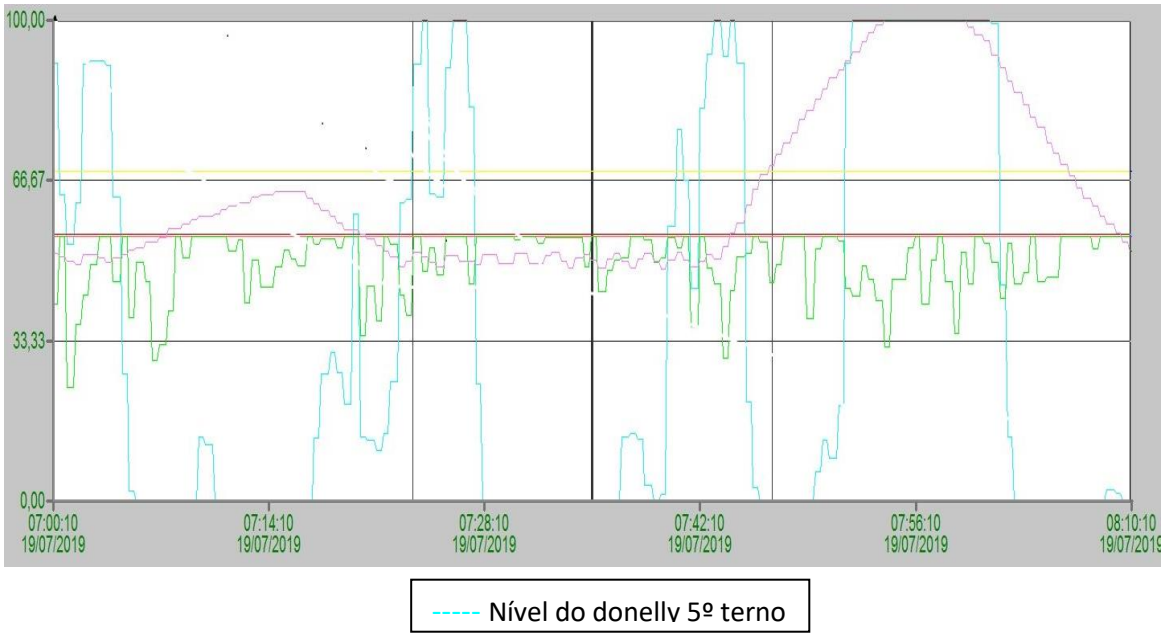


Figura 10 - Nível donelly 5º terno em modo manual das 7:00 AM até às 8:00 AM.
Fonte: O próprio autor, 2019.

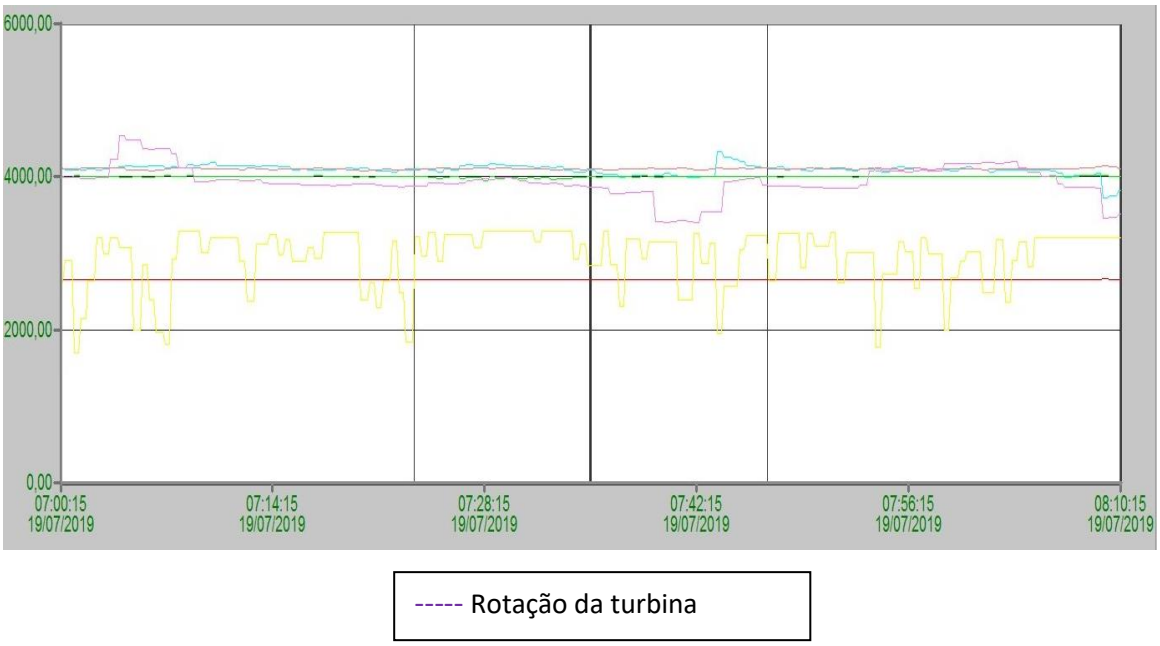


Figura 11 - Rotação da turbina em modo manual das 7:00 AM até às 8:00 AM.
Fonte: O próprio autor, 2019.

Nas Figuras 7 e 8, respectivamente, temos o nível de matéria nos rolos do terno e a rotação da turbina em modo manual, onde podemos observar que enquanto o nível oscila, a rotação da turbina se mantém constante, fazendo com que em muitos momentos os rolos trabalhem a vazio, ou seja, sem esse nível acima dos rolos, os mesmos não têm a sua eficiência em moer a cana e fazer a retirada do açúcar e da umidade. Dessa forma, o nível a vazio vai para 0% como podemos ver na Figura 7, e também acontece com o nível em 100%, fazendo com que os rolos trabalhem com excesso de cana. Portanto, esse excesso ocasiona um peso em cima dos rolos, provocando o efeito de maior pressão sobrecarregando a turbina. Sendo assim, não há um aproveitamento satisfatório na extração, pois o controle não é feito de maneira correta.

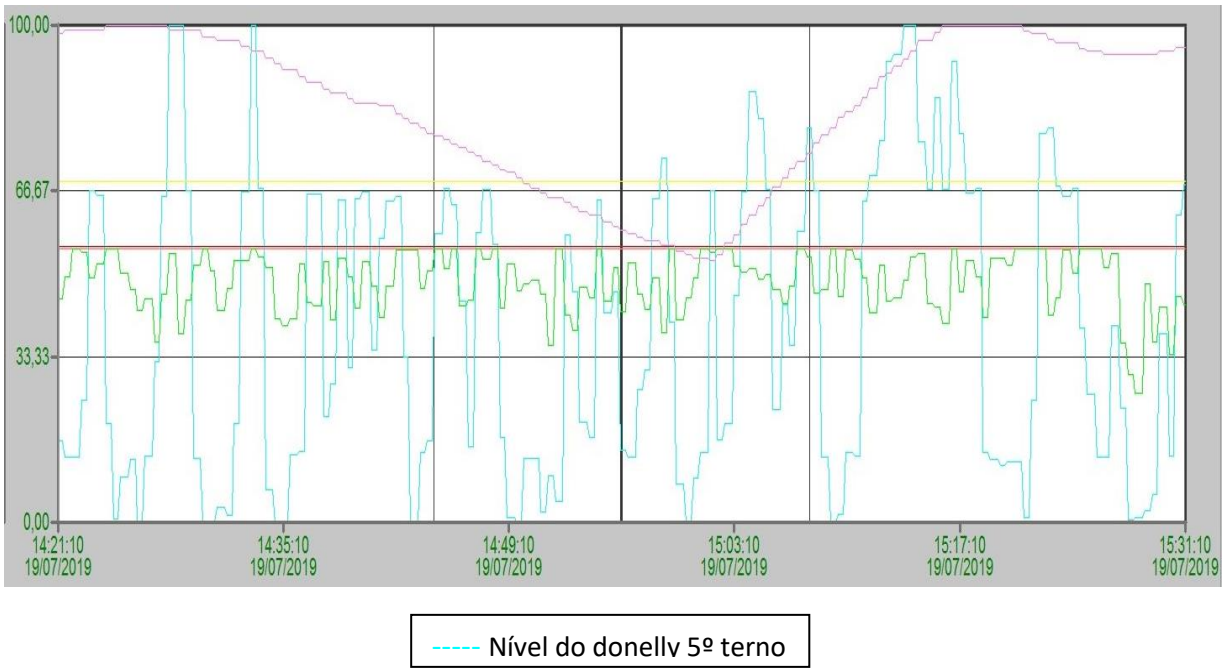


Figura 12 - Nível donelly 5º terno em modo automático das 14:20 AM até às 15:10 AM. **Fonte**: O próprio autor, 2019.

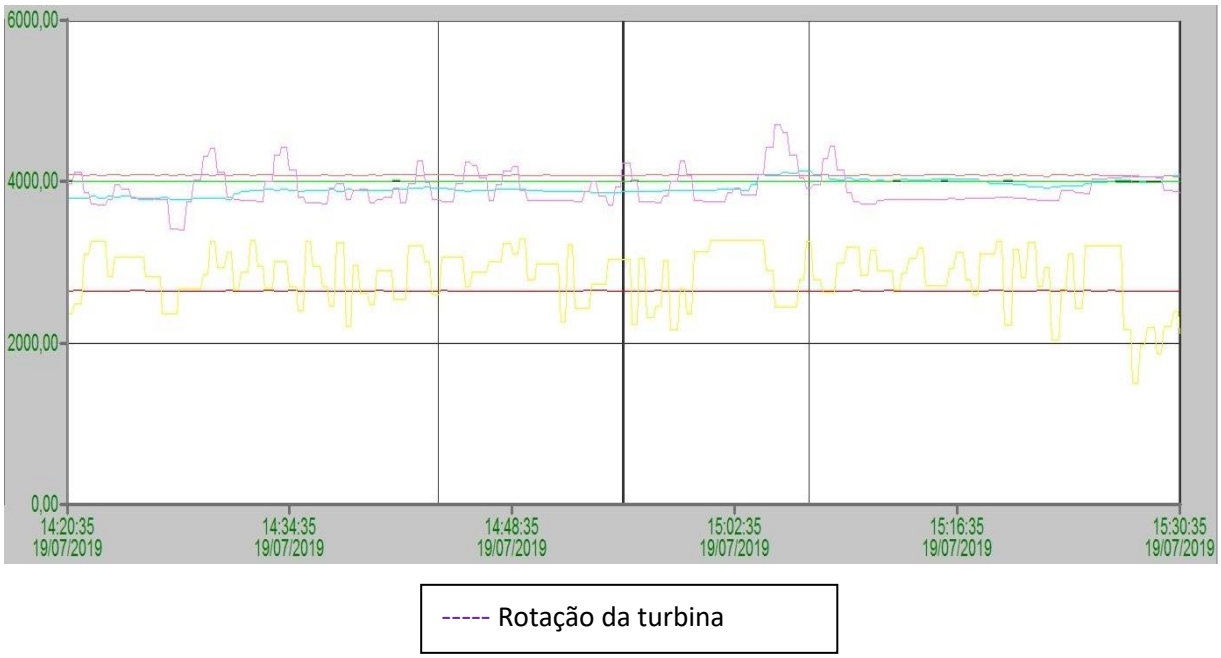


Figura 13 - Rotação da turbina em modo automático das 14:20 AM até às 15:10 AM. **Fonte**: O próprio autor, 2019.

Nas Figuras 8 e 9, temos o sistema operando em modo automático que busca manter a rotação da turbina de acordo com o nível de matéria nos rolos do terno, assim tentando ao máximo colocar o nível na faixa desejável; com isso, a extração de açúcar restante neste último processo pode ser concluída de maneira eficaz e a umidade do bagaço restante possa estar baixa, seguindo-se de maneira correta.

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo fazer o controle do nível de matéria em cima dos rolos do terno, alterando a rotação da turbina para que pudéssemos obter uma melhora na extração do caldo do 5º terno e fazer com que fosse retirado o máximo de açúcar por meio da embebição. Sendo assim, de acordo com o ambiente de trabalho e sem fazer nenhuma modificação na parte física de onde é feita essa extração, teve-se êxito na implementação de acordo com as análises feitas graficamente. No entanto, foram encontradas algumas formas de se aperfeiçoar ainda mais a implementação, como já citado no decorrer do desenvolvimento, as leituras de níveis teriam uma maior eficiência com mais sensores, onde poderíamos ter uma faixa de leitura maior e a rotação por meio de uma realimentação do sistema. Mas para isso teria que modificar a parte física do sistema na entressafra da indústria.

5 REFERÊNCIAS

BRADLEY, ALLEN. ROCKWELL SOFTWARE. **ControlLogix Usando RSLogix5000**. Publicação 1756-PM001D-PT-P, Novembro 2001.

BRADLEY, ALLEN. ROCKWELL SOFTWARE. **ControlLogix Manutenção usando RSLogix5000**. Publicação SG1-1.1.

CONAB | **ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR** | v. 5 - Safra 2018/19, n.1 - Primeiro levantamento, maio de 2018.

CRUZ, S. H. **Processos de moagem e difusão para a extração do caldo da cana-de-açúcar.** Piracicaba: ESALQ / USP, 2017.

L. SILVEIRA E W. LIMA**. Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial.** Disponível: <http:// https://dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_13.pdf/> Acesso: 19 de novembro de 2019.

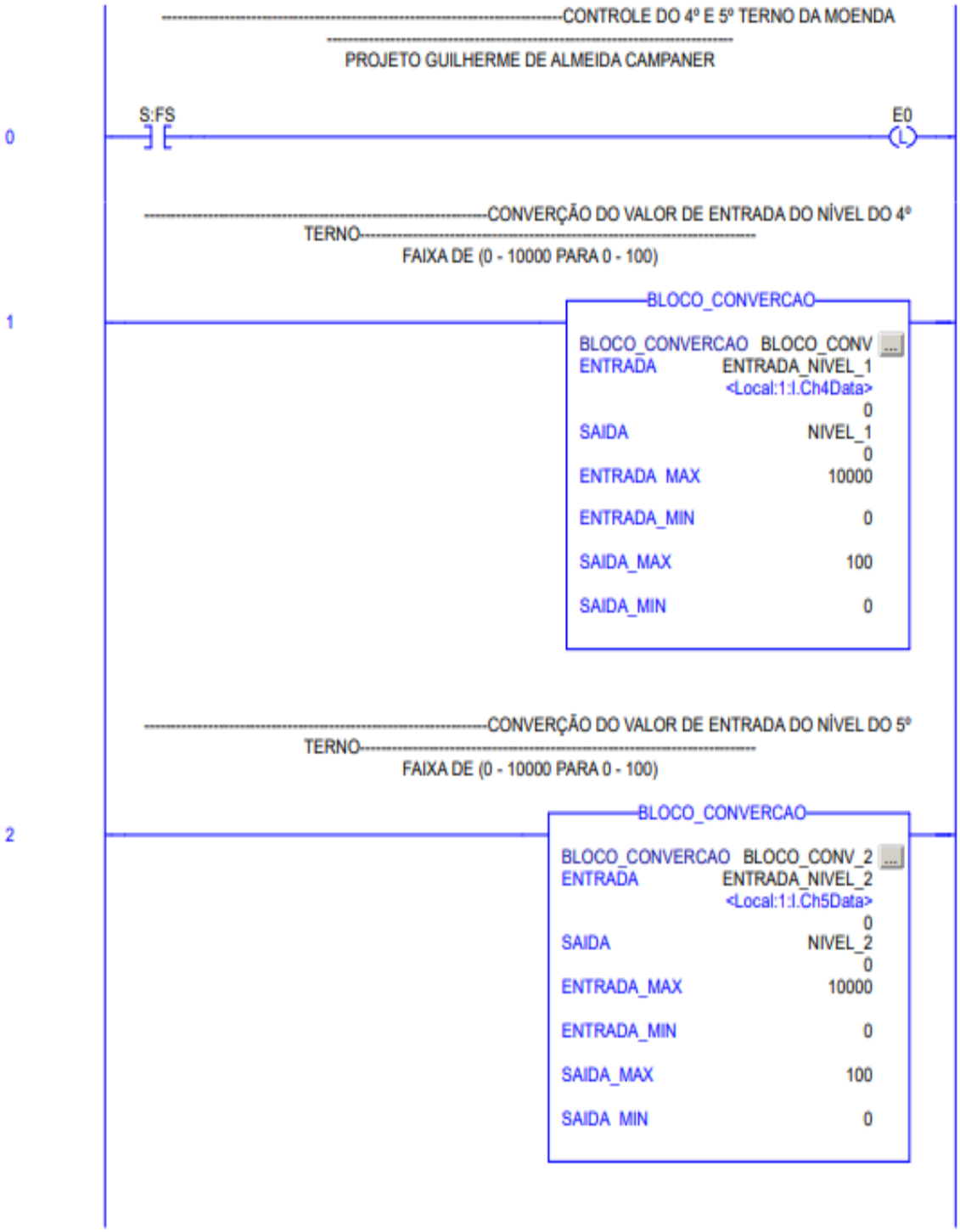
PUPO, M. S. **Interface homem-máquina para supervisão de um CLP em controle de processos através da WWW.** São Carlos, 2002. 113p. Dissertação (Mestre em Engenharia Elétrica). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP).

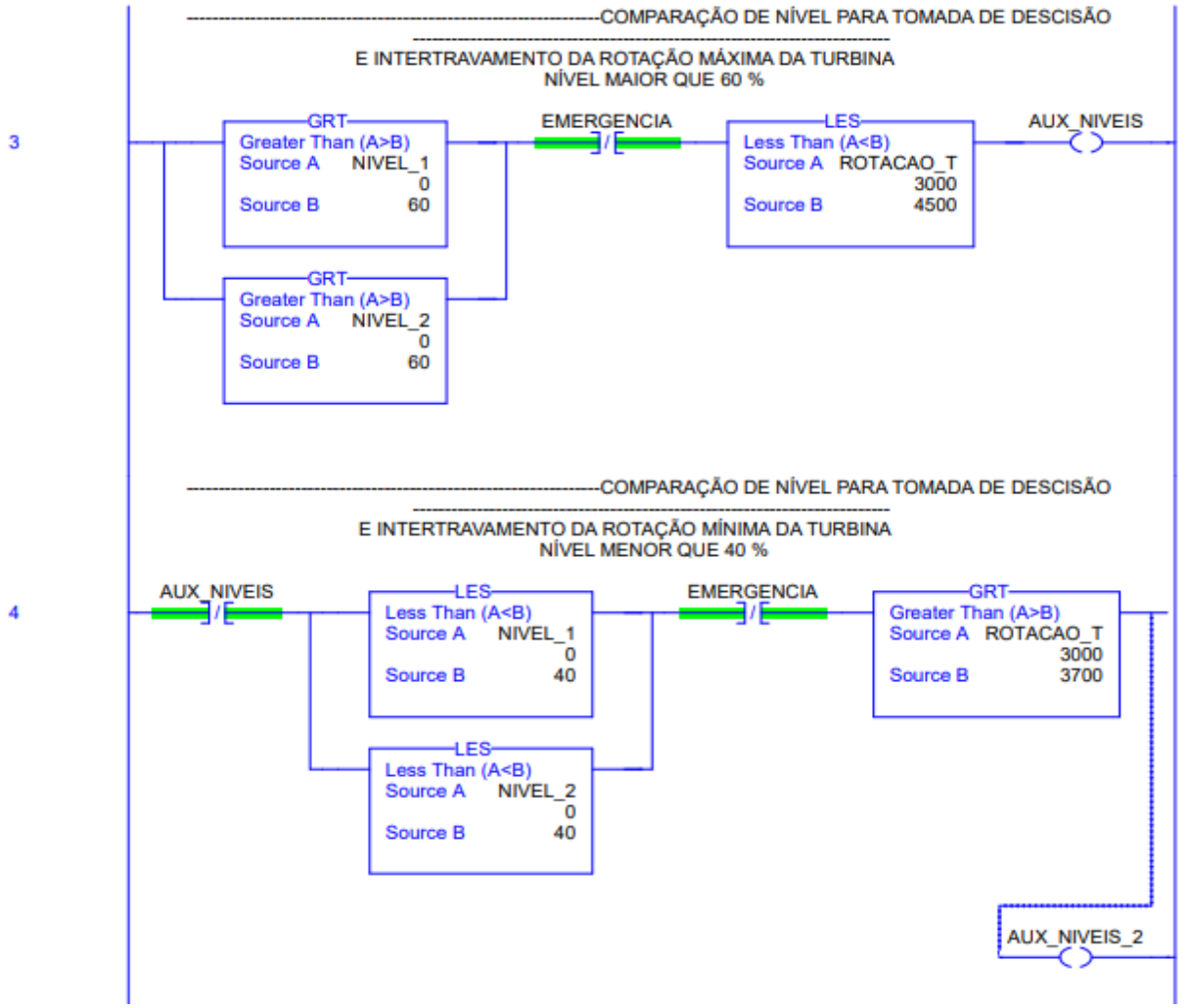
DAVIC, C**. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA AGROINDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL** Disponível: <http:// http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/ENEGEP1999_A0105_000fxgg417302wyiv80soht9h4yxjyhn.pdf/> Acesso: 08 de dezembro de 2019.

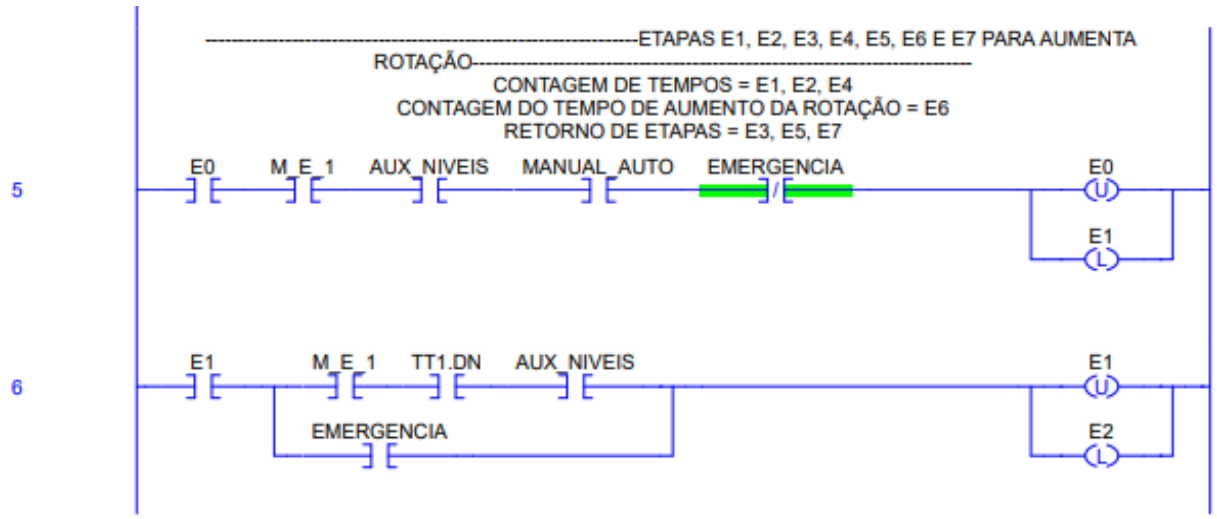
SCAGNOLATTO, G**. IMPLEMENTAÇÃO DE UM MODELO NUMÉRICO DE MOAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR COM EMBEBIÇÃO COMPOSTA.** Disponível: < https://www.researchgate.net/profile/Guilherme_Scagnolatto/publication/307981706_IMPLEMENTACAO_DE_UM_MODELO_NUMERICO_DE_MOAGEM_DE_CANA-DE_ACUCAR_COM_EMBEBICAO_COMPOSTA_Por_GUILHERME_SCAGNOLATTO_Trainee_Industrial/links/57d6027108ae5f03b49329dd.pdf> Acesso: 08 de dezembro de 2019.

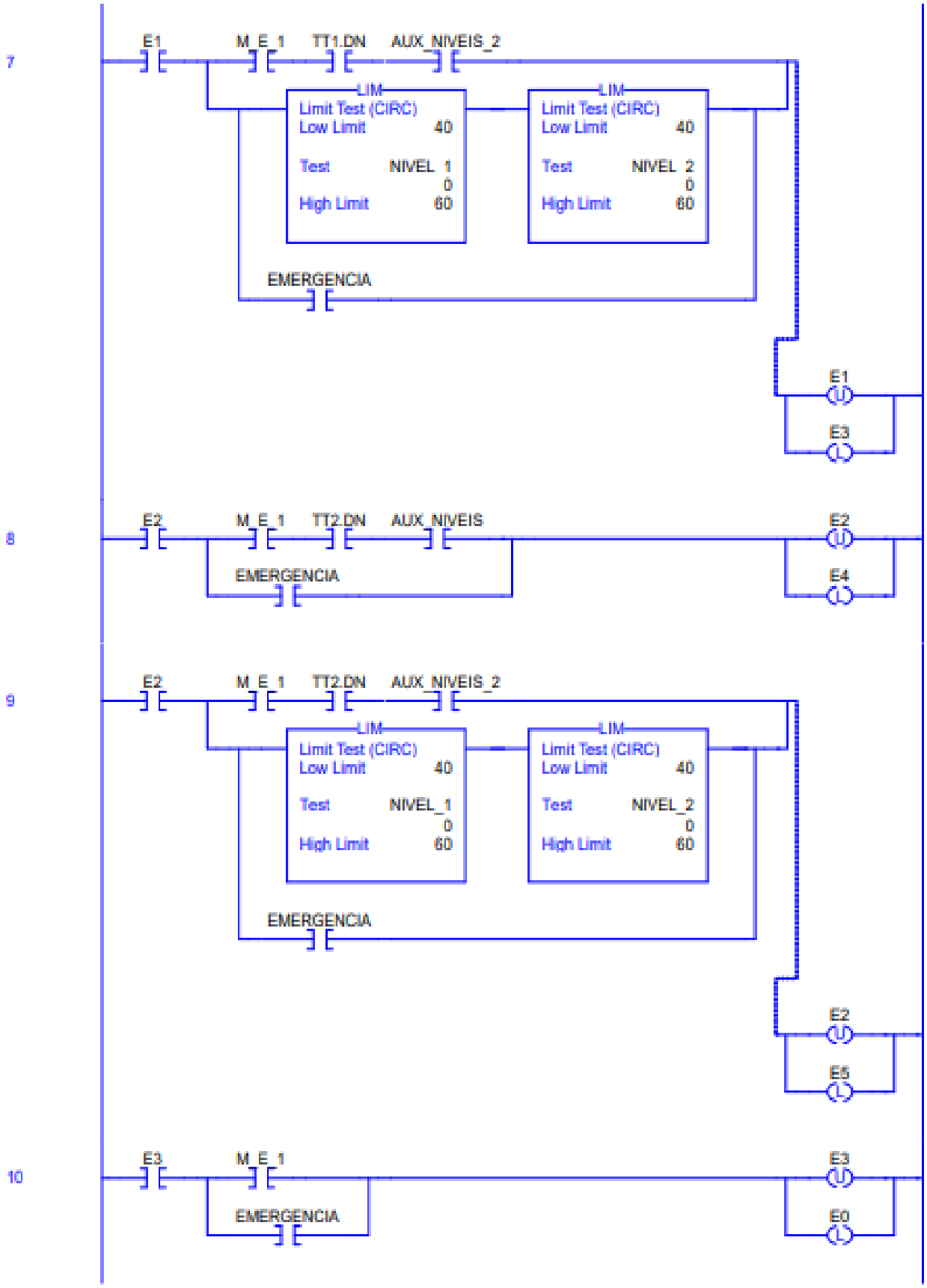
MORO, CLAITON. **CONTROLE DE PROCESSOS INDUSTRIAIS**. Publicação 3691 – EDITORA ERICA. https://editoraerica.com.br/. Acesso em 8 de dezembro de 2019.

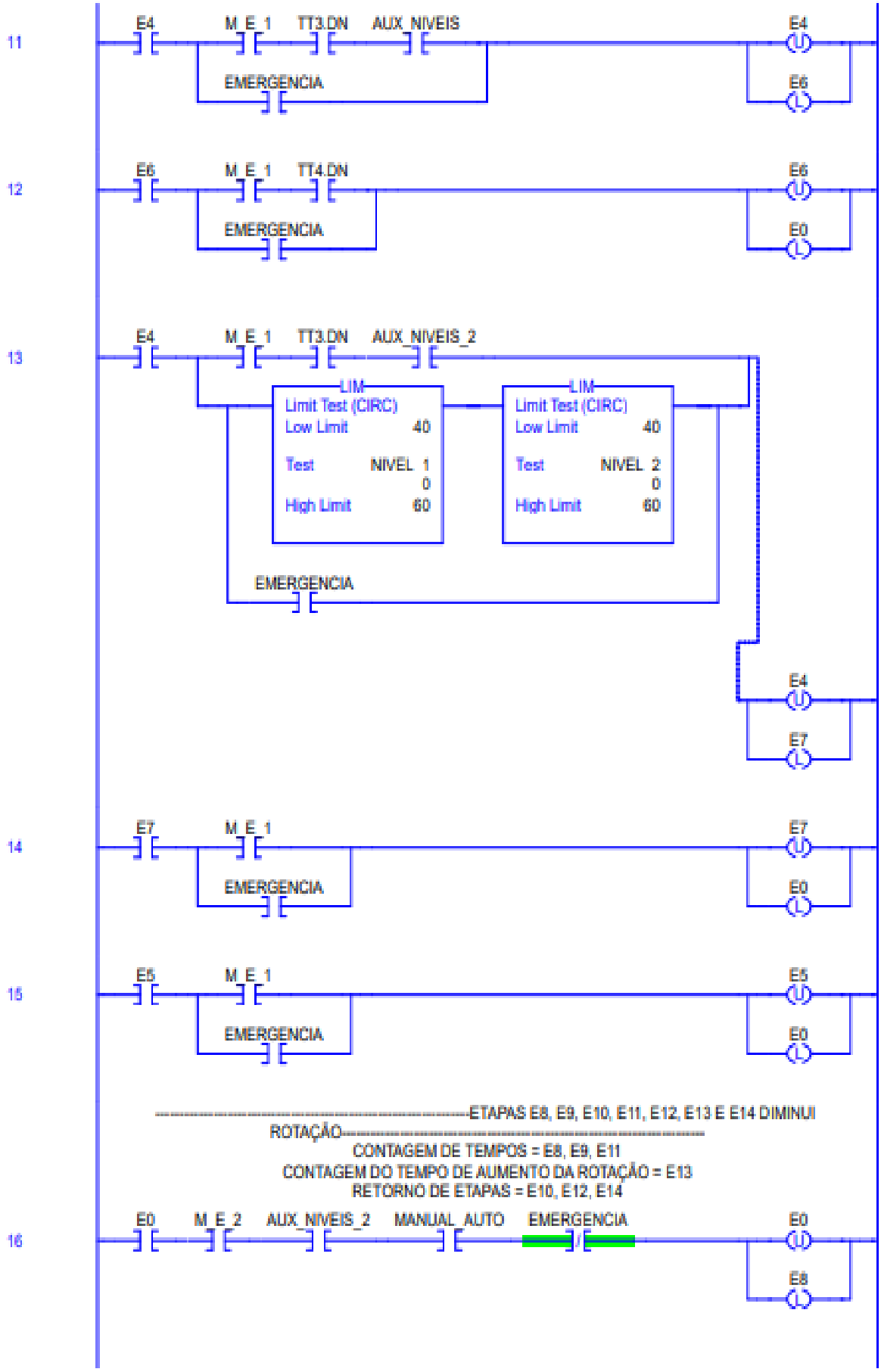
APÊNDICE A: PROGRAMAÇÃO EM LINGUAGEM LADDER

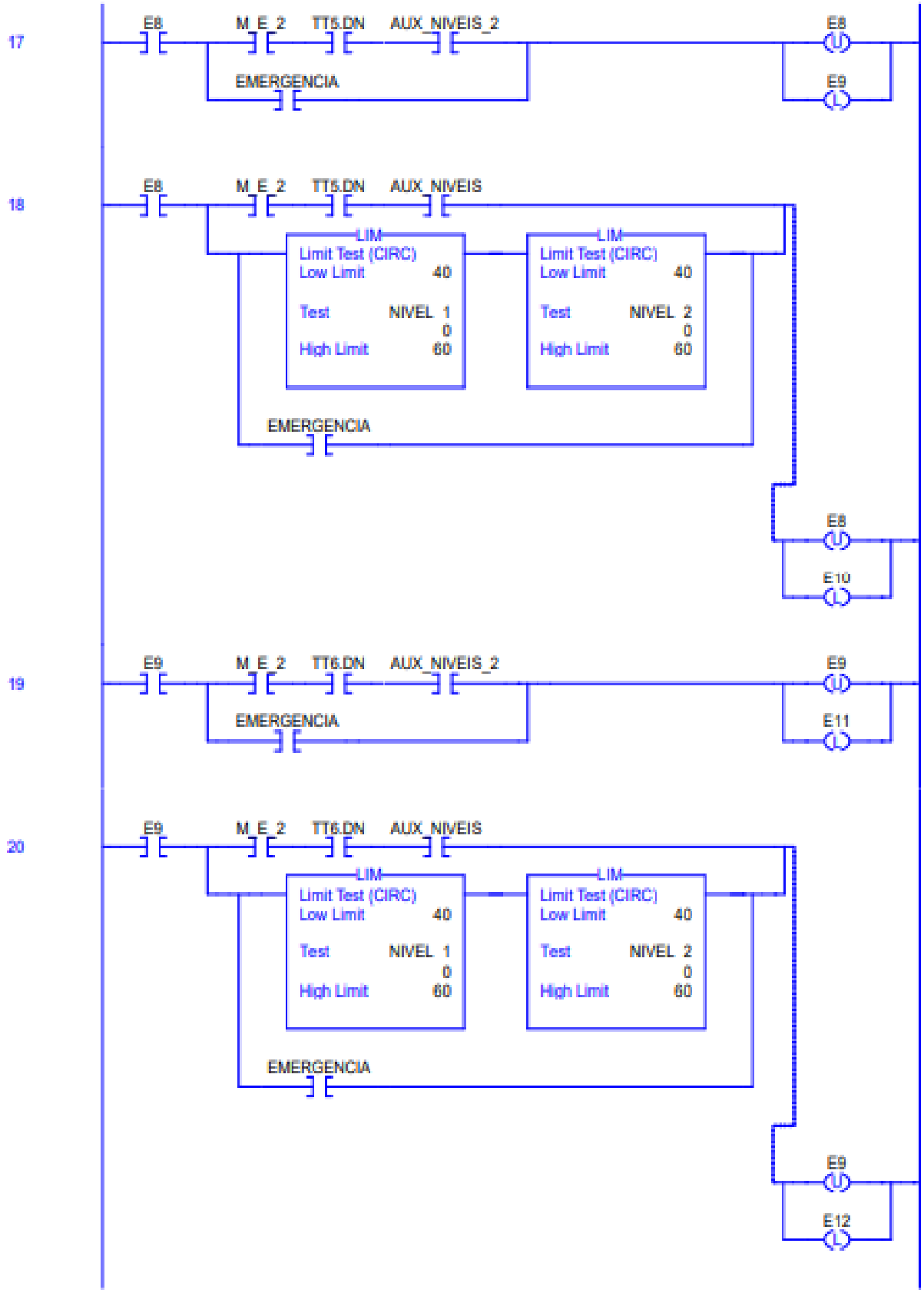


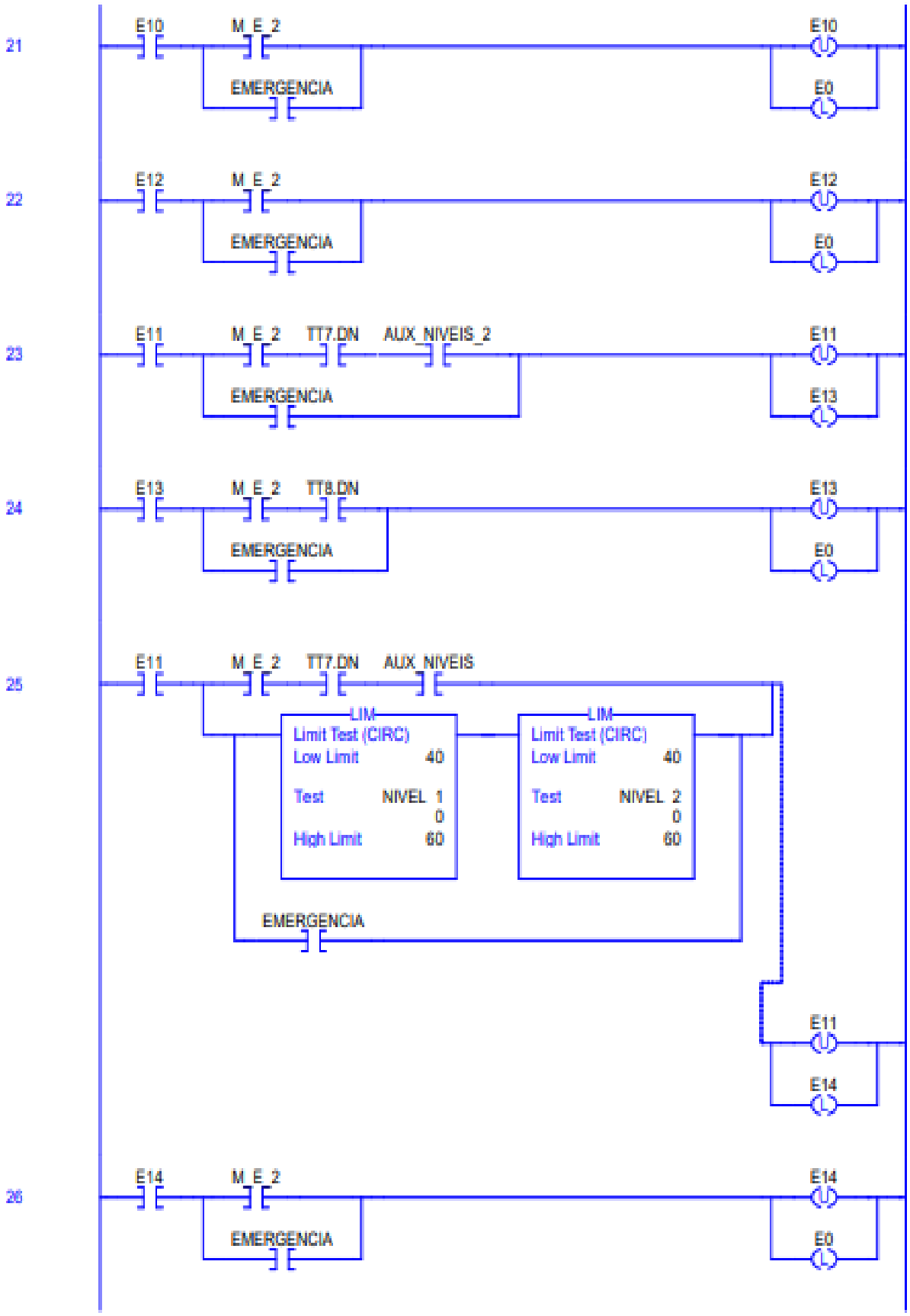

----------COMPARAÇÃO DE NÍVEL PARA TOMADA DE DESCISÃO
E INTERTRAVAMENTO DA ROTAÇÃO MÁXIMA DA TURBINA
NÍVEL MAIOR QUE 60 %
3
GRT
Greater Than (A>B)
Source A NIVEL_1
0
Source B 60
EMERGENCIA
LES
Less Than (A<B)
Source A ROTACAO_T
3000
Source B 4500
AUX_NIVEIS
GRT
Greater Than (A>B)
Source A NIVEL_2
0
Source B 60
----------COMPARAÇÃO DE NÍVEL PARA TOMADA DE DESCISÃO
E INTERTRAVAMENTO DA ROTAÇÃO MÍNIMA DA TURBINA
NÍVEL MENOR QUE 40 %
4
AUX_NIVEIS
LES
Less Than (A<B)
Source A NIVEL_1
0
Source B 40
EMERGENCIA
GRT
Greater Than (A>B)
Source A ROTACAO_T
3000
Source B 3700
LES
Less Than (A<B)
Source A NIVEL_2
0
Source B 40
AUX_NIVEIS_2

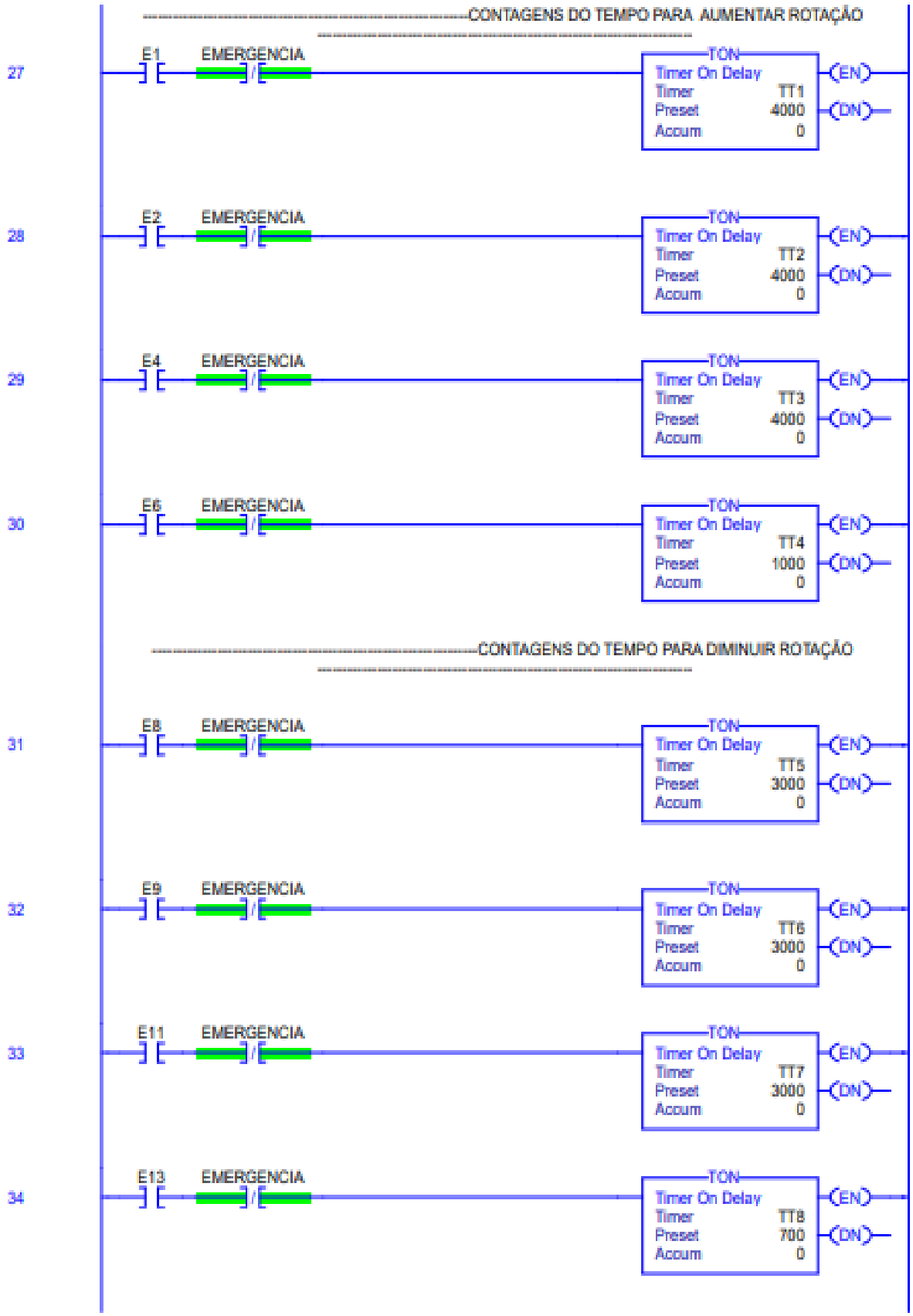

----------ETAPAS E1, E2, E3, E4, E5, E6 E E7 PARA AUMENTA ROTAÇÃO----------
CONTAGEM DE TEMPOS = E1, E2, E4
CONTAGEM DO TEMPO DE AUMENTO DA ROTAÇÃO = E6
RETORNO DE ETAPAS = E3, E5, E7
5
E0
M_E_1
AUX_NIVEIS
MANUAL_AUTO
EMERGENCIA
E0
E1
6
E1
M_E_1
TT1.DN
AUX_NIVEIS
EMERGENCIA
E1
E2

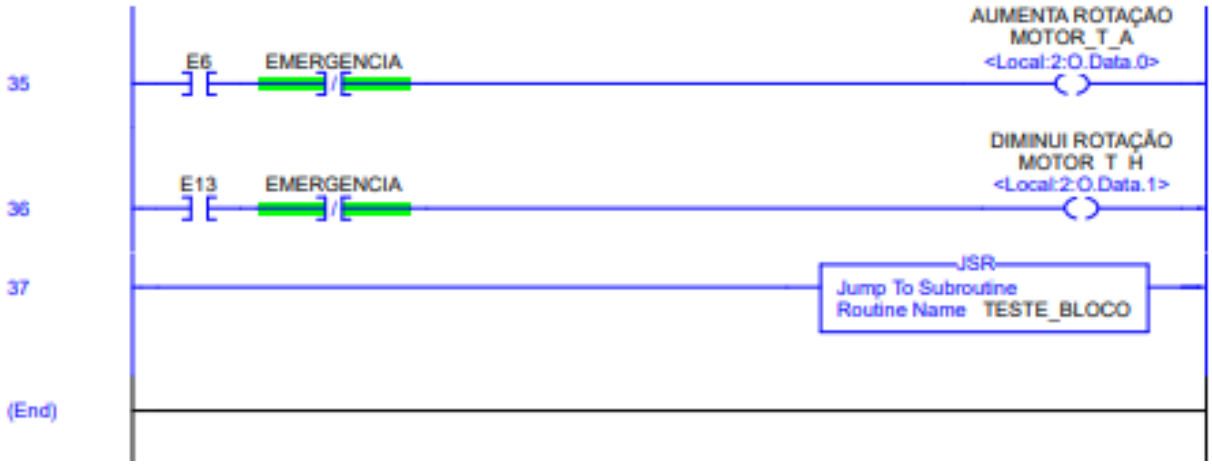

7
E1
M_E_1
TT1.DN
AUX_NIVEIS_2
LIM
Limit Test (CIRC)
Low Limit 40
Test NIVEL_1
0
High Limit 60
LIM
Limit Test (CIRC)
Low Limit 40
Test NIVEL_2
0
High Limit 60
EMERGENCIA
E1
E3
8
E2
M_E_1
TT2.DN
AUX_NIVEIS
EMERGENCIA
E2
E4
9
E2
M_E_1
TT2.DN
AUX_NIVEIS_2
LIM
Limit Test (CIRC)
Low Limit 40
Test NIVEL_1
0
High Limit 60
LIM
Limit Test (CIRC)
Low Limit 40
Test NIVEL_2
0
High Limit 60
EMERGENCIA
E2
E5
10
E3
M_E_1
EMERGENCIA
E3
E0


11
E4
M_E_1
TT3.DN
AUX_NIVEIS
EMERGENCIA
E4
E6
12
E6
M_E_1
TT4.DN
EMERGENCIA
E6
E0
13
E4
M_E_1
TT3.DN
AUX_NIVEIS_2
LIM
Limit Test (CIRC)
Low Limit 40
Test NIVEL_1
0
High Limit 60
LIM
Limit Test (CIRC)
Low Limit 40
Test NIVEL_2
0
High Limit 60
EMERGENCIA
E4
E7
14
E7
M_E_1
EMERGENCIA
E7
E0
15
E5
M_E_1
EMERGENCIA
E5
E0
ETAPAS E8, E9, E10, E11, E12, E13 E E14 DIMINUI ROTAÇÃO
CONTAGEM DE TEMPOS = E8, E9, E11
CONTAGEM DO TEMPO DE AUMENTO DA ROTAÇÃO = E13
RETORNO DE ETAPAS = E10, E12, E14
16
E0
M_E_2
AUX_NIVEIS_2
MANUAL_AUTO
EMERGENCIA
E0
E8

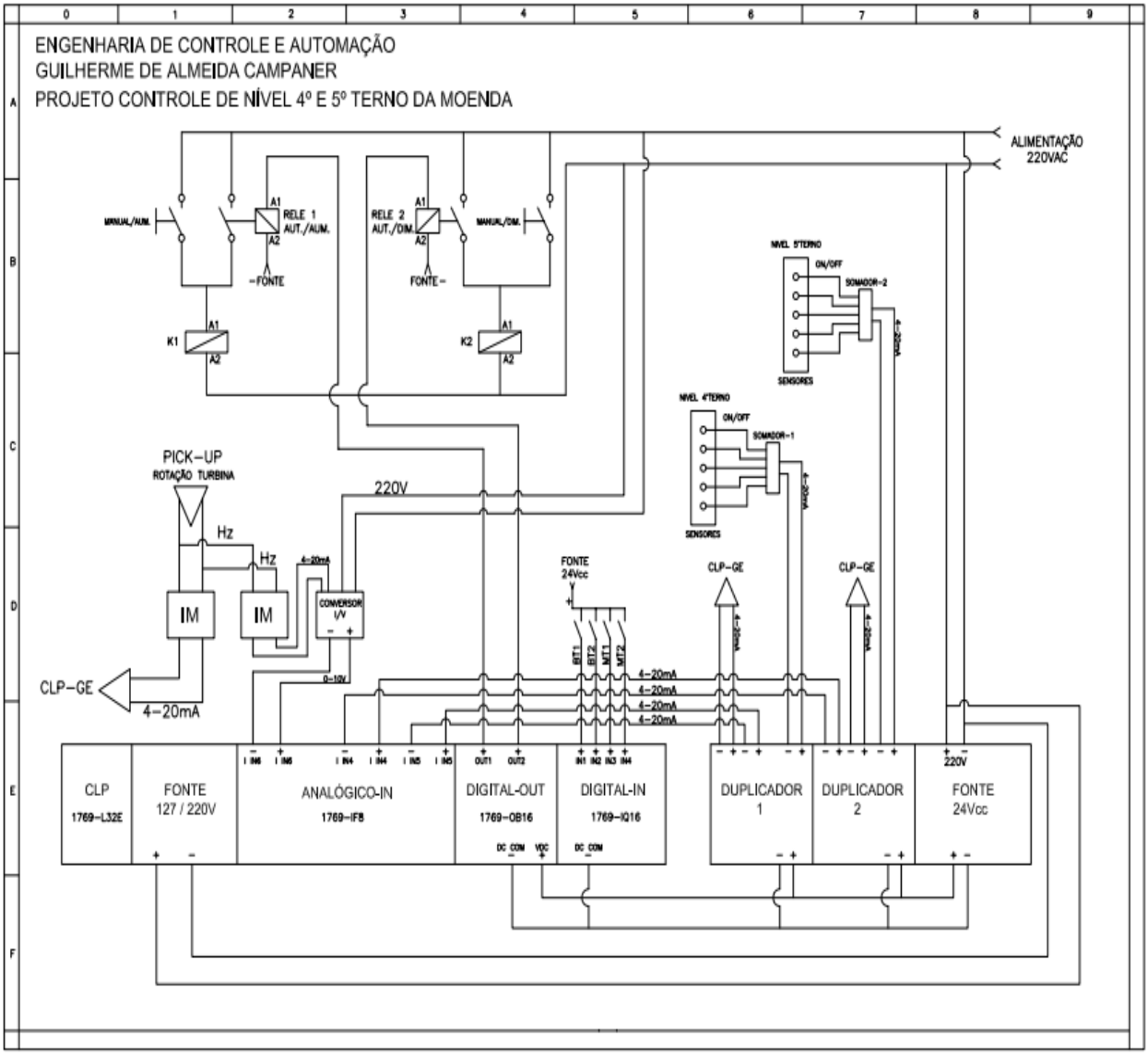

17
E8
M_E_2
TT5.DN
AUX_NIVEIS_2
EMERGENCIA
E8
E9
18
E8
M_E_2
TT5.DN
AUX_NIVEIS
LIM
Limit Test (CIRC)
Low Limit 40
Test NIVEL 1
0
High Limit 60
LIM
Limit Test (CIRC)
Low Limit 40
Test NIVEL 2
0
High Limit 60
EMERGENCIA
E8
E10
19
E9
M_E_2
TT6.DN
AUX_NIVEIS_2
EMERGENCIA
E9
E11
20
E9
M_E_2
TT6.DN
AUX_NIVEIS
LIM
Limit Test (CIRC)
Low Limit 40
Test NIVEL 1
0
High Limit 60
LIM
Limit Test (CIRC)
Low Limit 40
Test NIVEL 2
0
High Limit 60
EMERGENCIA
E9
E12


21
E10
M_E_2
EMERGENCIA
E10
E0
22
E12
M_E_2
EMERGENCIA
E12
E0
23
E11
M_E_2
TT7.DN
AUX_NIVEIS_2
EMERGENCIA
E11
E13
24
E13
M_E_2
TT8.DN
EMERGENCIA
E13
E0
25
E11
M_E_2
TT7.DN
AUX_NIVEIS
LIM
Limit Test (CIRC)
Low Limit 40
Test NIVEL_1
0
High Limit 60
LIM
Limit Test (CIRC)
Low Limit 40
Test NIVEL_2
0
High Limit 60
EMERGENCIA
E11
E14
26
E14
M_E_2
EMERGENCIA
E14
E0


CONTAGENS DO TEMPO PARA AUMENTAR ROTAÇÃO
27
E1
EMERGENCIA
TON
Timer On Delay
Timer TT1
Preset 4000
Accum 0
EN
DN
28
E2
EMERGENCIA
TON
Timer On Delay
Timer TT2
Preset 4000
Accum 0
EN
DN
29
E4
EMERGENCIA
TON
Timer On Delay
Timer TT3
Preset 4000
Accum 0
EN
DN
30
E6
EMERGENCIA
TON
Timer On Delay
Timer TT4
Preset 1000
Accum 0
EN
DN
CONTAGENS DO TEMPO PARA DIMINUIR ROTAÇÃO
31
E8
EMERGENCIA
TON
Timer On Delay
Timer TT5
Preset 3000
Accum 0
EN
DN
32
E9
EMERGENCIA
TON
Timer On Delay
Timer TT6
Preset 3000
Accum 0
EN
DN
33
E11
EMERGENCIA
TON
Timer On Delay
Timer TT7
Preset 3000
Accum 0
EN
DN
34
E13
EMERGENCIA
TON
Timer On Delay
Timer TT8
Preset 700
Accum 0
EN
DN



APÊNDICE B: DIAGRAMA ELÉTRICO DO TRABALHO



APÊNDICE C: TABELA DE TRANSIÇÕES E ETAPAS DO SISTEMA