

Universidade de São Paulo

Escola de Engenharia de São Carlos

Leonardo Henrique Krom Paccola

Automação em planta de suco de laranja pasteurizado de pequeno porte

São Carlos

2009

Leonardo Henrique Krom Paccola

Automação em planta de suco de laranja pasteurizado de pequeno porte

Trabalho de conclusão do curso de graduação em engenharia elétrica, com ênfase em sistemas de energia e automação, apresentado à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo.

Área de concentração: Automação Industrial

Orientador: Dr. Dennis Brandão

São Carlos

2009

Agradecimentos

Ao Dr. Dennis Brandão pelo apoio em minha idéia.

A minha mãe que me ensinou a atingir meus objetivos com persistência.

Ao meu pai que sempre alimentou a idéia da criação na engenharia.

A Letícia, minha namorada que trouxe o amor à minha vida.

Aos meus irmãos que sempre me apoiaram.

Aos Deuses que me mostraram o sentido da vida na pergunta.

Lista de Figuras

Figura 1. Produção de laranjas no mundo 2001	2
Figura 2. Produção de suco Pasteurizado no Brasil	3
Figura 3. Recebimento de frutos	4
Figura 4. Extratora Brown.....	5
Figura 5. Extratora FMC.....	5
Figura 6. Simbologias P&ID	10
Figura 7. Ladder áreas 2 e 3 (parte 1).....	17
Figura 8. Ladder áreas 2 e 3 (parte 2).....	18
Figura 9. Ladder áreas 2 e 3 (parte 3).....	19
Figura 10. Ladder áreas 2 e 3 (parte 4).	20
Figura 11. Ladder áreas 2 e 3 (parte 5).	21
Figura 12. Ladder áreas 5 e 6 (parte 1)	21
Figura 13. Ladder áreas 5 e 6 (parte 2)	22
Figura 14. Ladder áreas 5 e 6 (parte 3).	23
Figura 15. Ladder áreas 5 e 6 (parte 4).	24
Figura 16. Ladder áreas 5 e 6 (parte 5).	25
Figura 17. Ladder áreas 5 e 6 (parte 6).	26
Figura 18. Ladder áreas 5 e 6 (parte 7).	27
Figura 19. Ladder áreas 5 e 6 (parte 8).	28
Figura 20. Menu do Supervisório.....	31

Figura 21.	Silo de estocagem	32
Figura 22.	Ladder do silo de estocagem.....	33
Figura 23.	Supervisório do silo	34
Figura 24.	Escovas de limpeza.....	35
Figura 25.	Ladder das escovas de limpeza.....	36
Figura 26.	Supervisório das escovas	37
Figura 27.	Sistema de pulverização.....	37
Figura 28.	Ladder do sistema de pulverização.	38
Figura 29.	Supervisório do sistema de pulverização.....	38
Figura 30.	Esteira.	39
Figura 31.	Ladder da esteira (parte 1).	40
Figura 32.	Ladder da esteira (parte 2).	41
Figura 33.	Supervisório da esteira.	41
Figura 34.	Supervisorio do inversor UIC 201.	42
Figura 35.	Extrator.....	43
Figura 36.	Ladder do extrator (parte 1).....	43
Figura 37.	Ladder do extrator (parte 2).....	44
Figura 38.	Supervisório do extrator.....	45
Figura 39.	Supervisorio do inversor UIC 301.	46
Figura 40.	Monitoramento do nível do tanque de suco cru.	47
Figura 41.	Ladder do tanque de suco cru (parte 1).....	47

Figura 42.	Ladder do tanque de suco cru (parte 2).....	49
Figura 43.	Supervisório do tanque de suco cru.....	50
Figura 44.	Válvula suco/água.	51
Figura 45.	Ladder da Válvula suco/água.	51
Figura 46.	Supervisório da Válvula suco/água.....	52
Figura 47.	Sistema de pressão.....	53
Figura 48.	Ladder do sistema de pressão (parte 1).	54
Figura 49.	Ladder do sistema de pressão (parte 2).	55
Figura 50.	Supervisório do sistema de pressão.....	56
Figura 51.	Supervisorio do inversor UIC 501.....	57
Figura 52.	Trocadores de calor.....	58
Figura 53.	Ladder dos trocadores de calor (parte 1).....	59
Figura 54.	Ladder dos trocadores de calor (parte 2).....	60
Figura 55.	Ladder dos trocadores de calor (parte 3).....	61
Figura 56.	Supervisório dos trocadores de calor.....	62
Figura 57.	Supervisório do TIC 501.....	63
Figura 58.	Supervisório do FIC 501.....	64
Figura 59.	Válvula de seleção.....	65
Figura 60.	Ladder da válvula de seleção	66
Figura 61.	Supervisório da válvula de seleção.....	66
Figura 62.	Tanques de armazenamento.....	67

Figura 63.	Ladder dos tanques de armazenamento (parte 1).	68
Figura 64.	Ladder dos tanques de armazenamento (parte 2).	70
Figura 65.	Ladder dos tanques de armazenamento (parte 3).	71
Figura 66.	Ladder dos tanques de armazenamento (parte 4).	72
Figura 67.	Ladder dos tanques de armazenamento (parte 5).	73
Figura 68.	Ladder dos tanques de armazenamento (parte 6).	74
Figura 69.	Supervisório dos tanques de armazenamento (parte 6)	74

Sumário

Resumo

Abstract

1	Justificativa:.....	1
2	Introdução e fundamentação teórica:.....	1
2.1	O Mercado do suco de laranja:.....	1
2.2	Processo de produção do suco pasteurizado de Laranja:.....	3
2.3	A qualidade do produto:.....	6
2.4	A Automação no processo de produção do suco:.....	7
2.5	Objetivo a ser alcançado:	8
3	Métodos e Ferramentas:.....	9
3.1	Diagrama de processo e instrumentação:.....	9
3.2	Controlador Lógico Programável:	10
3.2.1	O Modelo SLC 500:	11
3.2.2	As linguagens:.....	11
3.2.3	Ladder:	11
3.3	Os Softwares:.....	11
3.3.1	RSlogix 500:.....	12
3.3.2	RSlogix emulate 500:.....	12
3.3.3	RSview32:	12
4	O Projeto:	12
4.1	Fluxograma:.....	13
4.1.1	Convenções:.....	14
4.2	Descrição geral do processo:	15
4.2.1	Modos de funcionamento:.....	15
4.2.2	Menu do supervisório:	29

4.3	Estocagem dos frutos:	32
4.4	Limpeza e seleção dos frutos:	34
4.4.1	Escovas de limpeza:.....	35
4.4.2	Pulverização:.....	37
4.4.3	Esteira:	39
4.5	Extrator:.....	42
4.6	Suco Cru (Armazenamento e filtragem):.....	46
4.6.1	Monitoramento do nível do tanque:.....	46
4.6.2	Válvula de Suco/Água:	50
4.7	Pasteurização:.....	52
4.7.1	Sistema de pressão:.....	52
4.7.2	Trocadores de Calor:.....	57
4.8	Armazenamento:	64
4.8.1	Válvula de seleção:.....	65
4.8.2	Tanques de armazenamento:	67
5	Conclusão:.....	75
6	REFERÊNCIAS.....	77

Resumo

PACCOLA, L.H.K. **Automação em planta de suco de laranja de pequeno porte.** 2009. 95f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009).

Ao responder à necessidade de inserir o pequeno e médio agricultor e garantir a sua competitividade no mercado de suco de laranja. Surge a idéia de uma planta de pequeno porte que possa agregar valor ao produto processando-o independentemente das grandes produtoras. Para isso foi utilizada uma nova aplicação da tecnologia de processamento de suco pasteurizado e oferecido um produto facilmente comercializável. Nesta nova aplicação foram seguidas as etapas; a inicial foi o estudo do processo de produção, da tecnologia envolvida e da importância deste mercado para o Brasil. A seguir, foi desenvolvido um fluxograma adequado à disponibilidade econômica desta faixa da população e à escolha futura dos equipamentos. A seguir desenvolveu-se a automação com a lógica do CLP e o sistema supervisório. O que possibilitou uma operação eficaz e enxuta do maquinário. Constatou-se que é possível atender as necessidades de produção de suco de boa qualidade, mais barato, com uma planta projetada para a capacidade econômica destes empresários. O que cria a oportunidade de uma colaboração eficaz para o nosso atual quadro social brasileiro.

Palavras-chave: Suco. Laranja. Pasteurização. Planta de pequeno porte. Automação e Empreendedorismo.

Abstract

PACCOLA, L.H.K. **Automation in plant of orange juice of small size.** 2009. 95f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009).

Answering the need to integrate the small and medium farmers and ensure its competitiveness in the market for orange juice. It comes an idea of a small plant that can add value with the product processing independently of the major manufacturers. For this, it was used a new application of technology for processing juice pasteurized and offered a readily marketable product. In this new application steps are followed; the initial was the study of the production process, the technology involved and the importance of this market in Brazil. Next, a flowchart was developed appropriated to the economic availability of this population level and the future choice of equipment. Then it was developed the automation with the PLC logic and the HMI system. It enabled a lean and efficient operation of machinery. It was checked that is possible attend the needs of production of juice with good quality, cheaper, with a plant designed for the economic capacity of these businessmen. It creates the opportunity of collaboration effective to our Brazilian current social picture.

Keywords: Juice. Orange. Pasteurization. Small Plant. Automation and Entrepreneurship.

Justificativa

Ao responder o interesse de realizar um projeto viável no mercado atual, que pudesse ser de aplicabilidade prática e realizado de forma concisa e completa, onde se pudessem integrar os conhecimentos acadêmicos adquiridos ao longo dos anos empregados na formação como engenheiro elétrico.

A minha atenção foi focalizada nos pequenos e médios agricultores que se dedicam à produção da laranja. Ao procurar garantir a competitividade neste mercado surge a necessidade de agregar valor ao produto processando-o independentemente das grandes produtoras.

Para isso é necessário utilizar uma nova aplicação da tecnologia e assim possibilitar o processamento da laranja em suco oferecendo ao mercado o produto de maneira a ser facilmente comercializado.

Ao observar a condição destes produtores convém atentar que somente será possível um investimento na tecnologia que possa ser compatível aos recursos disponíveis, portanto a tecnologia deve ser adequada às estas condições sociais.

1 Introdução e fundamentação teórica

O suco de laranja, não fermentado obtido da espécie Citrus sinensis, está inserido solidamente na dieta do mundo todo. No Brasil, a laranja se destaca como produto de grande importância, sendo considerado o maior produtor do mundo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE CÍTRICOS - ABECITRUS, 2006).

1.1 O Mercado do suco de laranja

A maior parte deste suco é destinada à união européia e NAFTA (Canadá, Estados Unidos e México) que importam grande parte da produção do Brasil na forma de FCOJ (suco de laranja concentrado e congelado).

Segundo Oliveira¹ (1999 *apud* TRIBESS; TADINI, 2001) a principal produção de suco de laranja, concentrada no estado de São Paulo, tem uma receita bruta que é uma das três maiores do estado. Gera cerca de US\$ 1,5 bilhão de dólares, emprega mais de oito mil trabalhadores nas indústrias, quatrocentos e vinte mil no campo. Os seus 330 municípios citrícolas contam com e dezessete mil citricultores em 11 indústrias.

Em 1962 a grande geada que atingiu os pomares da Flórida gerou o impulso necessário para o Brasil, que já exportava os frutos. Começou então a processar seus frutos e a desenvolver seu grande parque industrial como estabelecido hoje (LOUIS DREY CITRUS, 2001).

Historicamente observasse o crescimento do mercado a partir de 1963. Superando na década de 80 os Estados Unidos e se tornando o líder mundial neste ramo de atividade (ABECITRUS, 2006).

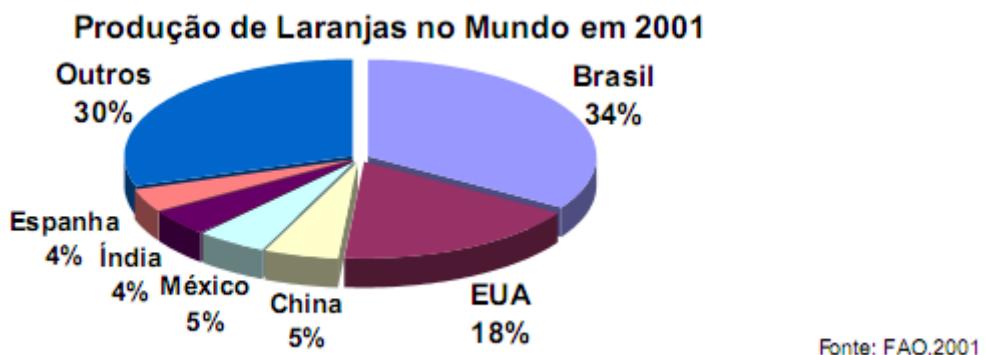


Figura 1. Produção de laranjas no mundo 2001
Fonte. Tribess e Tadini (2001)

De acordo com Gomes (2006), existem três formas conhecidas e comercialização de suco de laranja: suco concentrado e congelado (FCOJ); suco reconstituído e suco pasteurizado.

O FCOJ é um produto de grande demanda para a exportação que nada mais é que o suco de laranja congelado adicionado de água e aditivos. Pronto para o consumo, normalmente em caixas longa vida, não tem a necessidade de refrigeração.

¹ OLIVEIRA (OLIVEIRA, R. (1999) Exportação de suco deve bater recorde. Folha de São Paulo, Agrofolha, 15 jun, p.1.)

Já o suco pasteurizado necessita de refrigeração, também é pronto para consumo.

Na pasteurização o suco é submetido a um processamento térmico mais brando. O que resulta em um suco que preserva suas características sensoriais próximas às do produto fresco.

Alem da tendência crescente dos consumidores por produtos naturais, o brasileiro costuma ter acesso ao suco natural fresco. Portanto tende a rejeitar os sucos FCOJ e o suco reconstituído que apresentam um sabor característico do processo de concentração.

Lançado em 1993 o suco de laranja pasteurizado vendeu um milhão de litros e em 2000 já ultrapassou 200 milhões de litros como a figura 2. Este mercado faturou R\$ 500 milhões anuais em apenas 6 anos demonstrando seu promissor futuro.

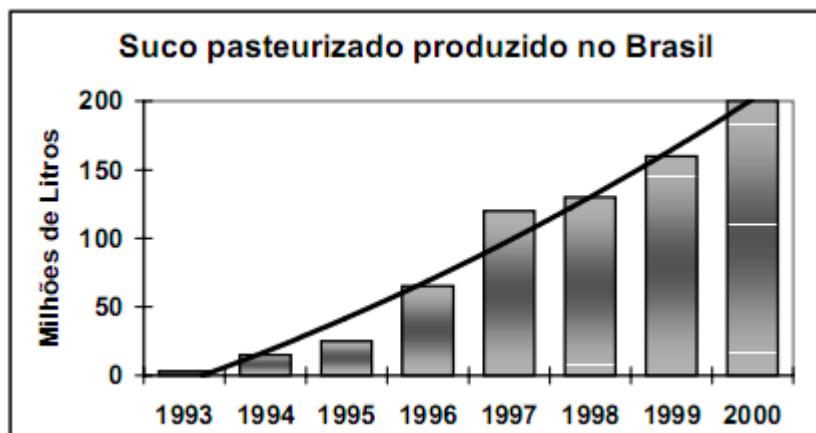


Figura 2. Produção de suco Pasteurizado no Brasil
Fonte. Garcia (2000)

O Brasil é responsável por menos de 0,5% do suco pasteurizado exportado no mundo. O Brasil consumia apenas 1,18 litros per capita anualmente em 2001 comparado com quase 22 litros per capita anualmente nos Estados Unidos e 10 litros per capita anualmente na Europa (ABECITRUS, 2001).

A figura 2 mostra a possibilidade de crescimento no mercado interno, o que incentiva a procurar outras formas de inserir o suco pasteurizado para atender esta demanda.

Processo de produção do suco pasteurizado de Laranja

Em todas as formas de processamento do suco de laranja as primeiras etapas são iguais: recebimento, lavagem, seleção e classificação.

O processo de interesse, a produção do suco pasteurizado de laranja, ainda tem: extração, acabamento, pasteurização, resfriamento e armazenamento.

De acordo com Gomes (2006), no recebimento os frutos chegam em caminhões e são analisados quanto ao pH, °Brix, índice de acidez total e relação acidez/°Brix (ratio) e registrados. Registros estes que serão utilizados nas tomadas de decisões tanto no processamento do suco quanto nas próximas compras.

Alem destas analyses ainda é utilizado uma inspeção visual que consiste em: estágio de maturação, ferimento nas cascas, fungos, sujeiras e tamanhos (GOMES, 2006).



Figura 3. Recebimento de frutos

Fonte. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ (2009)

Os frutos descartados “refugo” podem ser ainda utilizados como ração animal.

Em seguida os frutos são lavados em esteiras equipadas com esguichos de água clorada e escovas rotativas com cerdas de nylon. Os frutos saem desta sem sujidades em suas cascas.

A seleção e classificação consistem na remoção dos frutos que estão fora do padrão de qualidade com base na inspeção visual realizada por funcionários.

A extração é feita ao comprimir o fruto integral ou cortado ao meio, possibilitando a saída do suco.

O mercado disponibiliza dois tipos principais de extratoras: a Brown, que corta as laranjas em duas metades que depois são prensadas com extratores rotativos (figura 4) e as extratoras FMC Technologies (figura 5) constituídas de dois copos que se encaixam um dentro do outro comprimindo a laranja.



Figura 4. Extratora Brown
Fonte. Brown International Corporation (2009)

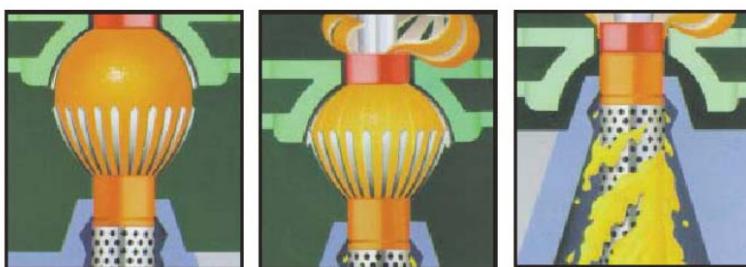


Figura 5. Extratora FMC
Fonte. FMC Technologies (2006)

O costume é instalar as extratoras em locais elevados em relação ao tanque já que o suco sai por tubulações na parte inferior destas (YAMANAKA, 2005).

O acabamento é a adequação do teor de polpa ao nível ideal através do processo de filtração. Estes filtros chamados de finishers ou turbo filtros são cilindros de aço inox com armações com telas de tecido sintético. O ajuste de Téo de polpa é feito de acordo com o pedido do cliente (YAMANAKA, 2005).

De acordo com Tribess e Tadini (2001), uma pasteurização utilizada é o processo de Ultra High Temperature (UHT) onde um trocador de calor, normalmente de placas, aquece o suco até 150 °C rapidamente inativando assim microrganismos e também a pectinesterase. Em seguida este suco é resfriado e envasado.

Este processo garante a possibilidade da comercialização em temperatura ambiente com longo prazo de validade diferente dos demais processos de pasteurização. Entretanto seu processo de temperatura alta altera o sabor do produto gerando rejeição no mercado.

A pasteurização mais utilizada pelas indústrias é o processo High Temperature Short Time (HTST) onde o suco é elevado a uma temperatura de 95°C durante 20 segundos e então resfriado e envasado em cartonadas, PEAD ou vidro. Atinge um tempo de prateleira de aproximadamente 35 dias quando resfriado. Este é o produto mais vendido com baixa rejeição no mercado.

Outra proposta é o processo de suco minimamente pasteurizado proposto pela professora Carmen Cecília Tadini de Engenharia de Alimentos da EPUSP e seus orientados desde 1996. Ainda não utilizado na indústria, consiste no emprego de menor temperatura e tempo para inativar parte das enzimas e preservar as características sensoriais do suco. Por exemplo: 87°C por 58,55 segundos (TRIBESS; TADINI, 2001).

Segundo Badolato² (2000 *apud* TRIBESS; TADINI, 2001), o tratamento térmico do suco de laranja a uma temperatura e tempo mínimo leva a um produto de melhor aceitação pelo consumidor se comparado aos sucos pasteurizados existentes no mercado. Os atributos sensoriais do suco de laranja minimamente processado apresentam pequena diferença com o suco de laranja fresco.

O resfriamento e armazenamento consistem em abaixar a temperatura do suco e armazená-lo refrigerado em temperaturas de 0 a 15°C até o consumo (GOMES, 2006).

A qualidade do produto

Primeiramente a colheita tem um importante papel na qualidade do produto, pois deve ser realizadas manualmente, com sacolas, escadas e caixas. Transportadas por caminhões tomando os cuidados necessários para que não hajam danos aos frutos como: danos externos a casca ou o rompimento das células internas (GOMES, 2006).

Durante todas as etapas de produção a precisão e eficiência é imprescindível para garantir a qualidade final.

² BADOLATO (BADOLATO, G.G (2000) Tratamento térmico mínimo do suco de laranja natural: cintética da inativação da pectinesterase. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo.)

As esteiras devem rolar os frutos sem danificá-los. A lavagem deve retirar todas as sujeiras, pois qualquer nível de sujidade poder infectar o suco provocando assim a completa perda da qualidade.

O extrator deve espremer o fruto da maneira correta retirando o suco e minimizando os produtos da casca.

E a pasteurização deve ter suas temperaturas e tempos bem calibrados de maneira a se obter um bom controle da pasteurização desejada.

A Automação no processo de produção do suco

Pode-se dizer que a automação industrial teve início em uma conhecida fase da história mundial: A revolução industrial.

Fatos conjuntos como: aumento populacional e a busca por riqueza da burguesia resultou em um quadro que exigia das indústrias um aumento da produção e redução de custos.

No inicio da revolução industrial as condições de trabalho eram degradantes, a carga de trabalho de até 18h, os salários eram baixos e a exploração do trabalho infantil e feminino eram práticas comuns.

Sem direitos trabalhistas, os trabalhadores eram usados e descartados sem nenhuma consideração pela condição humana.

Com o surgimento das leis trabalhistas as práticas comuns foram se aprimorando, de modo que hoje encontramos fábricas limpas e higienizadas como hospitais.

No entanto a demanda por quantidade, qualidade dos produtos, além de diversidade e inovações aumentaram muito desde aquela época.

Pode-se dizer que a junção destes fenômenos sociais levou ao desenvolvimento da ferramenta automação.

Com o advento da criação dos equipamentos industriais automatizados os demorados processamentos de informações através dos antigos Centros de Processamento de Dados (CPD) foram deixados para traz. Pois estes, que se comunicavam via cabos com

a fábrica toda, tornava a tarefa de localizar e resolver um problema algo dispendioso e demorado.

Desde então os sistemas industriais evoluíram de forma rápida e eficiente. Hoje chegaram as rápidas redes industriais que interligam desde o chão de fábrica (sensores e atuadores) até o controle do processo (CAPELLI, 2008).

Varias vantagens se mostram, em um mercado que cada vez mais escolhe a automação como solução, entre estas estão:

- Aumento de produtividade
- Melhor qualidade do produto
- Aumento de segurança para os operários
- Diminuição de falhas
- Rápida diagnose e resolução de falhas
- Melhor aproveitamento de matéria prima
- Otimização do espaço no chão de fábrica

Quando se trata da produção de suco de laranja todas as indústrias utilizam em diferentes níveis a automação como solução de muito de seus problemas.

Visto todas as vantagens trazidas por essa tecnologia e a necessidade destas para garantir uma competitividade no mercado, torna-se visível a possibilidade de uma aplicação que as reúna. Diferenciada das demais pela sua aplicação voltada aos pequenos e médios produtores, atualmente impossibilitados de adentrar este mercado eficientemente.

Objetivo a ser alcançado:

O projeto tem como foco desenvolver uma planta de pequeno porte capaz de produzir suco de laranja pasteurizado a partir do fruto, e sanar diversas exigências, entre elas:

- Atender a necessidade do pequeno e médio produtor: que conta com menor capacidade para investimento inicial, já que estes não detêm o capital suficiente para aplicar nas fábricas comuns.
- Capacidade de produção de um suco com boa qualidade, menor preço, higiene e segurança para os trabalhadores.

- Flexibilidade de escolha dos equipamentos industriais, entre as muitas opções do mercado. Assim podendo, o empresário negociar preços e conseguir melhores resultados.

Métodos e Ferramentas

Este capítulo aborda os diferentes softwares, linguagens, equipamentos e documentos utilizados na realização do projeto.

Cada um é introduzido simplificadamente para o possível entendimento do desenvolvimento do projeto.

Diagrama de processo e instrumentação

O diagrama de processo e instrumentação ou *Process and instrumentation diagram* (P&ID) é um fluxograma onde está representado o processo de interesse e os instrumentos nele inseridos.

As normas ANSI/ISA 5.1 (1992), ANSI/ISA 5.2 (1992), ANSI/ISA 5.4 (1991) e ANSI/ISA 5.5 (1985) são referências sólidas que tem como proposta estabelecer um significado uniforme. Por isso foram usadas para desenvolver o fluxograma da planta (ANSI/ISA 5.1, 1992, p.9).

Cada instrumento necessário foi pesquisado e representado de acordo com a norma e a conveniência de facilitar o entendimento do documento.

Algumas das simbologias usadas são apresentadas na figura 6.

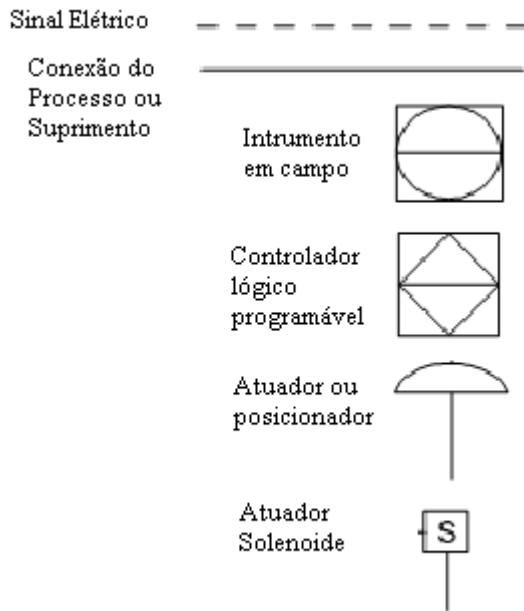


Figura 6. Simbologias P&ID
Fonte. ANSI/ISA 5.1 (1992)

O fluxograma foi desenvolvido e dividido em áreas, de acordo com as etapas de produção do suco. Estas são discriminadas posteriormente.

Controlador Lógico Programável

O Controlador lógico Programável (CLP) ou Programmable Logic Controller (PLC) é certamente um dos equipamentos mais importantes dentre vários que compõem uma fábrica automatizada.

No final de 1960 a Bedford Associates oferece a General Motors uma solução nova que viria a substituir todos seus antigos armários de relés, que até então deveriam ser alterados fisicamente em seus fios internos a cada mudança na produção. Estas manobras geravam uma grande quantidade de trabalho e perda de tempo.

Essa nova solução chamava-se Modicon e trouxe grandes vantagens.

Em 1970 os CLPs ganharam CPU e posteriormente a comunicação.

Já em 1990, com a norma IEC 1131-3, os protocolos foram criados e as linguagens padronizadas internacionalmente.

O CLP é desenvolvido diretamente para o ambiente industrial. Através de seu processador tem a capacidade de ser programado para realizar diversas funções matemáticas, relações lógicas e lidar com diferentes tipos de variáveis (CAPELLI, 2008).

1.1.1 O Modelo SLC 500

O modelo SLC 500 é um CLP da Rockwell Automation já conhecido no mercado e usado em mais de 75% das companhias, de acordo com o índice Down Jones. Contando com mais de 100000 consumidores nos Estados Unidos e com qualidades técnicas como (ROCKWELL AUTOMATION, 2009):

- 1,6 megas de memória para o processador e 12 megas para os módulos de memória.
- Variada quantidades de módulos de entrada e saída (I/O).
- Módulos de scanner Devicenet entre outros.

Este CLP supre as necessidades do projeto, alem de apresentar menor preço se comparado com modelos mais novos como os da linha SLC5000.

As linguagens

Em 1990 o órgão International ElectroTechnical Commission (IEC) iniciou seus esforços no sentido de padronizar as linguagens que ate então eram exclusivas de cada fabricante. A partir daí ficaram definidas como básicas as cinco linguagens: Texto estruturado, Ladder, lista de introdução, diagrama de blocos e SFC ou Grafecet (CAPELLI, 2008).

Ladder

A linguagem Ladder foi desenvolvida de forma a se assemelhar com contatos e atuadores dos circuitos elétricos. Ela conta com contatos normalmente fechados e normalmente abertos, alem de outros blocos funcionais como temporizadores, contadores, comparadores.

Ainda há blocos que realizam internamente funções mais complexas como controle PID (Proporcional, Integrativo e derivativo) e até mesmo comunicações com protocolos industriais.

Os Softwares

Cada fabricante costuma desenvolver um software próprio que é o ambiente digital em que o desenvolvedor realiza a programação do CLP.

A linguagem de programação é universal e padronizada. Já os softwares devem ser necessariamente escolhidos dentre os fabricantes disponíveis no mercado, pois o desenvolvimento do projeto em cada ambiente de programação tem suas peculiaridades que não podem ser ignoradas.

RSlogix 500

O RSlogix 500 é o software de programação Ladder da família SLC500 desenvolvido pela Rockwell. Desenvolvido para plataforma Microsoft Windows ajuda a maximizar a produção e salvar seus projetos (ROCKWELL AUTOMATION, 2009).

RSlogix emulate 500

Ferramenta complementar ao RSlogix 500 que emula um ambiente onde o programa RSlogix 500 pode gravar seu programa compilado e rodar sua lógica como em um CLP real. Este recurso ajuda o desenvolvimento e evita erros na lógica (ROCKWELL AUTOMATION, 2009).

RSview32

O RSview32 é uma ferramenta de IHM (interface homem maquina) para o controle e monitoramento de máquinas e processos. Permite ao programador desenvolver telas onde o operador possa controlar e se comunicar através de um ambiente amigável com toda a fábrica (ROCKWELL AUTOMATION, 2009).

O Projeto

O projeto não tem semelhantes no mercado e foi completamente desenvolvido neste trabalho e por isso preserva o foco na flexibilidade de escolha dos equipamentos. Baseando as soluções nas características encontradas nos equipamentos disponíveis no mercado.

Quando o mesmo é aplicado, pequenas alterações na lógica (como limites para definição de alarmes, normalizações de valores e endereçamentos) podem adequá-lo aos diferentes fabricantes de equipamentos.

As grandezas de alta relação mecânica como: potências de bombas e motores, dimensões dos tanques, trocadores de calor, tubulações e filtros não são pré-definidas.

Assim assegura-se a opção do empresário de adequar o projeto ao volume de processamento desejado dentro da proposta de uma planta de pequeno porte.

As grandezas correlacionadas com as mecânicas como: velocidades dos motores, *set points* (pontos ideais de trabalho configurados) de velocidade e faixa de trabalho de pressão são representadas na lógica Ladder como variáveis e ajustadas via supervisório.

Deste modo temos um projeto de fácil e rápida adequação a diferentes equipamentos e cargas de processo.

Fluxograma

Ao se estudar um processo contínuo, como a produção do suco de laranja, diversas questões com relação ao funcionamento de cada parte e do conjunto são levantadas.

Como parte do processo de criação, faz-se necessário o estudo parcial e o encadeamento das soluções de forma ordenada.

O uso das normas ANSI/ISA, acima introduzidos, vem de encontro com esta necessidade e supre de ferramentas o projetista para representar o fluxo do processo, instrumentos e controle.

Ao invés de apresentar o projeto na ordem da criação, aqui ele será visto seguindo o fluxo do processo de produção.

A didática se preserva. Torna-se claro o desenvolvimento da compreensão do funcionamento dos diferentes programas e da planta ao mesmo tempo.

As necessidades de cada etapa e suas soluções serão descritas e apresentadas em figuras; do fluxograma; da programação e do supervisório.

O fluxograma completo pode ser consultado como anexo 1 para maior entendimento.

O posicionamento dos painéis, do CLP e dos inversores pode ser consultado como anexo 2.

As telas completas do supervisório podem ser consultadas como anexo 3.

Convenções

Algumas convenções foram adotadas de modo a padronizar o desenvolvimento do projeto.

Tags são indicações de uma variável real. Os alarmes são tags digitais e os indicadores, exemplo TI (Temperature indicate), são tags analógicas.

Os inversores estão representados como multi-variáveis.

As tags dos multi-variáveis, representados no fluxograma como: UIC201, UIC301 e UIC501, foram adicionadas com letras posteriores ao padrão ANSI/ISA. Para especificá-las na configuração interna do inversor, são comunicadas via Devicenet.

Os inversores de freqüência utilizados funcionam em rampas em “S” e utilizam o recurso *Flying Start* (partida com o motor girando).

Cita-se como exemplo comercial o inversor CFW-09 da WEG que contém estes recursos citados.

Assim as tags do inversor UIC201 ficam:

UIC201 (Status) Ligado/Desligado.

UAX201 (Falha) Falha do instrumento.

UIC201S (Speed) Velocidade.

UIC201SP (*Set point*) Ajuste da velocidade.

UIC201AT (Acceleration time) Tempo de Aceleração.

UIC201DT (Deceleration time) Tempo de Desaceleração.

UIC201SC (“S” Curve) Percentual de distorção da curva “S”, utilizada para não causar choques mecânicos na partida do sistema.

Os outros multi-variáveis seguem este mesmo padrão de nomenclatura.

Descrição geral do processo

O processo está dividido em seis etapas que seguem a ordem da produção com a finalidade de obtenção do suco pasteurizado de laranja como produto final.

Estas etapas já previamente introduzidas agora são tratadas como áreas de uma instalação industrial.

As etapas ou áreas do processo de produção estão divididas da seguinte forma:

- 1- Estocagem dos frutos
- 2- Limpeza e seleção dos frutos
- 3- Extração de suco cru
- 4- Armazenagem e filtragem do suco cru
- 5- Pasteurização
- 6- Armazenagem do suco pasteurizado

Após a Armazenagem do suco este é enviado a uma envasadora.

O projeto deve contar com:

- Com uma lógica e alarmes que garantam segurança tanto para equipamentos quanto para os operadores.
- O controle dos sistemas, com a monitoração de todas as etapas e suas variáveis de processo (ROCKWELL AUTOMATION, 2009).
- Modos de operação que assegurem bom funcionamento.

Modos de funcionamento

As áreas 1, 2 e 3 em conjunto precisam produzir o suco suficiente para o tanque de suco cru – 4.

Para isso foram criadas 3 velocidades de trabalho para os motores.

Estas velocidades devem ter o seu ajuste fino realizado na instalação dos equipamentos, para que funcionem em conjunto.

A área 4 é um ponto crítico no processo, pois o tanque nela contido deve, através de sua lógica, garantir o suprimento de suco para a planta como um todo.

As áreas 5 e 6 funcionam em três modos: "Limpeza", "Partida" e "Funcionamento".

O modo "Limpeza" serve para realizar a higienização do sistema de tubulações, que é impraticável de ser realizada manualmente.

Pois a planta tem uma grande extensão de tubos e trocadores de calor de inox, com difícil montagem e desmontagem.

Para a higienização a água do suprimento é misturada com produtos (normalmente utiliza-se a soda caustica). Ela circula através do sistema por tempo suficiente para realizar a limpeza e para que ele saia do sistema. Enquanto os tanques ficam livres para a limpeza manual.

O modo "Partida" pode ser selecionado logo no inicio ou logo depois de se realizar a limpeza e antecede o funcionamento do sistema.

Este modo tem a finalidade de dar o tempo para estabilizar os dois PIDs do sistema de controle, que podem vir a demorar algum tempo. A planta é partida com água através da chave XV 401.

Este estágio é de extrema importância. Pois antes da estabilização do controle, não se tem garantias quanto à temperatura e tempo de exposição a que o suco foi submetido.

Caso a planta fosse partida diretamente com o suco, este teria que ser descartado em virtude da qualidade do produto.

Abaixo o programa ladder referente à configuração das áreas 2 e 3.

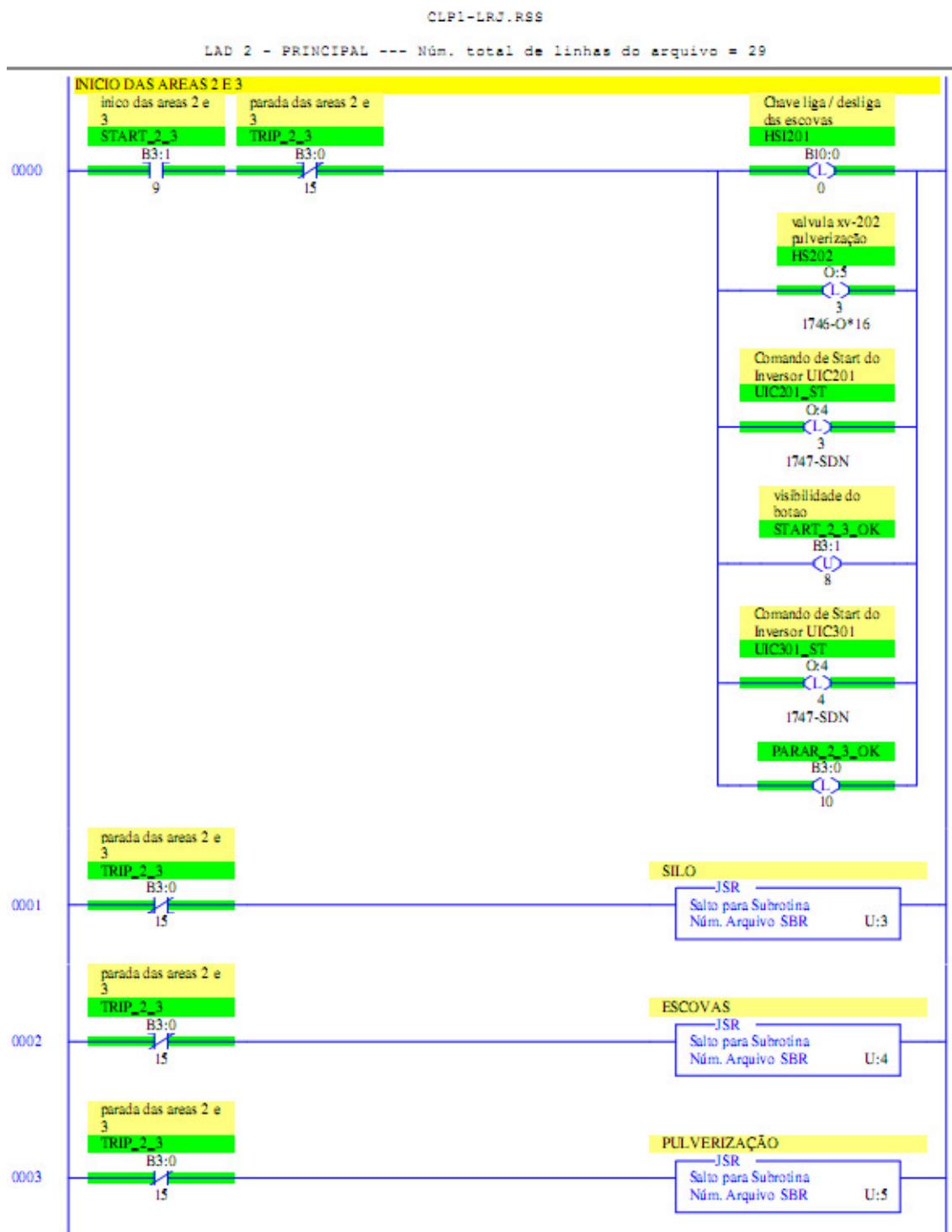


Figura 7. Ladder áreas 2 e 3 (parte 1)

O contato start_2_3 inicia as áreas 1, 2 e 3.

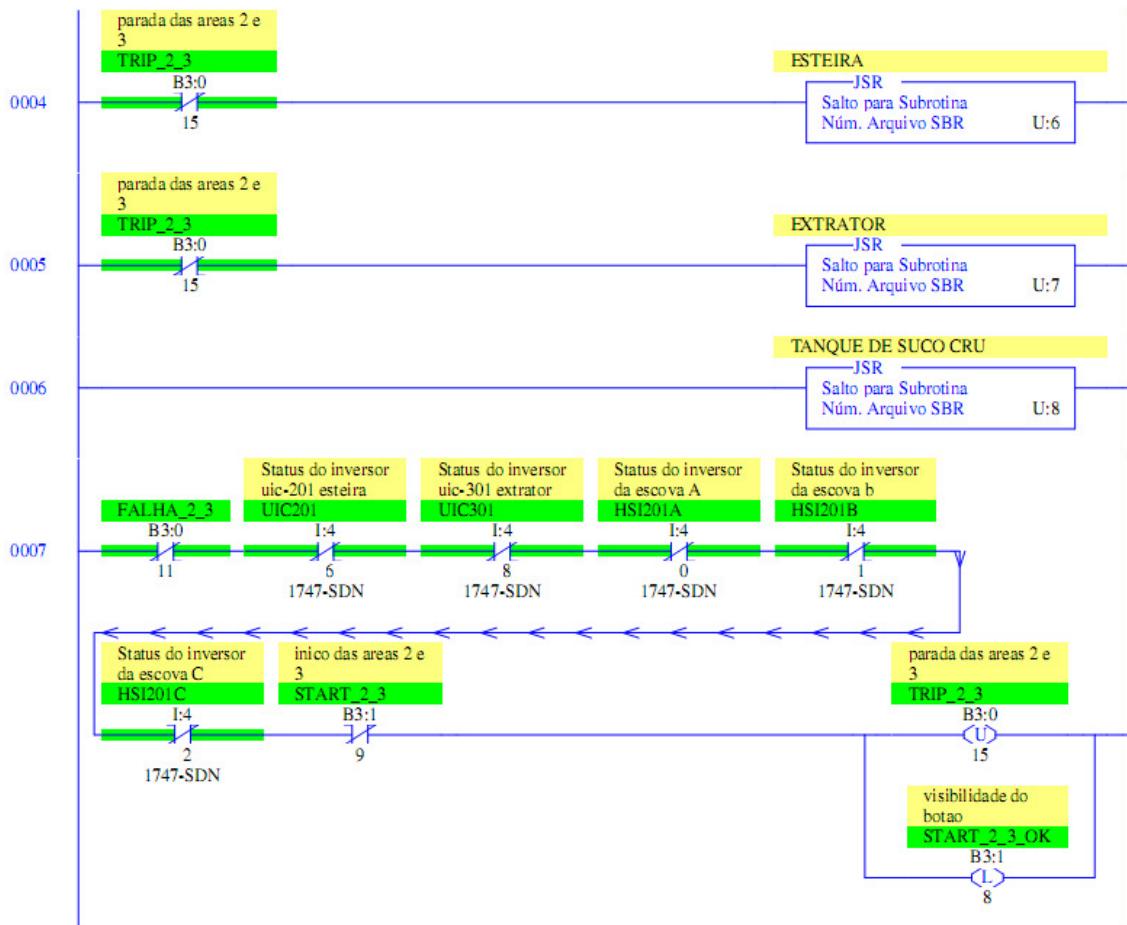


Figura 8. Ladder áreas 2 e 3 (parte 2)

As linhas 0001 a 0006 chamam as sub-rotinas referentes aos códigos das outras áreas.

A linha 0007 desativa o trip_2_3 via comando de “ignorar falha” no supervisório. Condições são impostas para garantir que a planta tenha parado o movimento antes que seja possível reiniciá-lo.

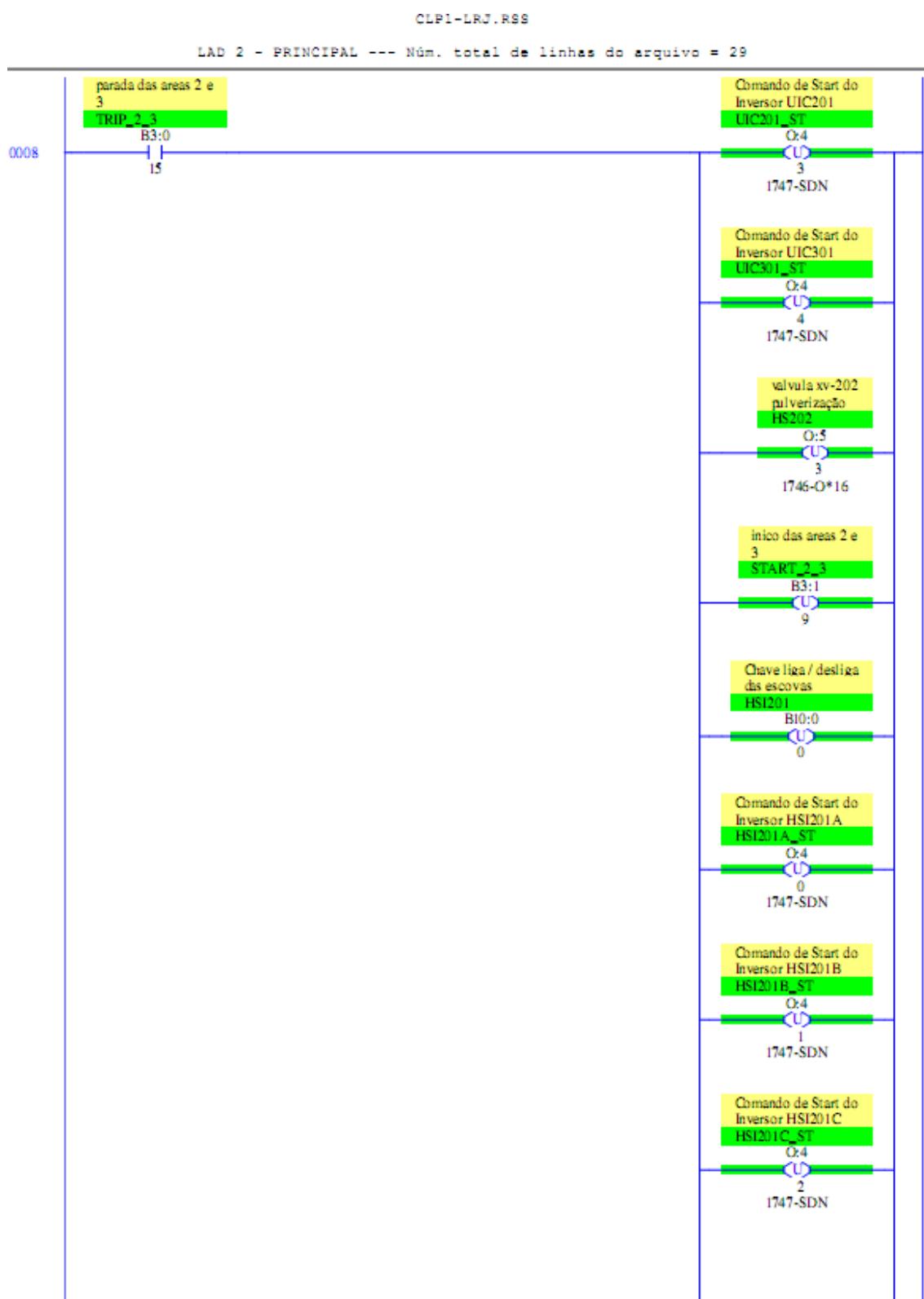


Figura 9. Ladder áreas 2 e 3 (parte 3)

O trip_2_3, linha 0008, é gerado quando ocorre alguma falha de funcionamento que necessite a parada de emergência das áreas 1, 2 e 3.

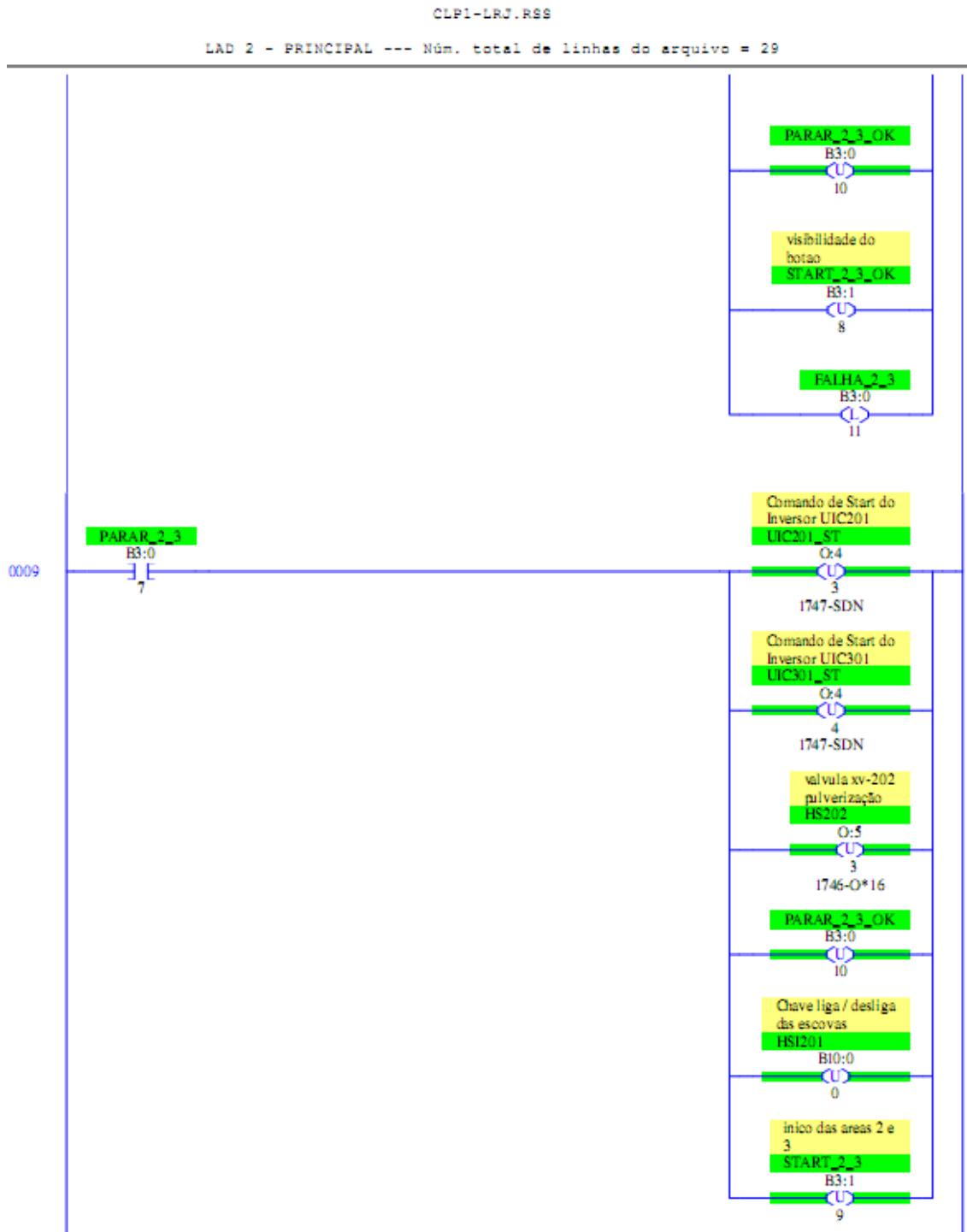


Figura 10. Ladder áreas 2 e 3 (parte 4)

Na linha 0009 o contato parar_2_3 é ativado via supervisório para parada manual da planta.

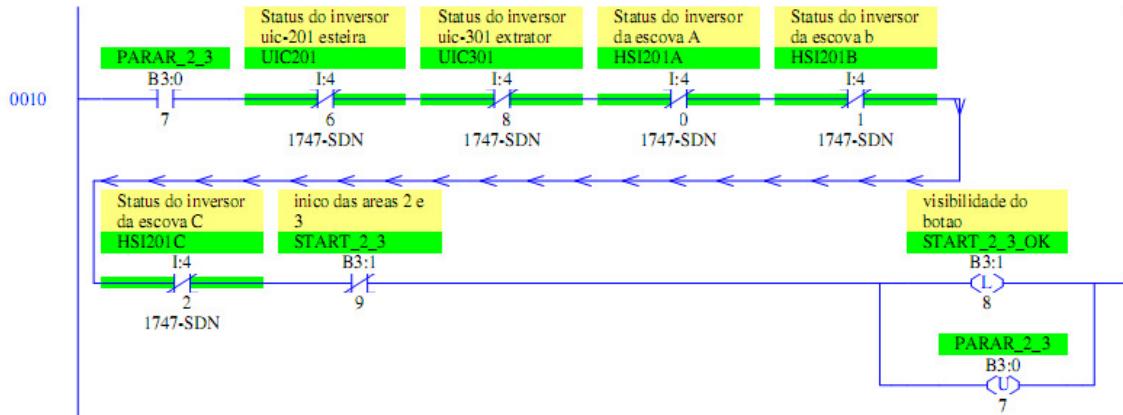


Figura 11. Ladder áreas 2 e 3 (parte 5)

A linha 0010 garante que a planta, quando parada manualmente, só possa ser reiniciada após todos os equipamentos estarem parados.

Abaixo o programa ladder referente à configuração das áreas 5 e 6:

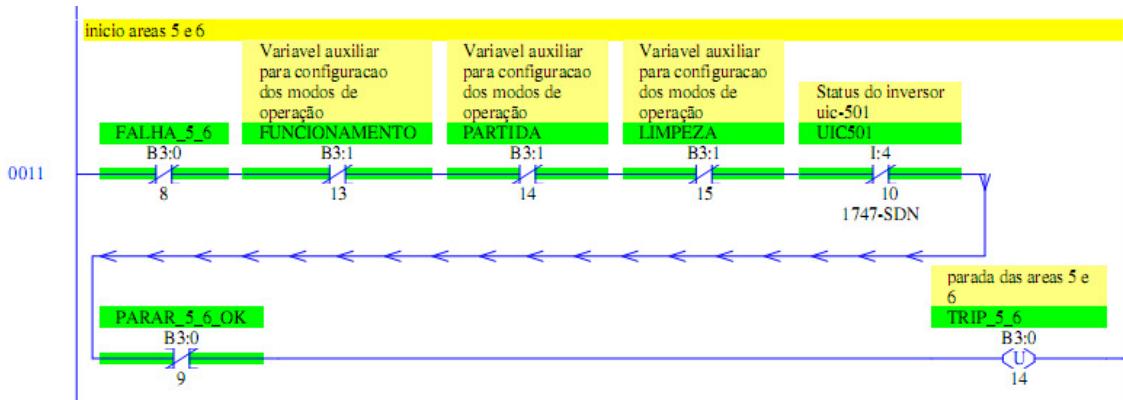


Figura 12. Ladder áreas 5 e 6 (parte 1)

A linha 0011 desativa o trip_5_6 via comando no supervisório de “ignorar falha”. Condições são impostas para garantir que a planta tenha parado a bomba e não esteja em outro modo de funcionamento para que seja possível reiniciá-lo.

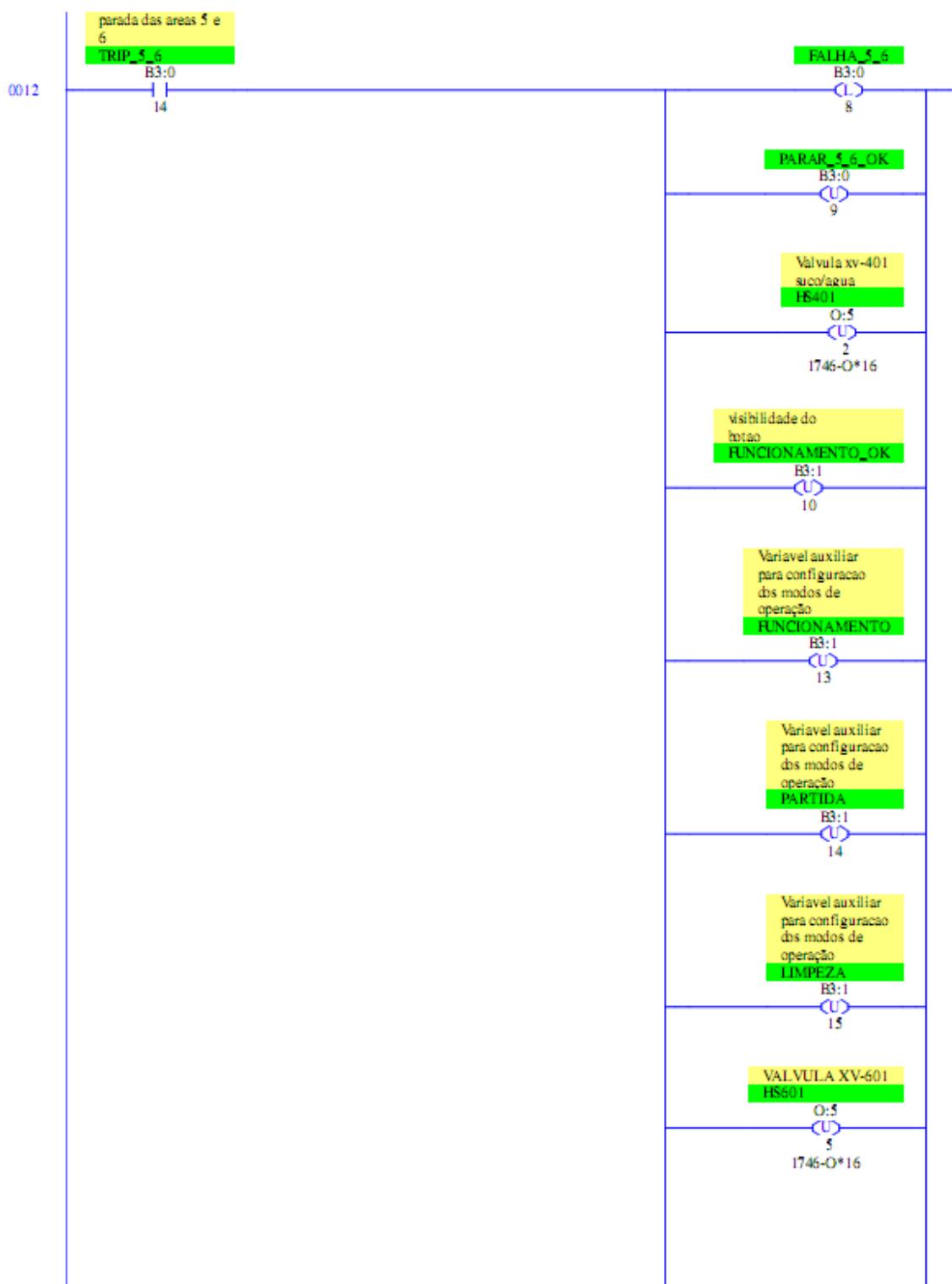


Figura 13. Ladder áreas 5 e 6 (parte 2)

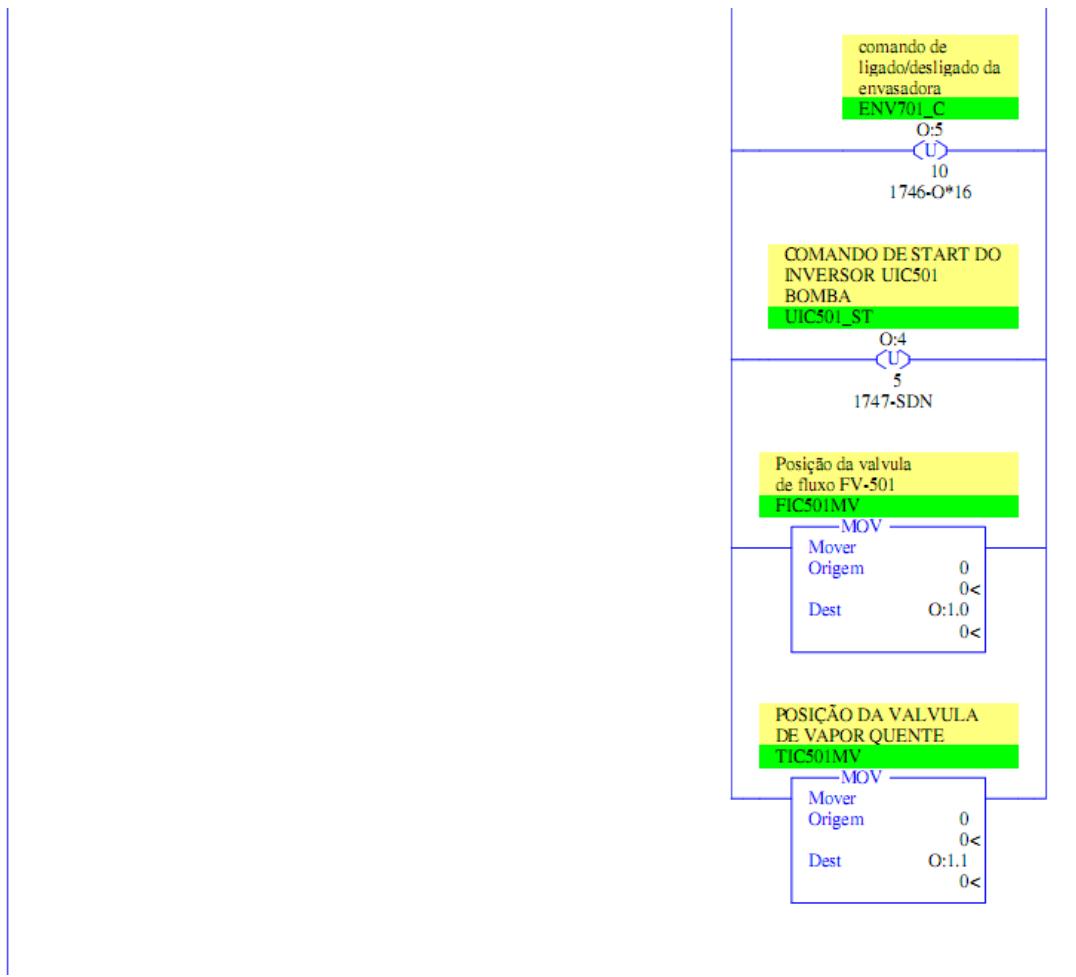


Figura 14. Ladder áreas 5 e 6 (parte 3)

O trip_5_6, linha 0012, é gerado quando ocorre alguma falha de funcionamento que necessite a parada de emergência das áreas 4, 5 e 6.

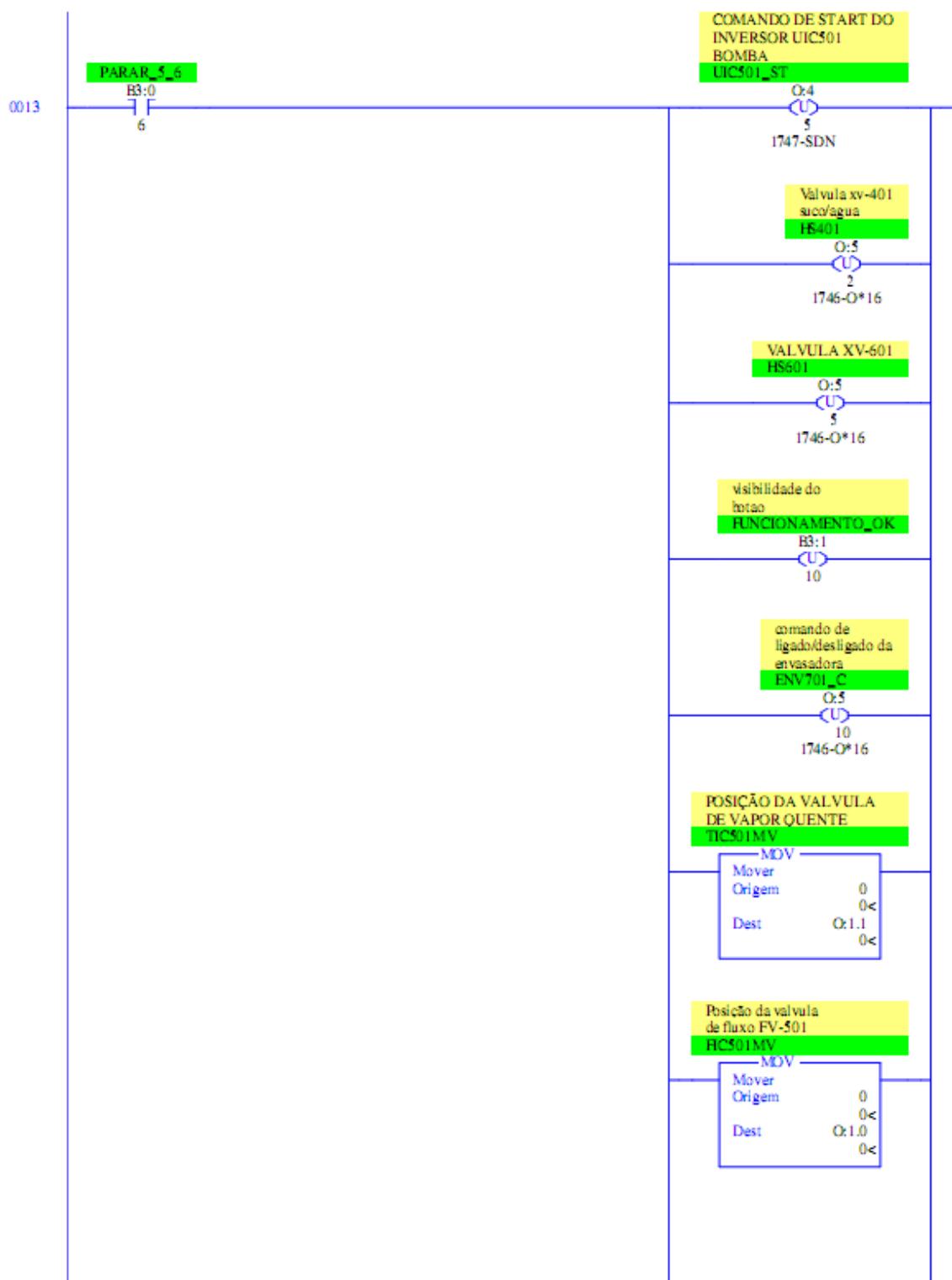


Figura 15. Ladder áreas 5 e 6 (parte 4)

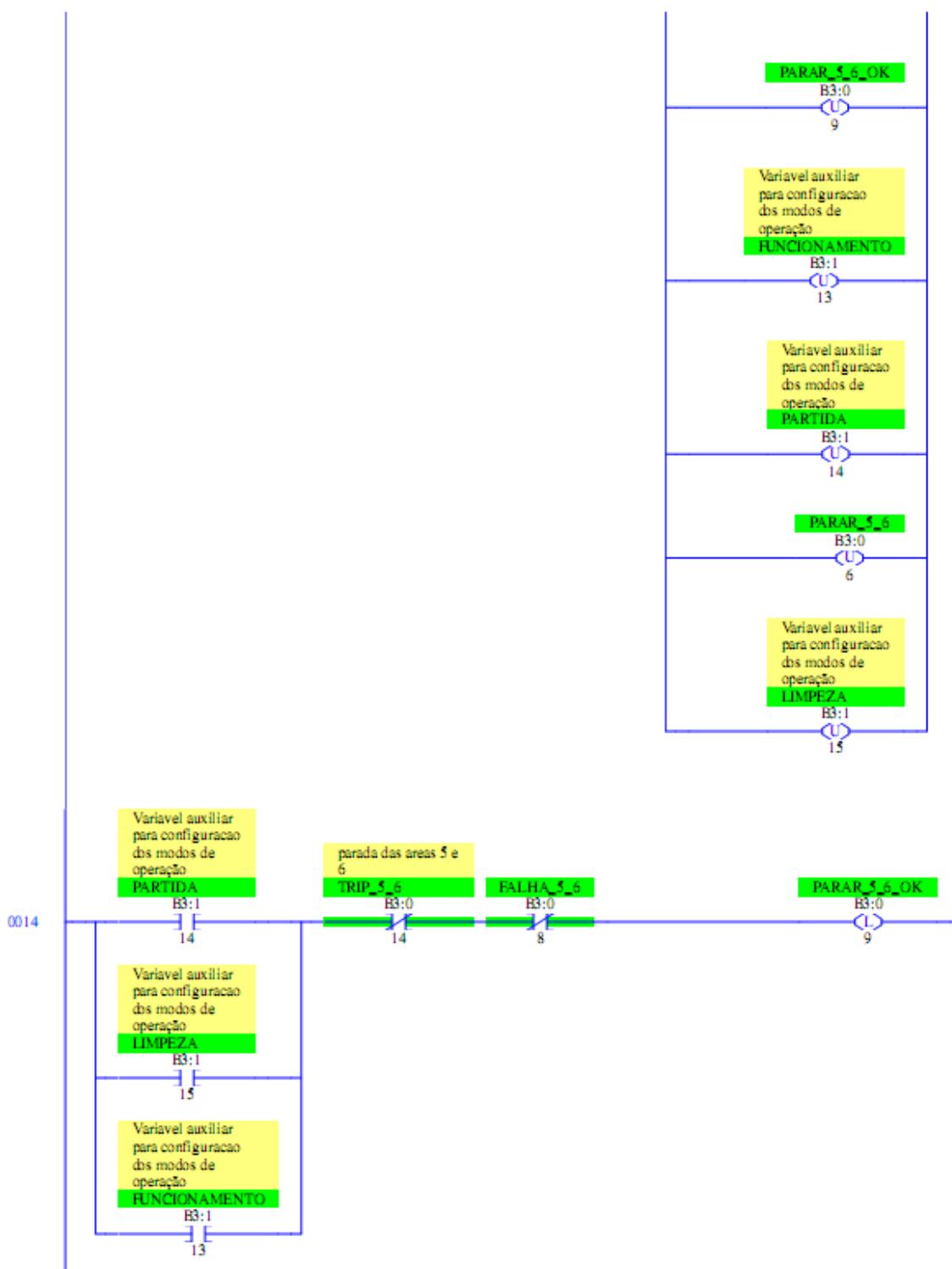


Figura 16. Ladder áreas 5 e 6 (parte 5)

A linha 0013 é a parada manual das áreas 5 e 6, realizada via supervisório.

A linha 0014 garante que o botão parar_5_6 fique visível quando a planta estiver um algum modo de funcionamento e sem falhas.

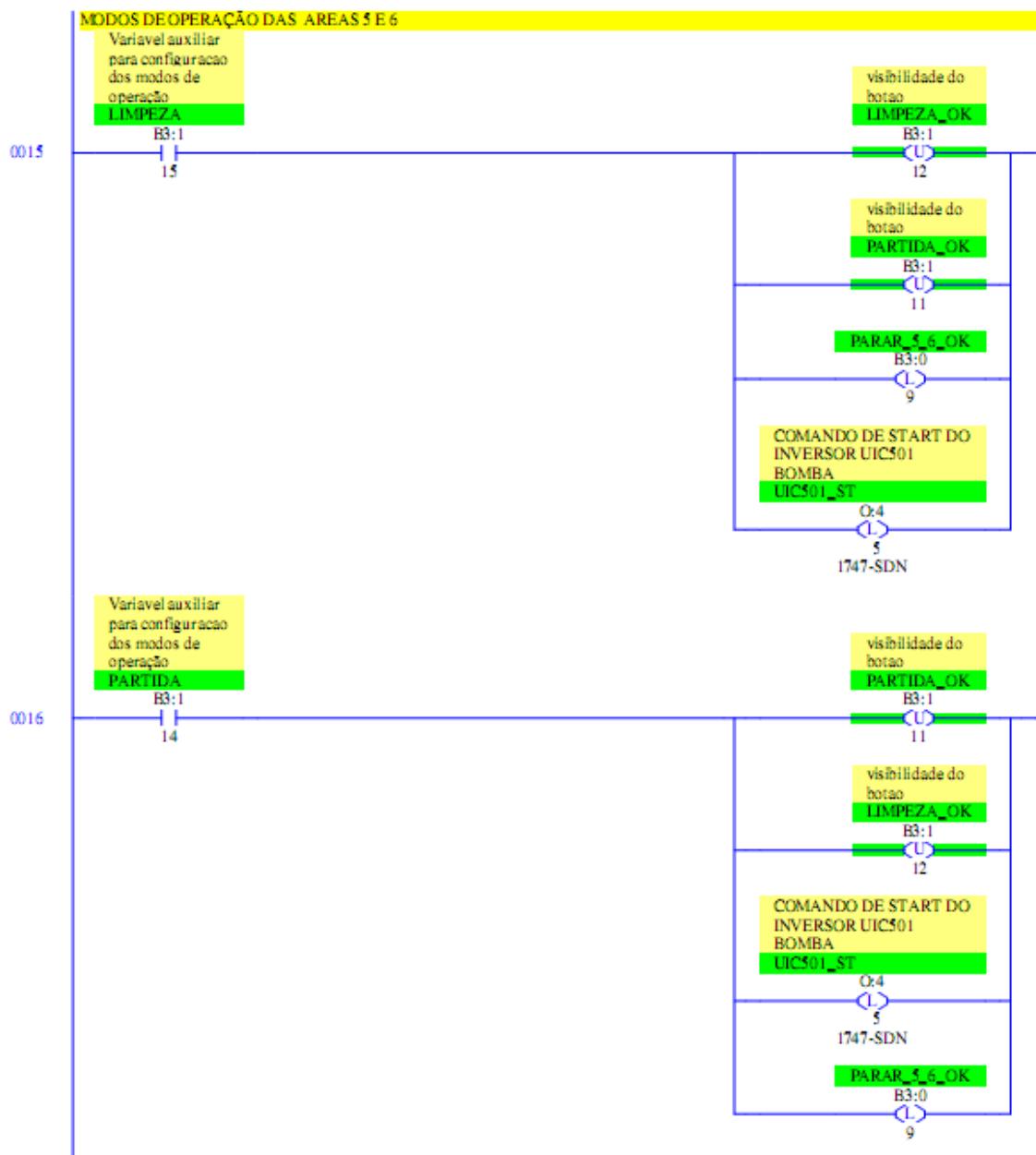


Figura 17. Ladder áreas 5 e 6 (parte 6)

A linha 0015 configura o modo de limpeza apagando os botões e ligando a bomba para circular água.

A linha 0016 configura o modo partida também ligando a bomba e apagando os outros botões.

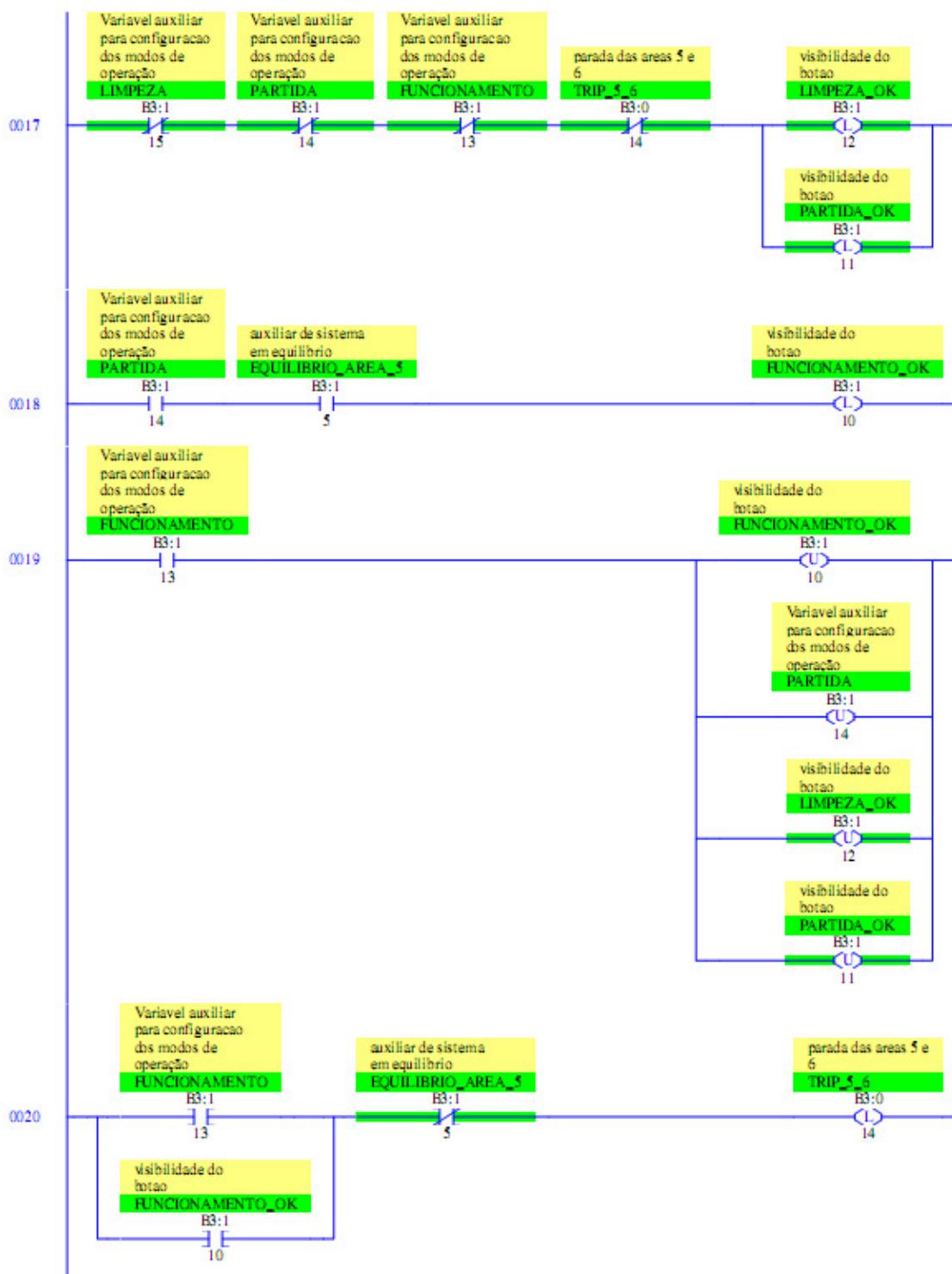


Figura 18. Ladder áreas 5 e 6 (parte 7)

A linha 0017 liga os botões limpeza e partida quando as áreas 5 e 6 não estiverem em outro modo e também não houver falhas.

A linha 0018 garante que quando a área 5 se equilibrar o botão de funcionamento ficara visível para que o operador possa iniciar a planta com o suco.

A linha 0019 configura o modo de funcionamento do sistema e apaga os outros botões.

A linha 0020 garante que, se o sistema em algum momento perder o equilíbrio, uma falha seja gerada.

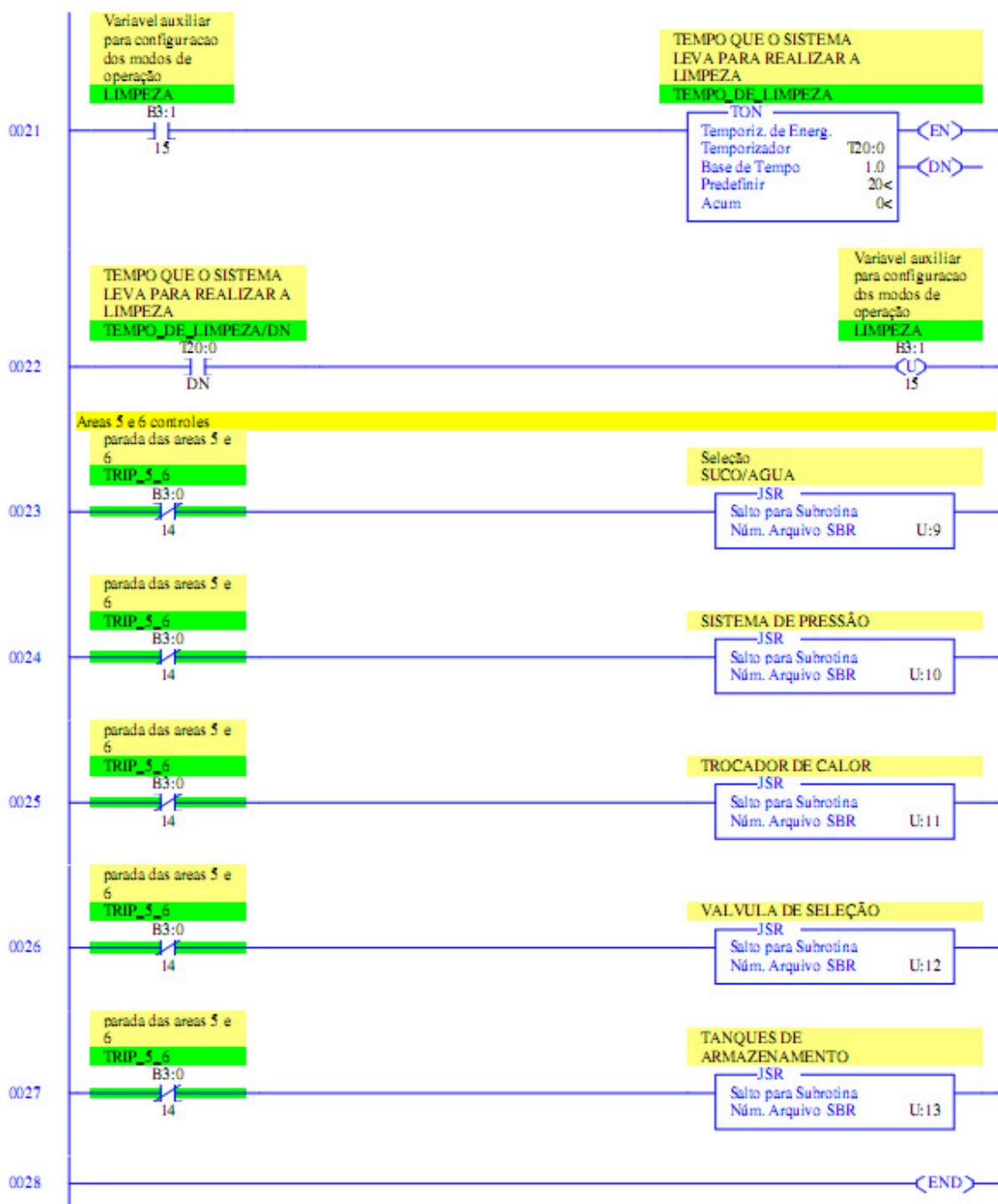


Figura 19. Ladder áreas 5 e 6 (parte 8)

As linhas 0021 e 0022 em conjunto garantem que o operador possa configurar um tempo de limpeza. Este será respeitado desde que o operador não pare essas áreas ou uma falha ocorra.

Menu do supervisório

A figura 20 abaixo é o menu do supervisório. É através dele que o operador pode realizar o início, parada da fábrica e configuração dos modos de operação. Ele é capaz de observar alguma possível falha, mesmo que esteja em outra tela.

As figuras 20 a), b), c) e d) constituem um único menu que se altera de acordo com a operação da planta.

A primeira linha onde aparece um “0” é reservada para o nome do usuário.

Na linha posterior estão a data e hora.

O quadrado onde está escrito “AREAS 1, 2 e 3” pode ser pressionado para abrir a tela correspondente à direita do menu.

O quadrado onde está escrito “AREAS 4, 5 e 6” pode ser pressionado para abrir a tela correspondente à direita do menu.

O botão “iniciar” (figura 20 a) parte as áreas 1, 2 e 3.

Os botões “parar” (figura 20 b) cessam as respectivas áreas.

Os botões “ignorar falha” (figura 20 c) aparecem (piscando em vermelho e preto) quando ocorre alguma falha na área.

Esta área é imediatamente parada. O operador deve verificar a falha na tela da área correspondente e então realizar a manutenção se necessária.

Só depois, a falha pode ser ignorada pressionando este botão.

Caso a falha não seja corretamente tratada, ao pressionar o botão, este irá reacender imediatamente impedindo que a área seja iniciada.

O tempo de limpeza pode ser configurado simplesmente inserindo o tempo desejado no campo indicado em segundos.

O botão limpeza inicia a limpeza, que pode ter o seu tempo transcorrido monitorado pelo campo de segundos passados.

O botão “Funcionamento” (figura 20 d) aparece quando as áreas 4, 5 e 6 são partida e a área 5 atinge o equilíbrio. Possibilitando que o suco seja bombeado.

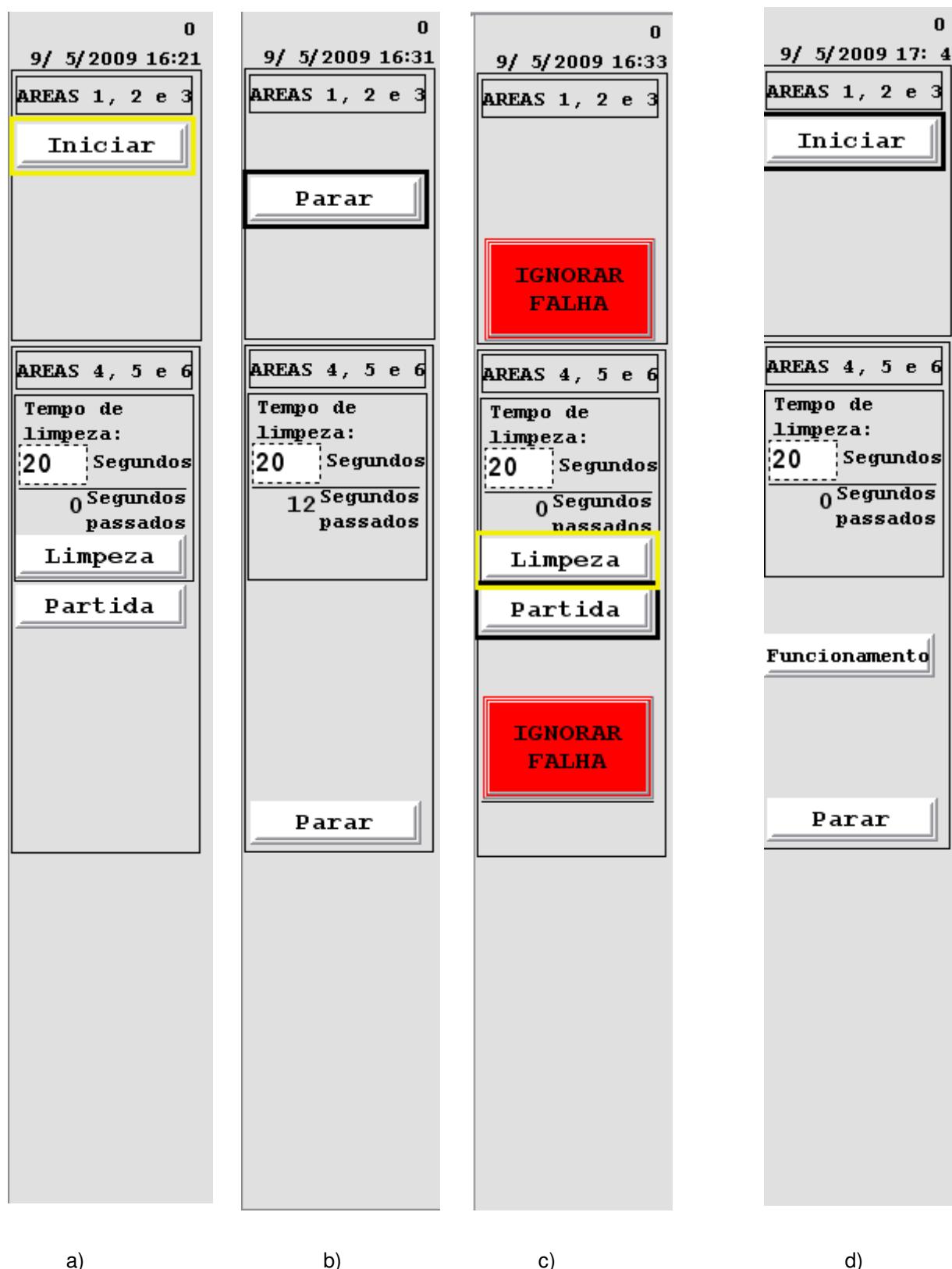


Figura 20. Menu do Supervisório

Estocagem dos frutos

A estocagem dos frutos é feita em silos. O silo é representado no fluxograma por “silo de estocagem – 1” como pode ser visto na figura 21 a seguir.

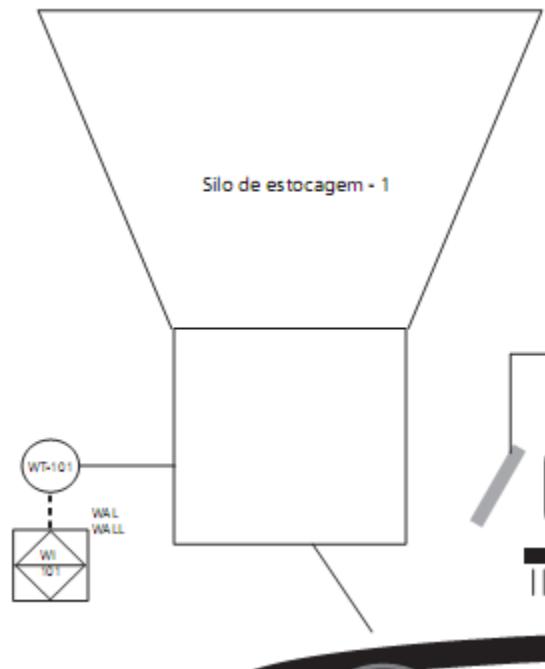


Figura 21. Silo de estocagem

O silo de estocagem que é carregado manualmente ou por máquina descarregando os frutos por cima.

Um transmissor WT-101 de peso encontra-se localizado no fundo da caixa de descarga dos frutos.

As laranjas passam por uma portinhola aberta manualmente e caem na esteira, sendo levados à área 2.

Também são adicionados dois alarmes WAL101 e WALL101.

Abaixo o programa ladder do silo (figura 22):

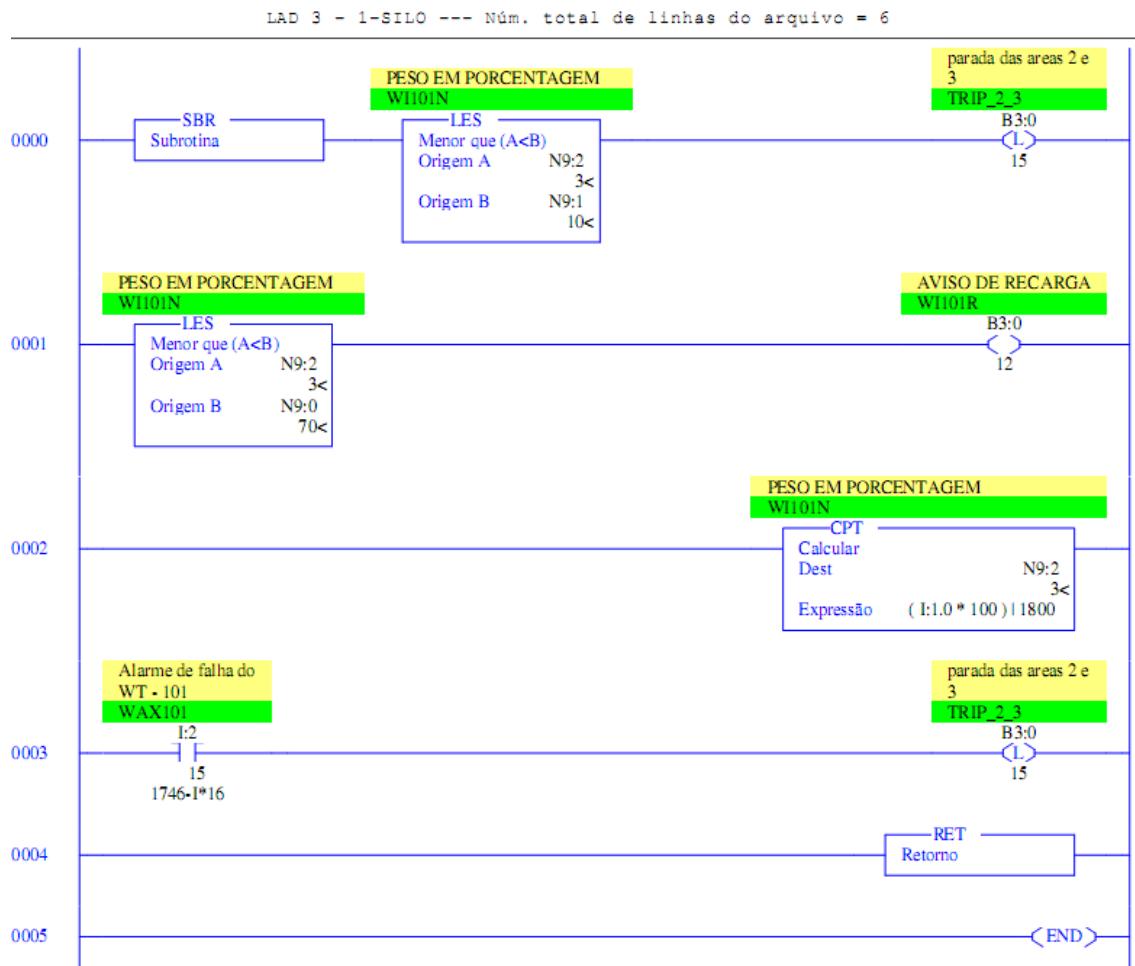


Figura 22. Ladder do silo de estocagem

A linha 0000 gera falha caso o peso (em porcentagem) esteja abaixo de WALL101 (limite de peso muito baixo).

A linha 0001 ativa o aviso de recarga caso o peso (em porcentagem) esteja abaixo do limite WAL101.

A linha 0002 normaliza o peso em função do Maximo do silo (exemplo em 1800) e multiplica por 100 para obter um peso em porcentagem.

Na linha 0003 Alarme de falha (WAX101) gera a falha.

A última linha retorna para o programa principal.

Abaixo o supervisório do silo (figura 23):

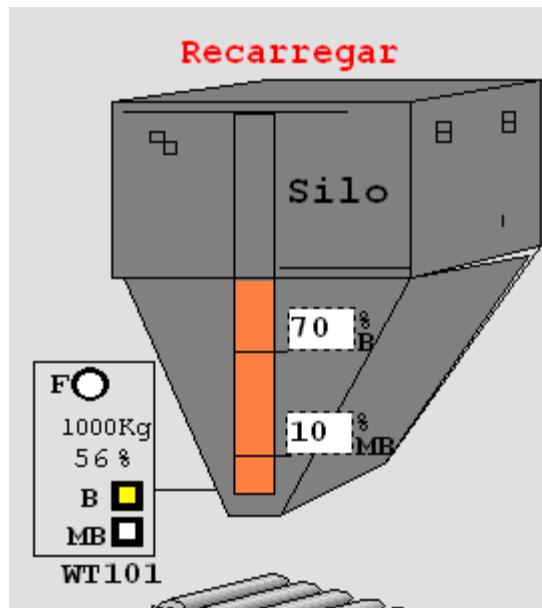


Figura 23. Supervisório do silo

A tag WI101 que simboliza o peso é indicada via supervisório em seu valor absoluto e em porcentagem.

O alarme de falha do instrumento (WAX101) é indicada via supervisório com uma luz piscante ao lado do “F”.

O alarme de peso baixo (WAL101) é indicado via supervisório com uma luz ao lado do B (baixo) e acende o requisito “recarregar”. O WAL101 pode ser ajustado no campo ao lado da barra de indicação de nível.

O alarme de peso muito baixo (WALL101) é indicado via supervisório com uma luz ao lado de MB (muito baixo). O WALL101 também pode ser ajustado no campo ao lado da barra de indicação de nível.

Limpeza e seleção dos frutos

Esta área é responsável pela limpeza e seleção manual de frutos.

Os frutos vindos da portinhola atravessam a esteira e são pulverizados com água clorada misturada com água quente reaproveitada do processo de pasteurização.

Intercalados com os bicos de pulverização estão as escovas com cerdas de nylon movidas por motores.

Ao final deste processo há operários selecionando os frutos que não se encontram de acordo com o padrão de qualidade.

São deixados vãos entre os rolos da esteira para que os frutos menores caiam em caixas situadas abaixo e sejam retirados do processo. Pois os frutos menores (que o tamanho adequado) podem ficar presos no extrator.

Escovas de limpeza

Cada um dos três motores das escovas conta com um inversor de freqüência.

Estes são ajustados localmente através de suas IHM's e se comunicam apenas com tags de status (ligado e desligado) e falhas de instrumentos.

Por isso são representados com uma chave que os comanda concomitantemente via supervisório.

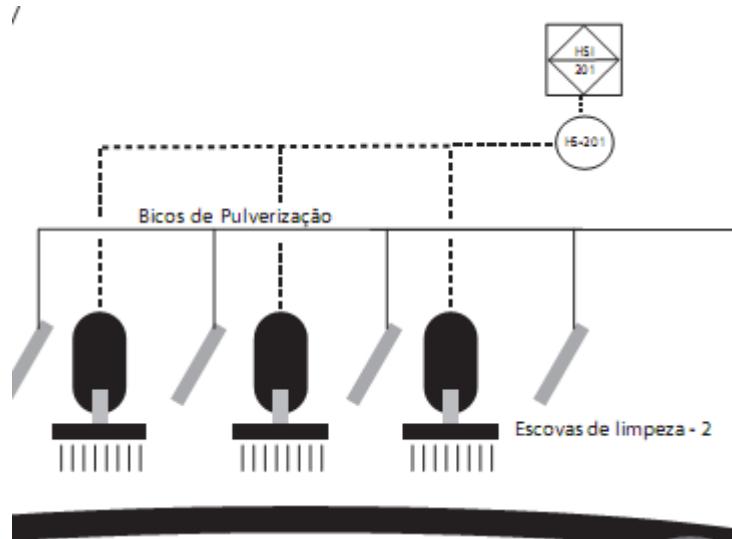


Figura 24. Escovas de limpeza

Abaixo o programa ladder das escovas de limpeza (figura 25):

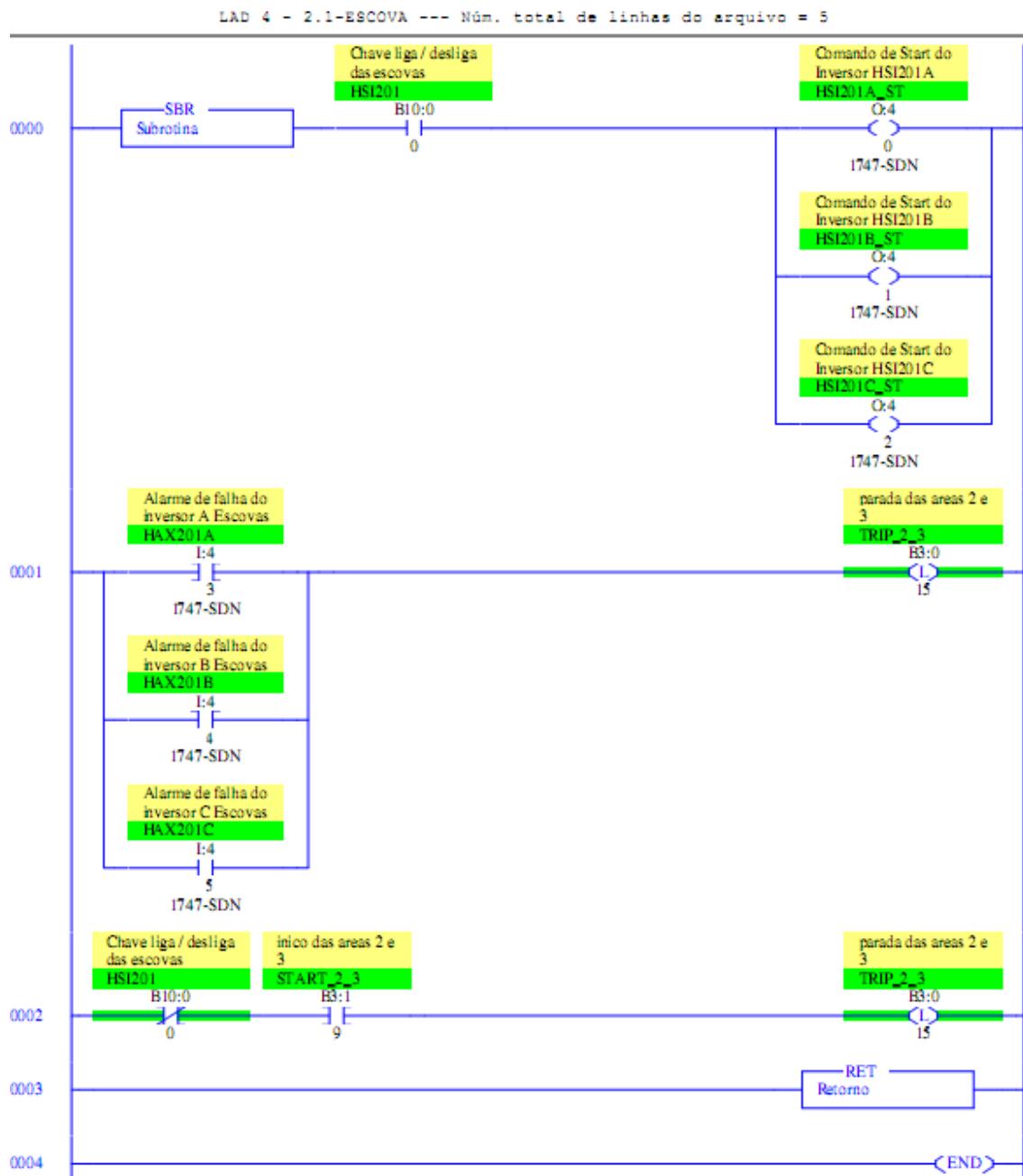


Figura 25. Ladder das escovas de limpeza

Na linha 0000 há a chave liga/desliga das escovas pode ser utilizada quando o sistema está desligado para alimentar os três motores.

Na linha 0001 a falha de qualquer um dos inversores das escovas gera a parada das áreas 1, 2 e 3.

Na linha 0002 caso a chave HSI201 desligue com as áreas em funcionamento é gerada uma falha.

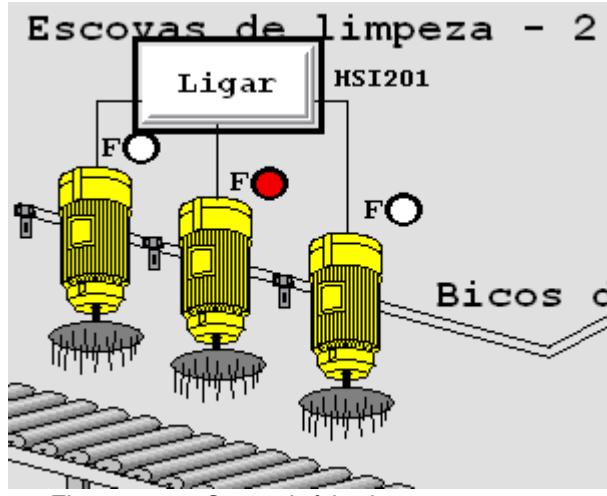


Figura 26. Supervisório das escovas

As tags de status (HSI201A , HSI201B, HSI201C) são indicadas separadamente pela cor dos motores.

Os alarmes de falha (HAX201A, HAX201B, HAX201C) dos respectivos inversores são indicados separadamente pelas luzes ao lado dos “F”.

O botão ligar permite ligar e desligar as escovas enquanto as áreas 1, 2 e 3 não estiverem em funcionamento. Este recurso permite fazer a manutenção e teste dos motores e cerdas com o sistema desligado.

Pulverização

A água quente, vinda do reaproveitamento da pasteurização, é misturada com a água fria por uma válvula de ajuste manual XV 203 com o objetivo de se obter uma água morna para a limpeza dos frutos.

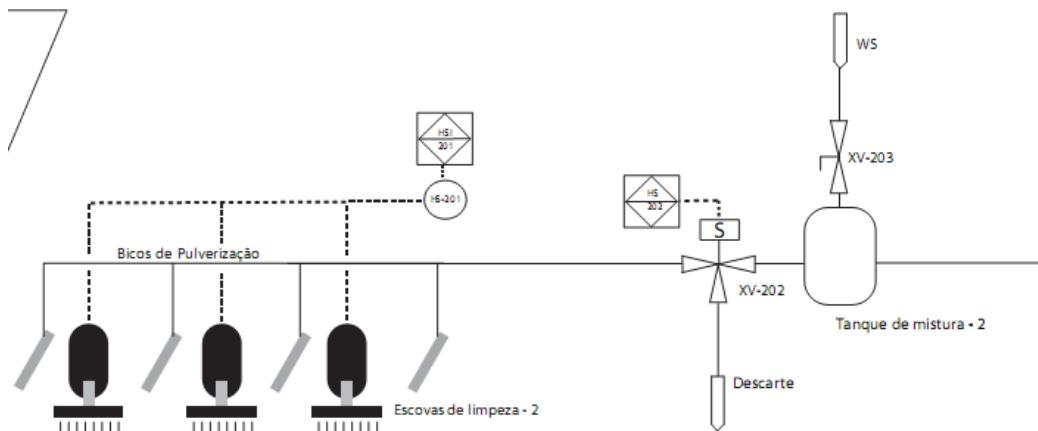


Figura 27. Sistema de pulverização

Abaixo o programa ladder do sistema de pulverização (figura 28):

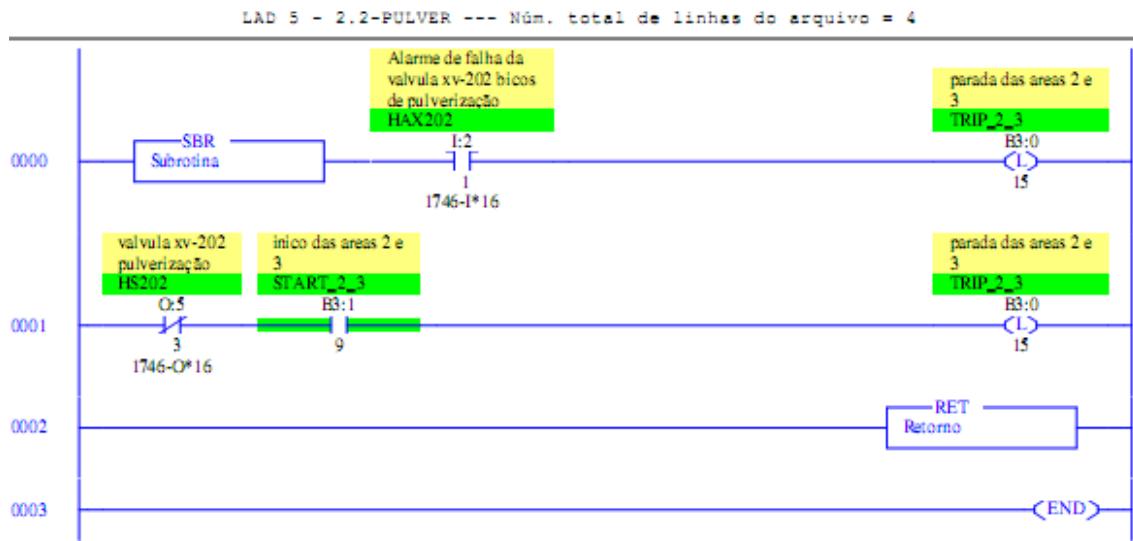


Figura 28. Ladder do sistema de pulverização

Após a mistura uma válvula XV 202 faz a seleção de descarte ou alimentação dos bicos.

Na linha 0001 o alarme de falha da válvula (HAX202) gera a parada das áreas 1, 2 e 3.

A linha 0001 para as áreas 1, 2 e 3 caso a válvula deixe de alimentar os bicos com o sistema ligado.

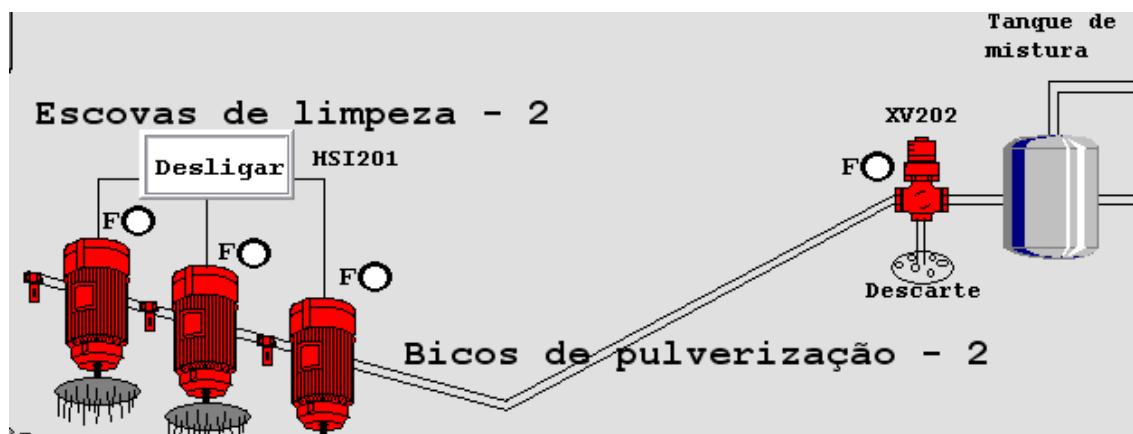


Figura 29. Supervisório do sistema de pulverização

A válvula XV202 e os bicos de pulverização (entre os motores) se tornam vermelhos indicando que estão ligados e flui água por eles.

O alarme de falha da válvula XV 202 é indicada via supervisório com a luz piscante ao lado do "F".

Esteira

A esteira é movimentada por um motor. Este motor é acionado por um inversor de freqüência representado pelo multi-variável UIC-201.

Este se comunica via Devicenet com o CLP.



Figura 30. Esteira

Abaixo o programa ladder da esteira (Figura 31 e 32):

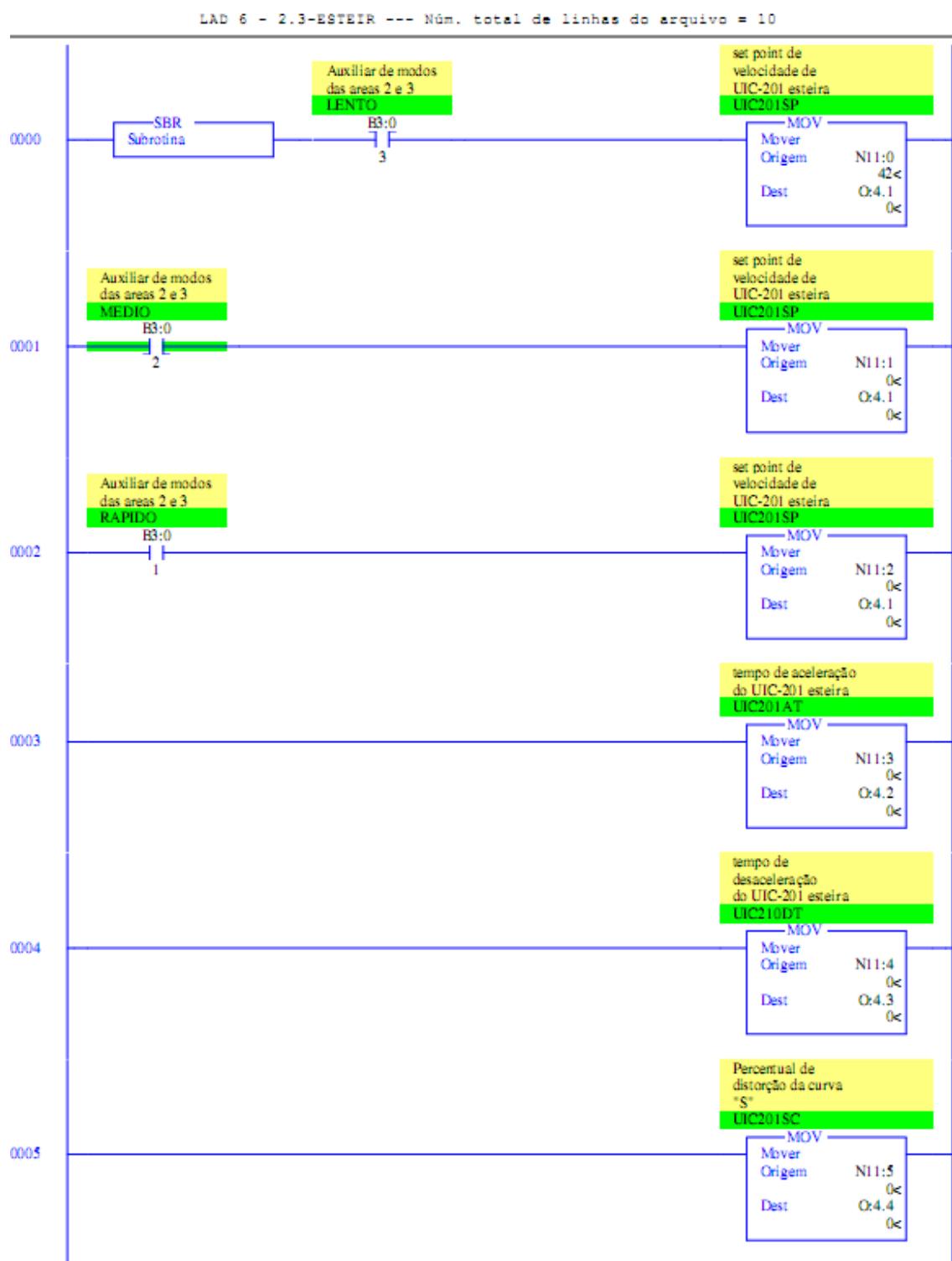


Figura 31. Ladder da esteira (parte 1)

As linhas 0000, 0001 e 0002 movimentam um dos valores (Lento, médio ou rápido) configurados para o *set point* de velocidade do inversor (UIC201SP).

As linhas 0003, 0004 e 0005 movimentam as variáveis UIC201AT, UIC201DT e UIC201SC para saída que é enviada ao inversor.

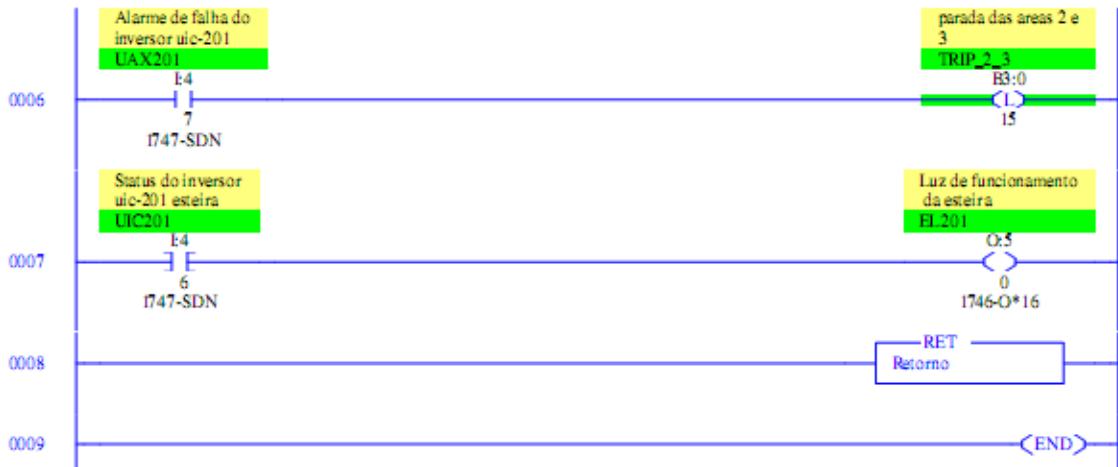


Figura 32. Ladder da esteira (parte 2)

A linha 0006 garante que o alarme de falha do inversor (UAX201) pare as áreas 1, 2 e 3.

A linha 0007 faz com que a luz local (EL301) fique acesa assim que o motor estiver funcionando, esta indicação tem o motivo de promover segurança no ambiente de trabalho.



Figura 33. Supervisório da esteira.

Acima do desenho do inversor está a velocidade do motor (UIC201S)

O funcionamento do motor pode ser visto através da sua cor vermelha. Quando estiver amarela indica que este está parado.

A lâmpada em haste acima é o status do motor e está apagada nesta figura, pois não havia motor para gerar o sinal de retorno.

A indicação da luz tem o motivo de promover segurança no ambiente de trabalho.

Ao pressionar o botão de “configurar” a tela da figura 31 aparece por cima da tela atual.

O alarme de falha do instrumento (UAX201) é indicado pela luz piscante ao lado do “F”.



Figura 34. Supervisorio do inversor UIC 201

Nesta tela o operador é capaz de configurar os valores do inversor através dos campos em branco. As tags UIC201AT, UIC201DT, UIC201SC e os três *set point* de velocidade podem ser visualizados nestes campos.

Extrator

Como introduzido existem dois principais tipos de extratores. Há obrigatoriedade de optar por um, pois a automação dos dois é diferente. O extrator tipo Brown apresenta maior simplicidade e se torna uma melhor opção. Este extrator é movido por um motor controlado por um inversor de freqüência (UIC-301).

Este se comunica via Devicenet com o CLP.

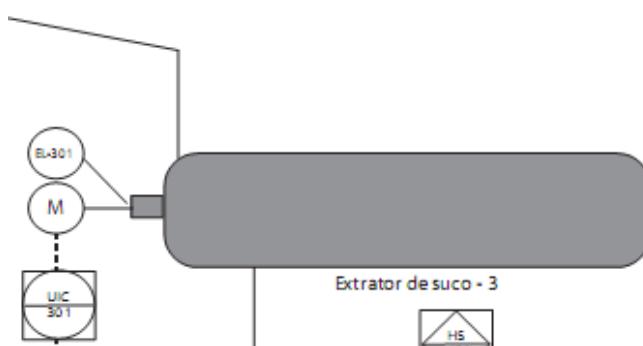


Figura 35. Extrator

Abaixo o programa ladder do extrator (figuras 36 e 37):

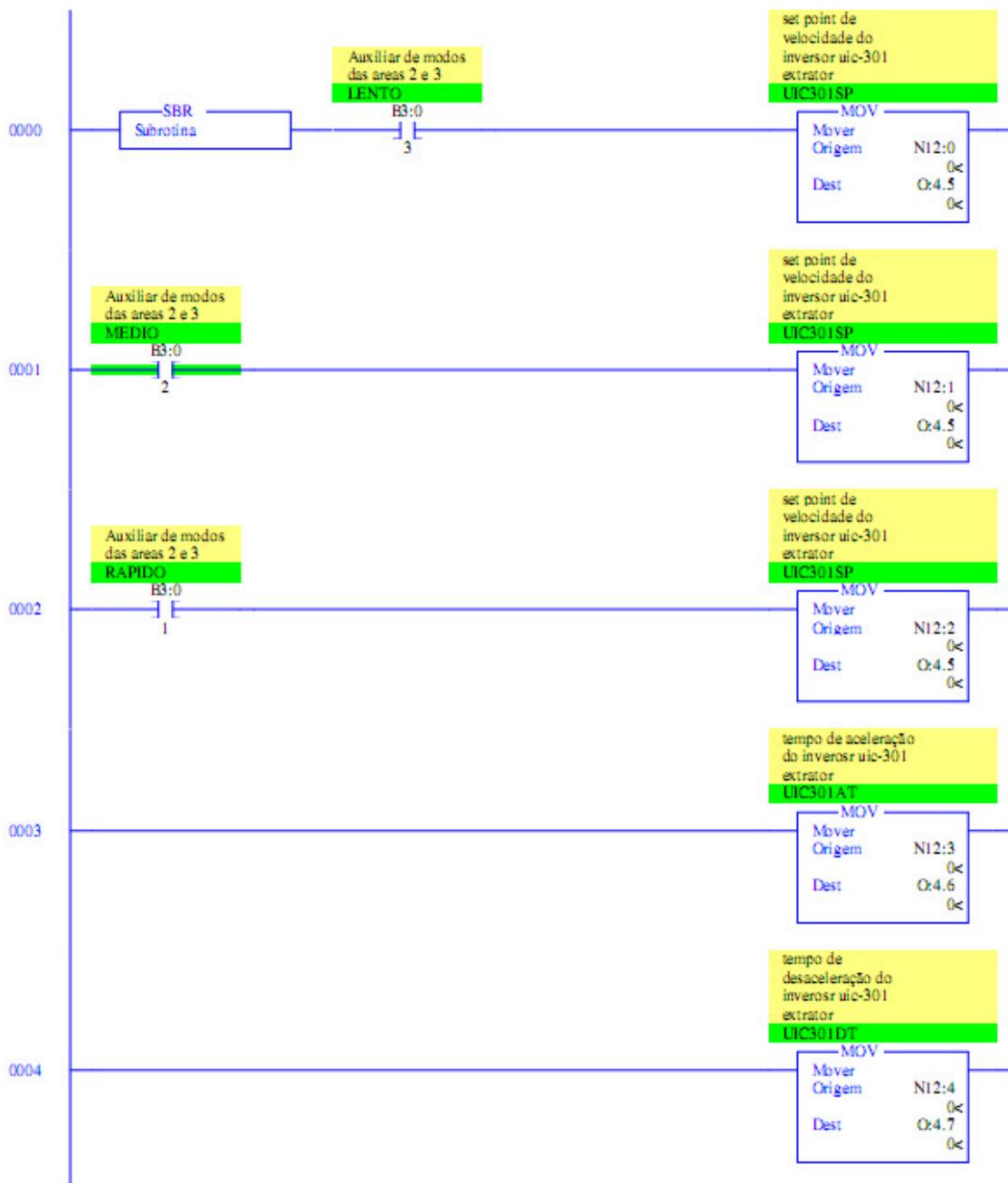


Figura 36. Ladder do extrator (parte 1)

As linhas 0000, 0001 e 0002 movimentam um dos valores (Lento, médio ou rápido) configurados para o *set point* de velocidade do inversor (UIC301SP).

As linhas 0003, 0004 e 0005 movimentam as variáveis UIC301AT, UIC301DT e UIC301SC para a saída que é enviada ao inversor.



Figura 37. Ladder do extrator (parte 2)

A linha 0006 garante que o alarme de falha do inversor (UAX301) pare as áreas 1, 2 e 3.

A linha 0007 faz com que a luz local (EL301) fique acesa assim que o motor estiver funcionando, esta indicação tem o motivo de promover segurança no ambiente de trabalho.

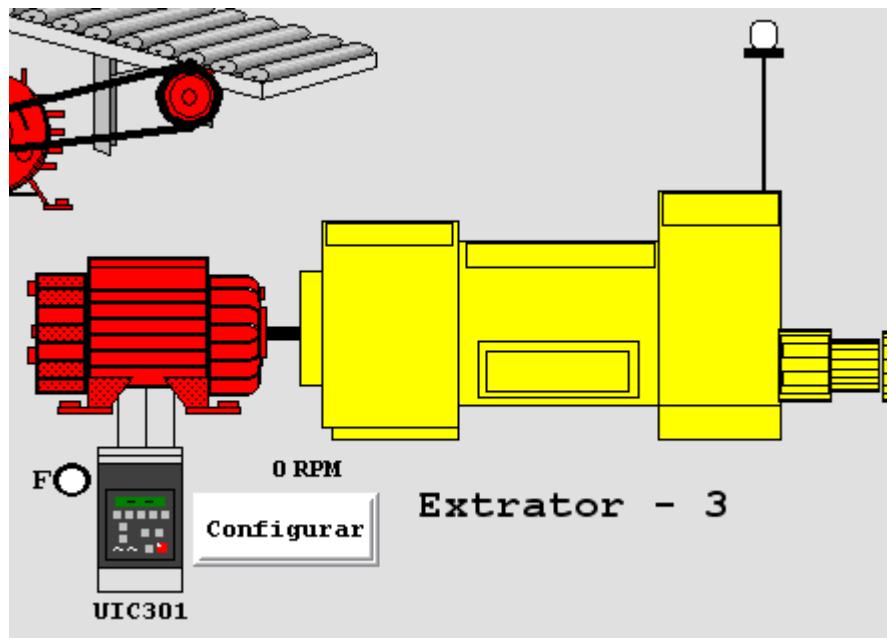


Figura 38. Supervisório do extrator

Acima do botão “configurar” está a velocidade do motor (UIC301S).

O funcionamento do motor pode ser visto através da sua cor vermelha. Quando estiver amarela indica que este está parado.

A lâmpada em haste acima do corpo do extrator é o status do motor e está apagada nesta figura, pois não havia motor para gerar o sinal de retorno.

A indicação da luz tem motivo de promover segurança no ambiente de trabalho.

Ao pressionar o botão de “configurar” a tela da figura 35 aparece por cima da tela atual.

O alarme de falha do instrumento (UAX301) é indicado pela luz piscante ao lado do “F”.



Figura 39. Supervisório do inversor UIC 301

Nesta tela o operador é capaz de configurar os valores do inversor através dos campos em branco. As tags UIC201AT, UIC201DT, UIC201SC e os três *set point* de velocidade podem ser visualizados nestes campos.

Suco Cru (Armazenamento e filtragem)

Logo que o suco sai do extrator, ele flui para o tanque de suco cru.

Em seguida deste tanque há um filtro que ajusta o teor de polpa em virtude da qualidade do produto e também da fluidez do suco na tubulação a seguir.

Monitoramento do nível do tanque

Um sensor (LT-401) monitora o nível e envia um sinal para o CLP. O símbolo LYI401 representa uma lógica que define 4 níveis de reservatório.

Os níveis são ajustados pelas tags LALL401, LAL401, LAH401 e LAHH401, por exemplo: 10%, 20%, 70% e 95%. Estes valores devem ser crescentes respectivamente.

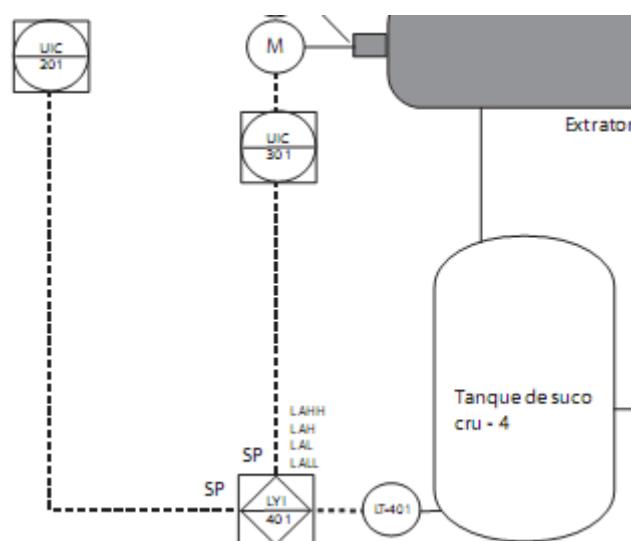


Figura 40. Monitoramento do nível do tanque de suco cru

Abaixo o programa ladder do tanque de suco cru (figuras 41 e 42):

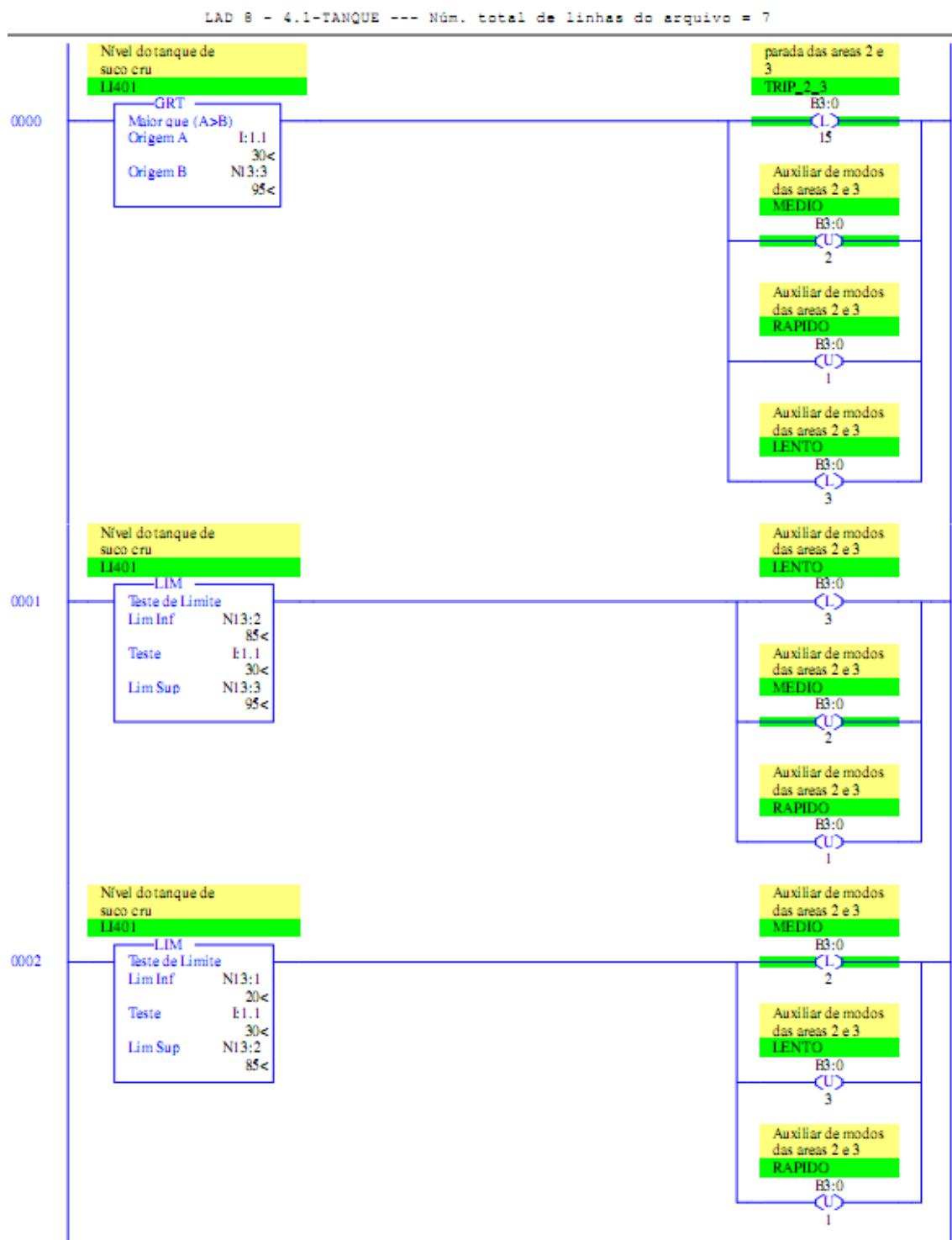


Figura 41. Ladder do tanque de suco cru (parte 1)

Na linha 0000, quando o nível estiver entre LAHH401 e 100% o sistema para as áreas 2 e 3 para que o tanque não se encha completamente e vaze.

Na linha 0001, quando o nível estiver entre LAH401 e LAHH401 o sistema envia os *Set points* para UIC201 e UIC301 na velocidade “lento” para evitar um enchimento demasiado.

Na linha 0002, quando o nível estiver entre LAL401 e LAH401 é enviado os *Set points* para UIC201 e UIC301 na velocidade “médio” ao objetivar manter o nível de suco.

Na linha 0003, quando o nível estiver entre LALL401 e LAL401 o sistema envia os *Set points* para UIC201 e UIC301 na velocidade “rápido” para que tanque se encha.

Na linha 0004, quando o Nível estiver entre 0% e LALL401 o sistema cessa as áreas 5 e 6 e evita a falta de suco e que entre ar na bomba.

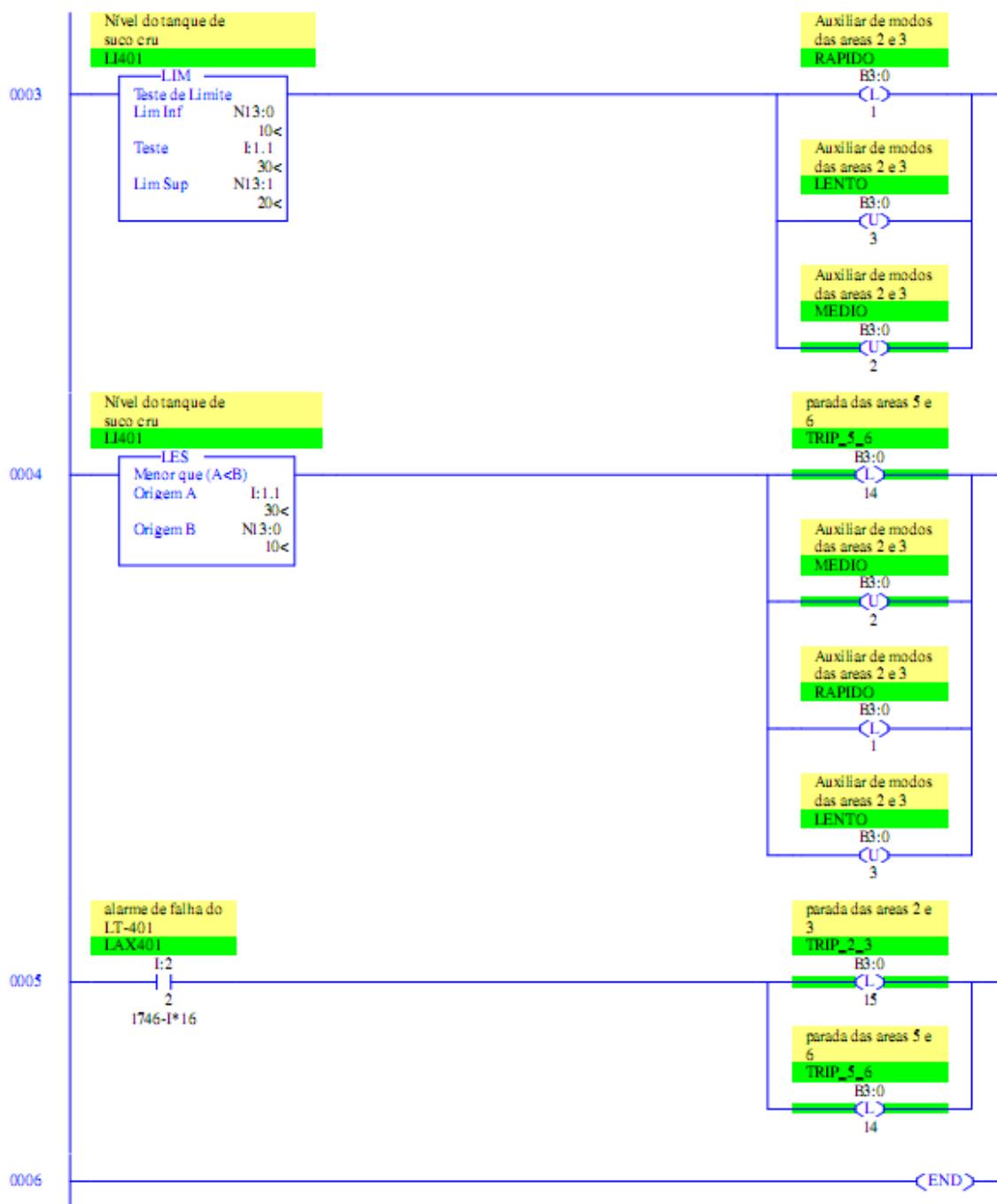


Figura 42. Ladder do tanque de suco cru (parte 2)

Na linha 0005, o alarme de falha do sensor cessa todas as áreas.

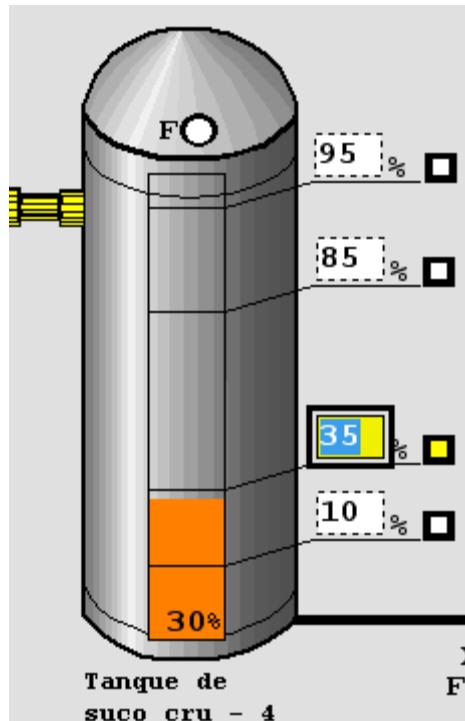


Figura 43. Supervisório do tanque de suco cru

As porcentagens dos alarmes do tanque são ajustáveis nos campos em branco, deste modo o operador pode adequar o projeto ao funcionamento da planta.

Todos os alarmes são representados com luzes que piscam ao lado do campo de porcentagem.

O alarme de falha do sensor de nível (LAX401) aparece em cima do tanque ao lado do "F".

Válvula de Suco/Água

A válvula XV 401 é parte da configuração dos modos de operação da área 5 e 6.

Quando selecionada em água, ainda com a bomba desligada, o operador pode fechar o fluxo de água e realizar a limpeza do filtro – 4.

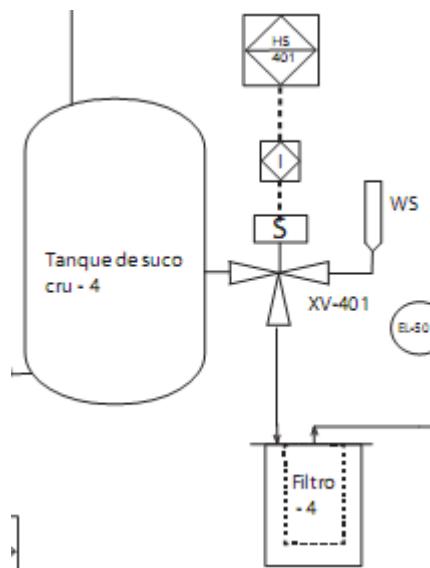


Figura 44. Válvula suco/água

Abaixo o programa ladder da válvula de suco/água (figura 45):

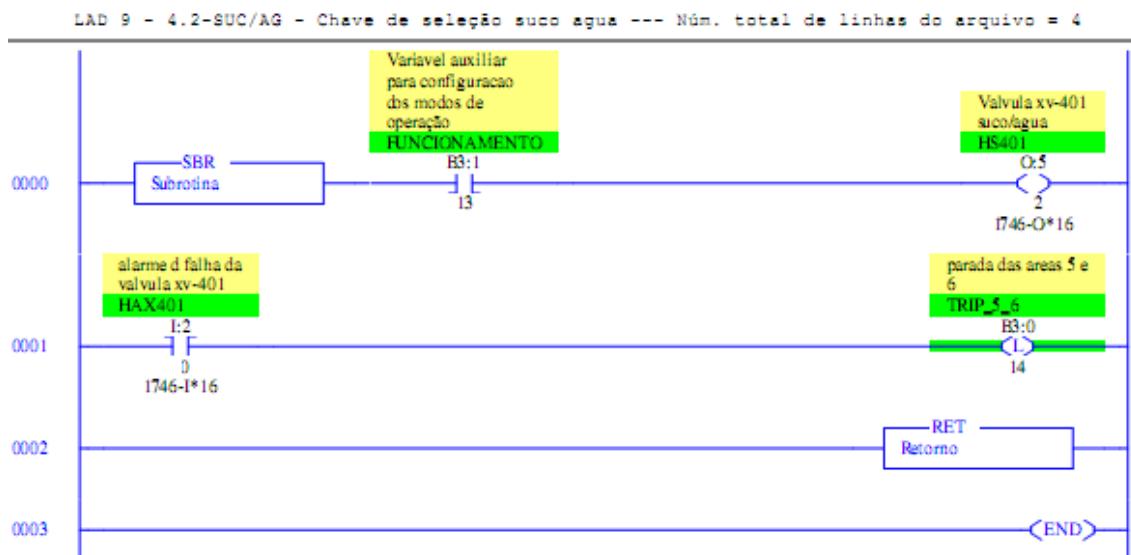


Figura 45. Ladder da Válvula suco/água

Na linha 0000, quando o sistema passa para modo “Funcionamento” a válvula muda para suco.

A linha 0001 garante que as áreas 5 e 6 parem caso haja falha de operação (HAX401) da válvula XV 401.

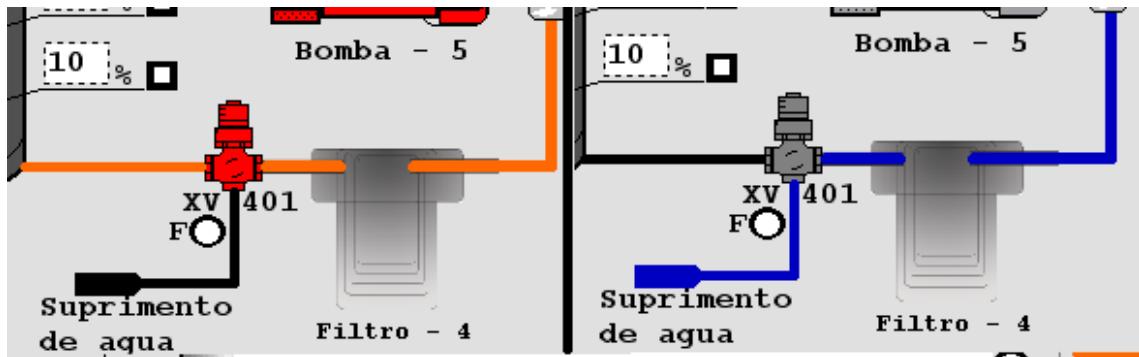


Figura 46. Supervisório da Válvula suco/água

A válvula aparece na figura acima em seus dois estados, suco e água respectivamente.

Seu alarme de falha (HAX401) é representado pela luz piscante ao lado do “F”.

Pasteurização

A pasteurização é a parte mais complexa da fábrica.

Primeiramente a bomba e o sistema de pressão são configurados pelo inversor para manter a pressão dentro de certa faixa de trabalho.

Com a água passando pelos trocadores os PIDs atuam até se estabilizarem e então a planta passa a funcionar processando o suco.

Sistema de pressão

A pressão no sistema é monitorada por três sensores PT-501, PT-502 e PT-503 posicionados nas partes mais críticas do processo.

São estas: após a bomba e após cada trocador de calor.

Onde o entupimento ou a alteração de temperatura podem provocar maiores mudanças na pressão.

Os sinais dos sensores são enviados ao CLP que (em PY-501) seleciona o maior entre eles e utiliza-o como limite para o controle do sistema.

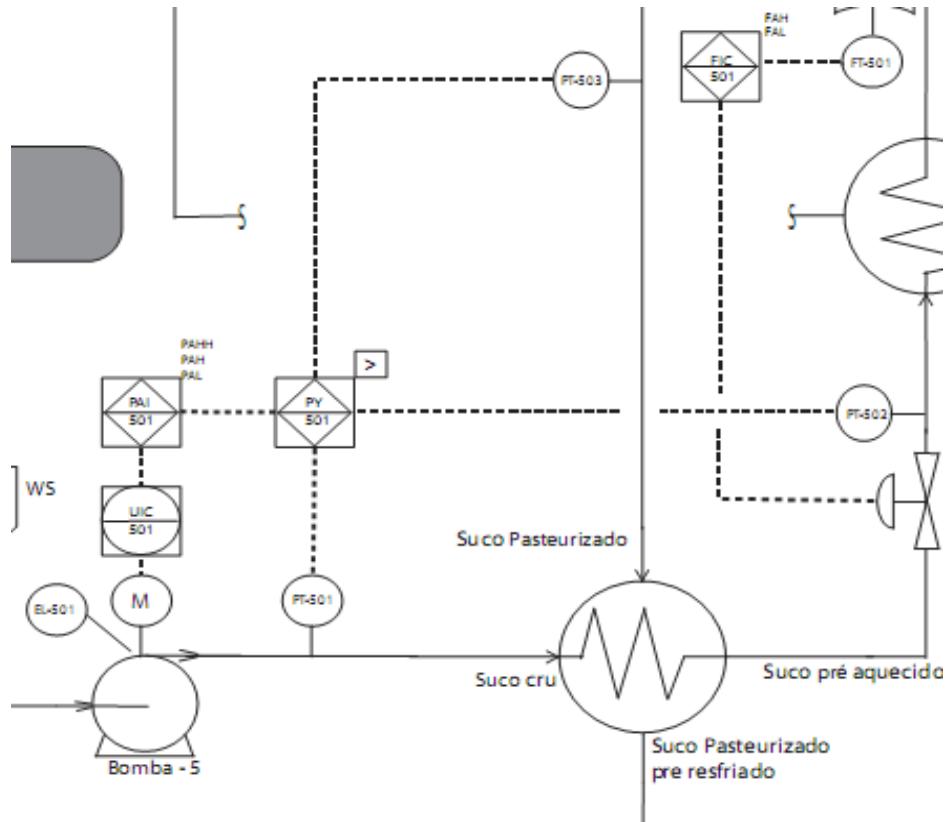


Figura 47. Sistema de pressão

Abaixo o programa ladder do sistema de pressão (figuras 48 e 49):

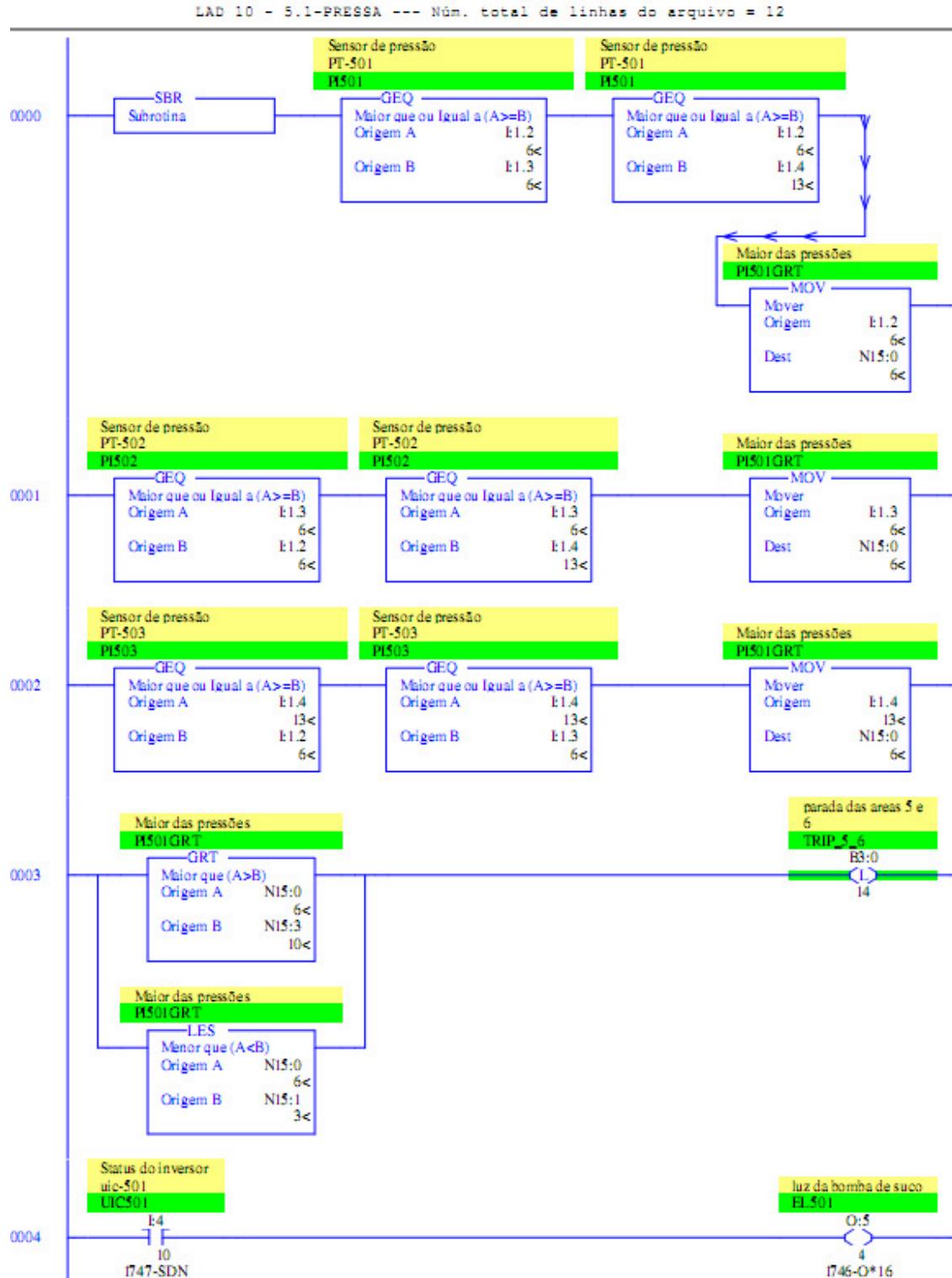


Figura 48. Ladder do sistema de pressão (parte 1)

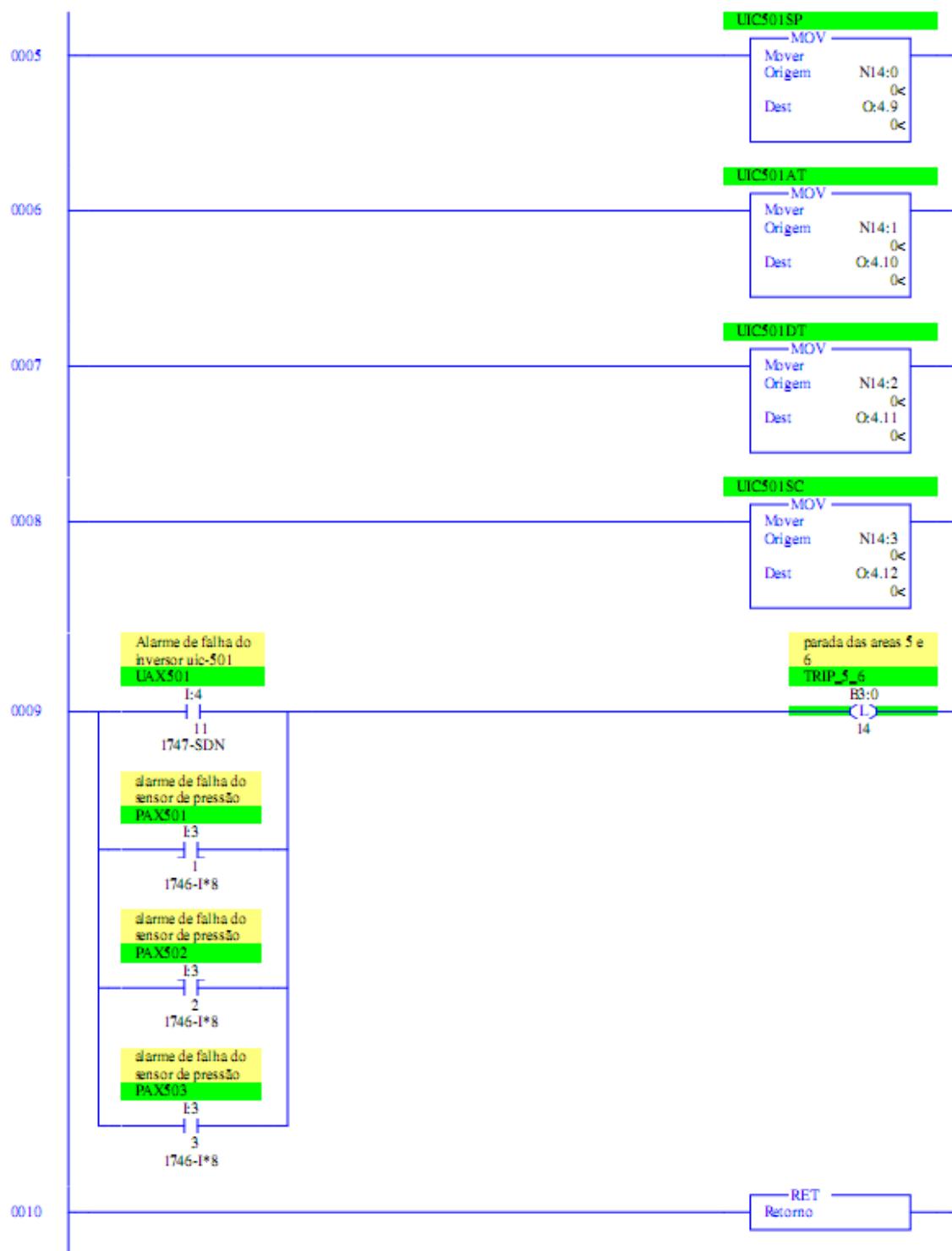


Figura 49. Ladder do sistema de pressão (parte 2)

Nas linhas 0000, 0001 e 0002 são comparadas as pressões e escolhida a maior.

Na linha 0003 caso essa pressão não esteja dentro de um limite estabelecido por (PAHH501 e PAL501) o sistema é parado.

A linha 0004 liga a luz quando o motor está funcionando, por motivos de segurança.

As linhas de 0005 a 0008 movem as variáveis para a saída configurando o inversor de freqüência.

A linha 0009 pára as áreas 5 e 6 caso ocorra uma falha do inversor ou de algum dos sensores de pressão.

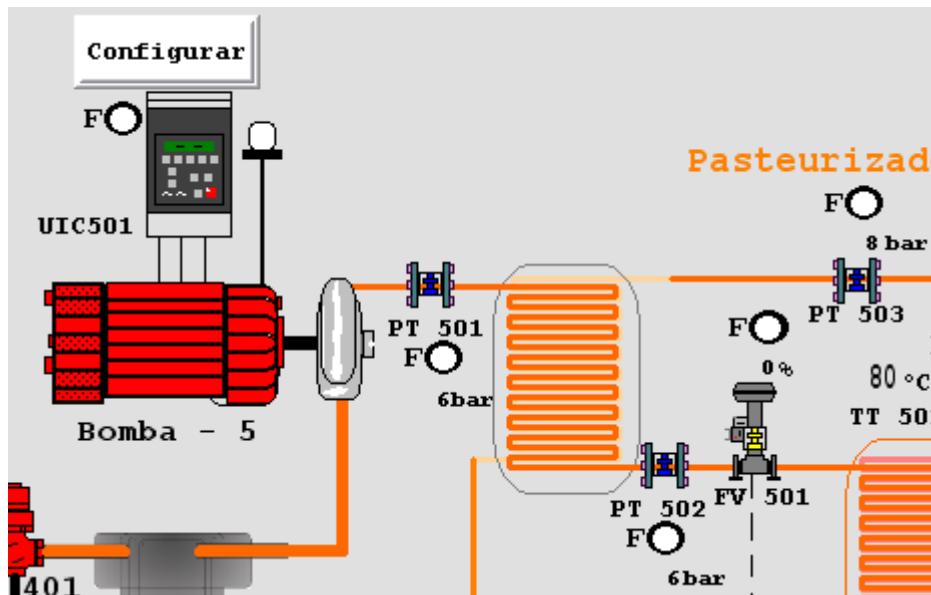


Figura 50. Supervisório do sistema de pressão

As pressões são individualmente indicadas em cada um dos três sensores.

Cada sensor conta também com uma luz que mostra a sua falha.

O funcionamento da bomba é indicado pela sua cor vermelha.

A falha do inversor é assinalada por uma luz de falha ao lado.

A luz em cima da bomba (EL-501) indica o funcionamento local da bomba e está apagada por falta de sinal de retorno do motor.

O botão “configurar” abre uma tela em cima da tela atual (figura 51).

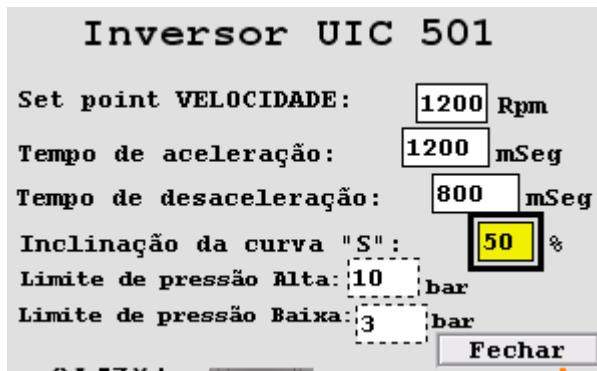


Figura 51. Supervisório do inversor UIC 501

Os alarmes de pressão, limite de pressão alta (PAHH501) e limite de pressão baixa (PAL501) são ajustados e indicados nesta tela.

Aqui também são ajustados os parâmetros de operação do inversor de freqüência da bomba de suco (UIC501SP, UIC501AT, UIC501DT e UIC501SC).

Trocadores de Calor

O primeiro trocador de calor, por onde o suco passa, tem apenas a função de economizar energia. Tanto no aquecimento do suco, quanto no resfriamento após a pasteurização.

O segundo trocador de calor recebe o suco pré-aquecido e libera o suco pasteurizado.

Para garantir o controle do processo de pasteurização e a qualidade do produto, fazem-se necessárias garantias quanto à temperatura e o tempo de exposição a esta.

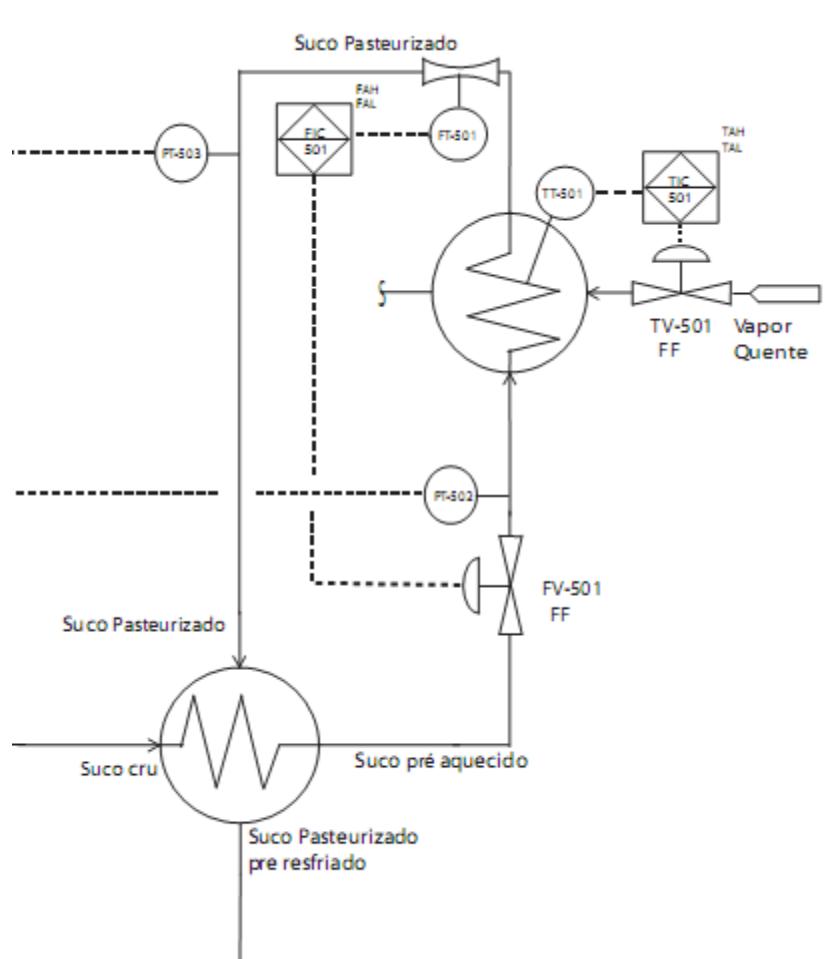


Figura 52. Trocadores de calor

O FT – 501 monitora o fluxo de suco (FIC501PV) e através do controlador PID (FIC – 501), atuando em FV – 501 (FIC501MV), garante um fluxo próximo do esperado (FIC501SP) e assim um tempo de exposição à temperatura adequado.

O TT – 501 monitora a temperatura de suco (TIC501PV) e através do controlador PID TIC - 501, atuando em TV – 501 (TIC501MV), garante um fluxo de vapor quente suficiente para manter a temperatura do processo dentro do esperado (TIC501SP).

Os dois PIDs envolvidos devem funcionar de forma paralela neste processo, já que qualquer um dos limites desrespeitados (tempo de exposição ou temperatura) invalida a qualidade do produto.

Abaixo o programa ladder dos trocadores de calor (figuras 53, 54 e 55):

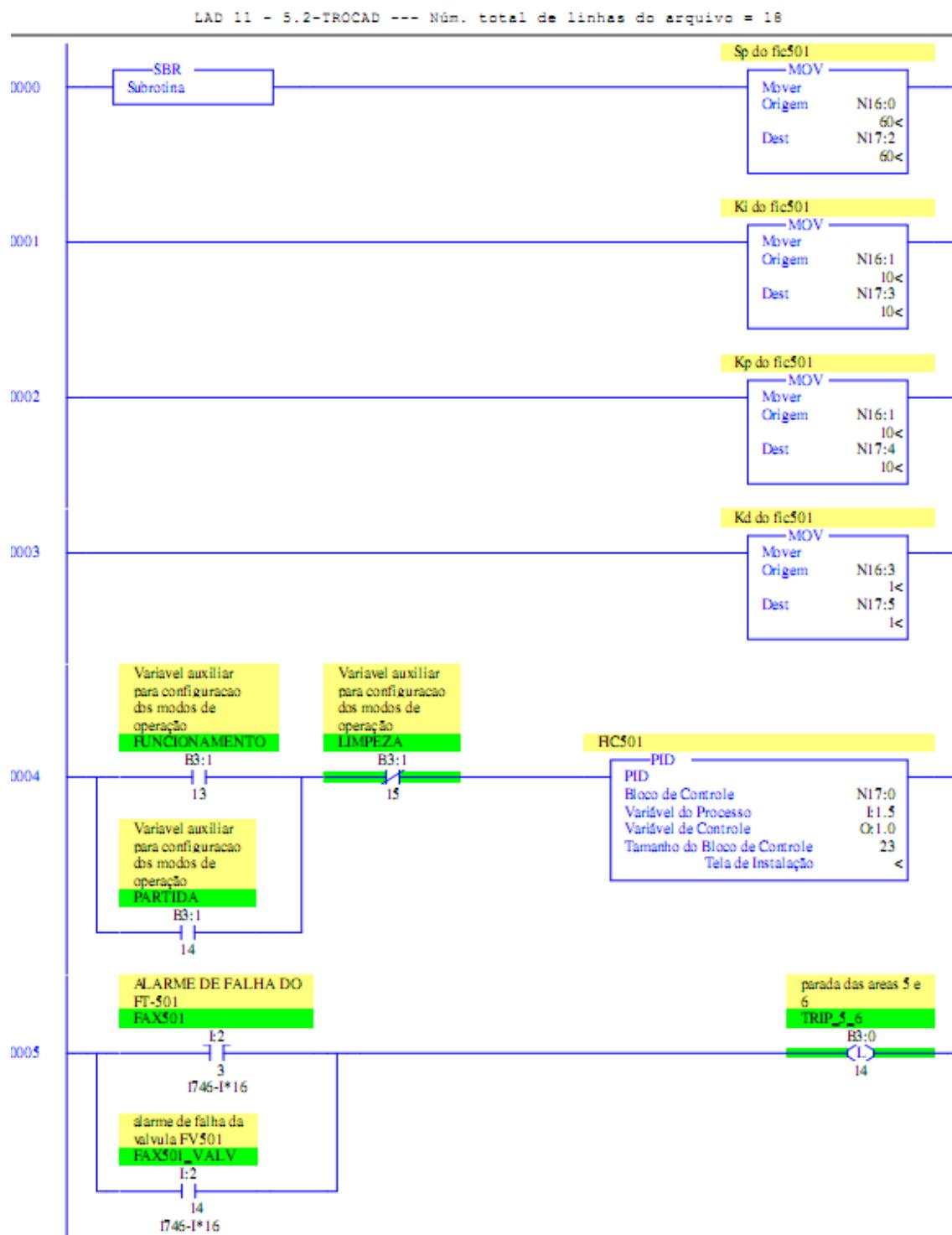


Figura 53. Ladder dos trocadores de calor (parte 1)

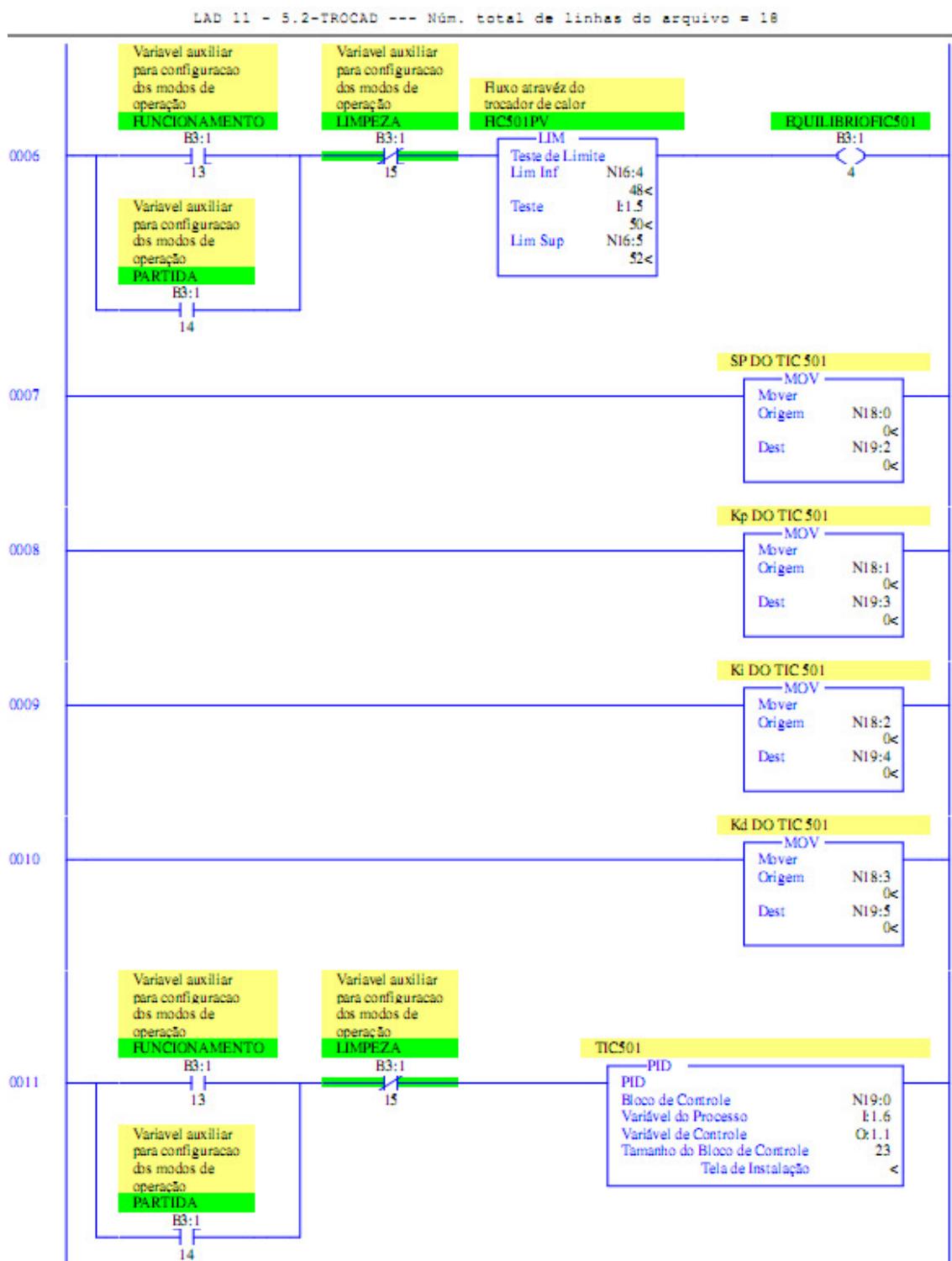


Figura 54. Ladder dos trocadores de calor (parte 2)

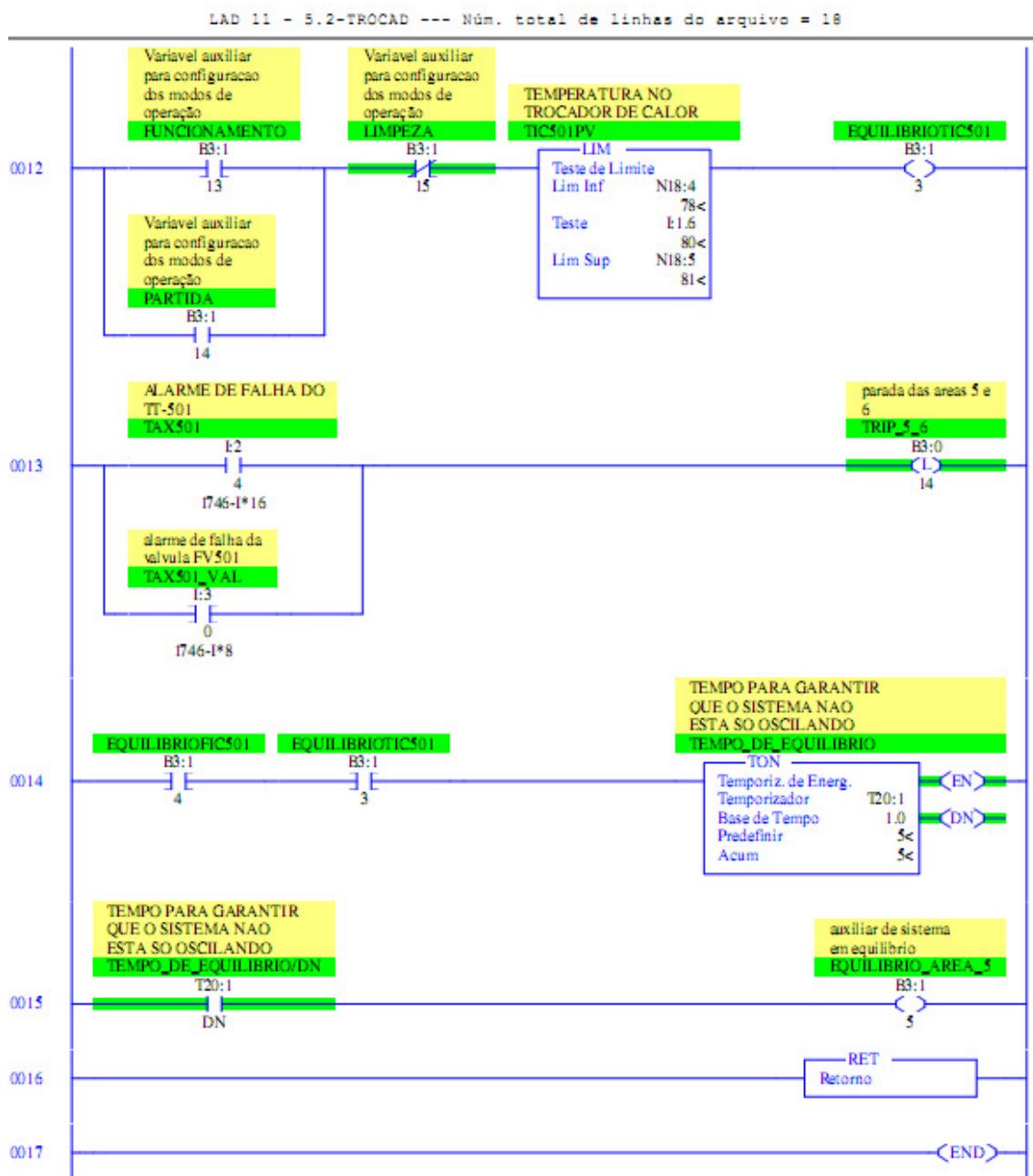


Figura 55. Ladder dos trocadores de calor (parte 3)

As linhas 0000 a 0003 movem as variáveis para dentro do bloco do PID do FIC 501.

A linha 0004 garante que o PID só atue em modos “partida” e “funcionamento”.

A linha 0005 pára as áreas 5 e 6 caso ocorra a falha do sensor ou válvula.

A linha 0006 ativa o equilíbrio do FIC501 enquanto estiver dentro dos limites estabelecidos.

As linhas 0007 a 0010 movem as variáveis para dentro do bloco do PID do TIC501.

A linha 0011 garante que o PID só atue em modos “partida” e “funcionamento”.

A linha 0012 ativa o equilíbrio do TIC501 enquanto estiver dentro dos limites estabelecidos.

A linha 0013 para as áreas 5 e 6 caso ocorra a falha do sensor ou válvula.

A linha 0014 conta o tempo de equilíbrio estabelecido, assim que atingido o equilíbrio nos dois PID. Só então ativa o equilíbrio da área 5 liberando a planta para modo funcionamento.

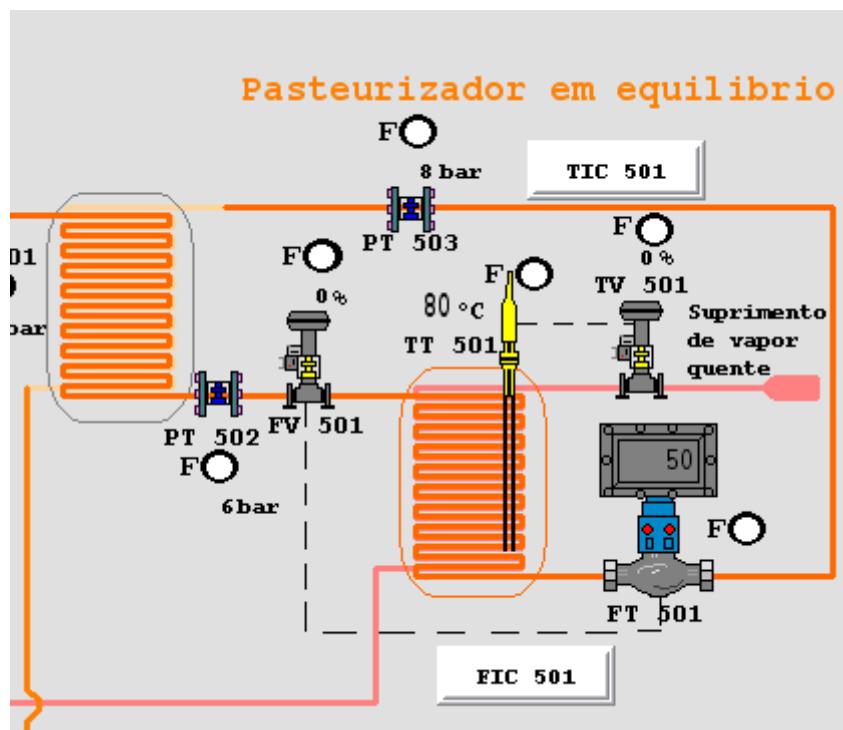


Figura 56. Supervisório dos trocadores de calor

A temperatura de TT 501 é indicada ao seu lado e sua luz de falha está em cima.

O fluxo de FT 501 é indicado em cima e sua luz de falha é ao lado.

As duas válvulas têm seus posicionamentos e suas luzes de falha indicadas em cima.

Os botões TIC 501 e FIC 501 dão acesso a telas que aparecem em cima da tela atual (figuras 57 e 58 respectivamente).

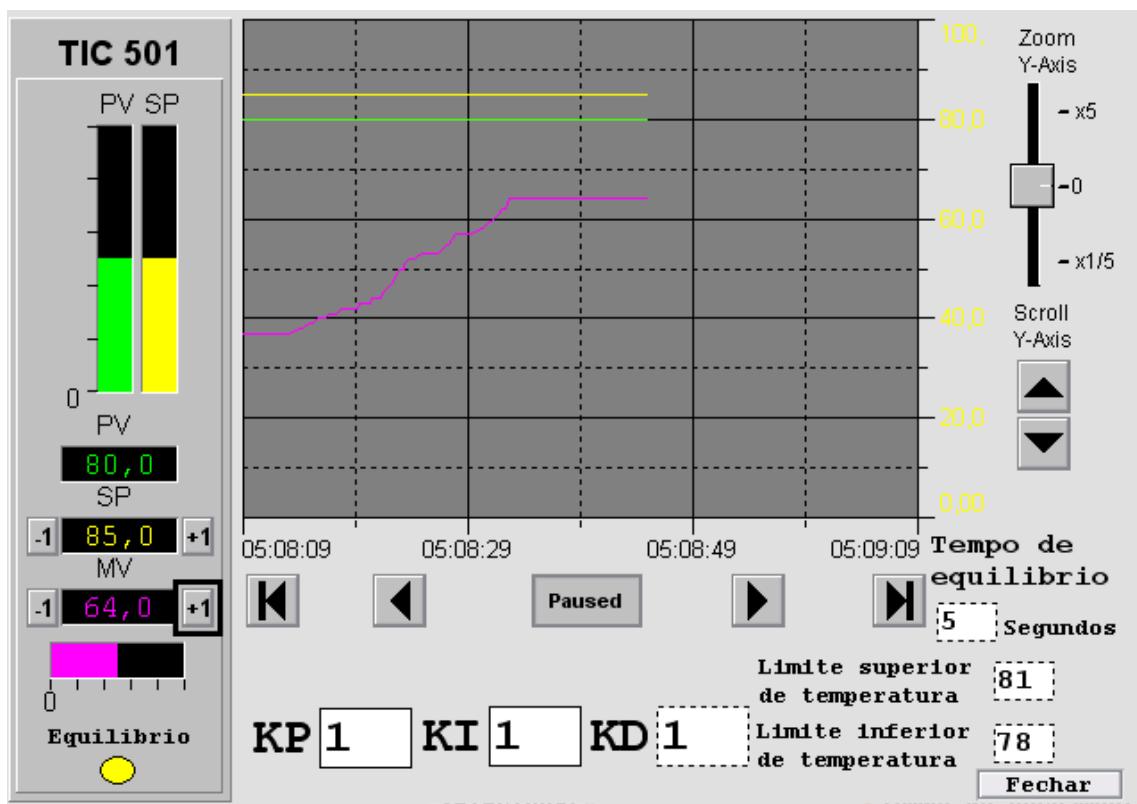


Figura 57. Supervisório do TIC 501

No lado esquerdo pode-se ajustar o set point, forçar a MV manualmente e visualizar a PV. A luz que indica o equilíbrio do sistema dentro dos limites, mesmo que temporário.

Abaixo se podem configurar os valores de KP (base 1), KI (base 1) e KD (base 0,1).

No canto inferior direito pode-se configurar tempo de equilíbrio da área 5, e os limites superior e inferior de temperatura.

Acima foi posicionado um gráfico que permite visualizar o comportamento do PID de forma geral.

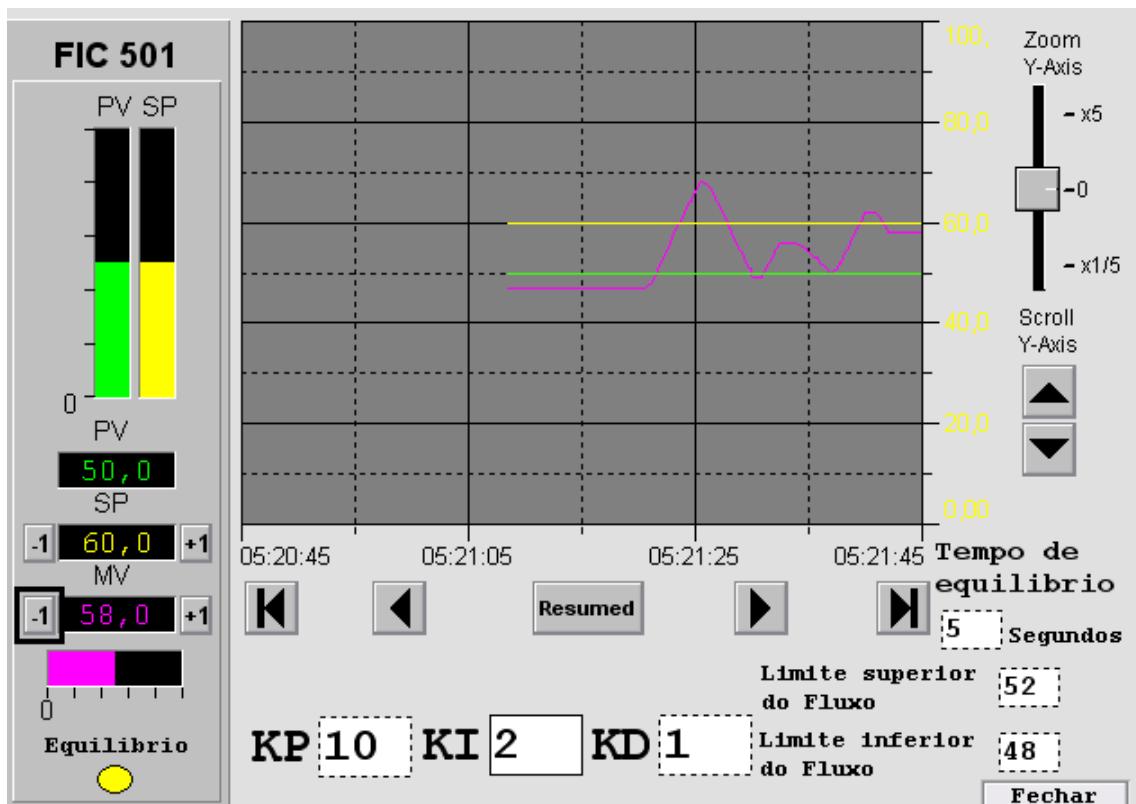


Figura 58. Supervisório do FIC 501

No lado esquerdo pode-se ajustar o set point, forçar a MV manualmente e visualizar a PV. A luz que indica o equilíbrio do sistema dentro dos limites, mesmo que temporário.

Abaixo se podem configurar os valores de KP (base 1), KI (base 1) e KD (base 0,1).

No canto inferior direito pode-se configurar tempo de equilíbrio da área 5, e os limites superior e inferior do fluxo.

Acima foi posicionado um gráfico que permite visualizar o comportamento do PID de forma geral.

Armazenamento

Esta área é responsável pelo armazenamento do suco já processado.

Nela há dois tanques que recebem o suco e garantem que o operário possa manipulá-los.

Também se encontra uma válvula que escoa a água presente no sistema quando este entra em modo “Funcionamento”.

Ainda no final é representada uma envasadora.

Válvula de seleção

A válvula XV 601 seleciona descarte quando a planta estiver em modo “Limpeza” ou “Partida”.

A válvula XV 601 muda para posição dos tanques ($HS601 = 1$) quando as condições de temperatura estiverem entre TAH501 e TAL501 e as de fluxo entre FAL501 e FAH501 (modo de “Funcionamento”) e após um tempo de escoamento.

Este é o tempo que o suco leva para passar pelos tubos e chegar até a válvula XV 601 ao sair do tanque de suco cru.

O atraso causado pelo tempo mencionado garante que não vá água para os tanques de armazenamento.

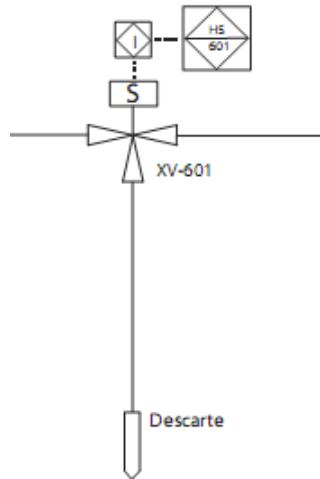


Figura 59. Válvula de seleção

Abaixo o programa ladder da válvula de seleção (figura 60):

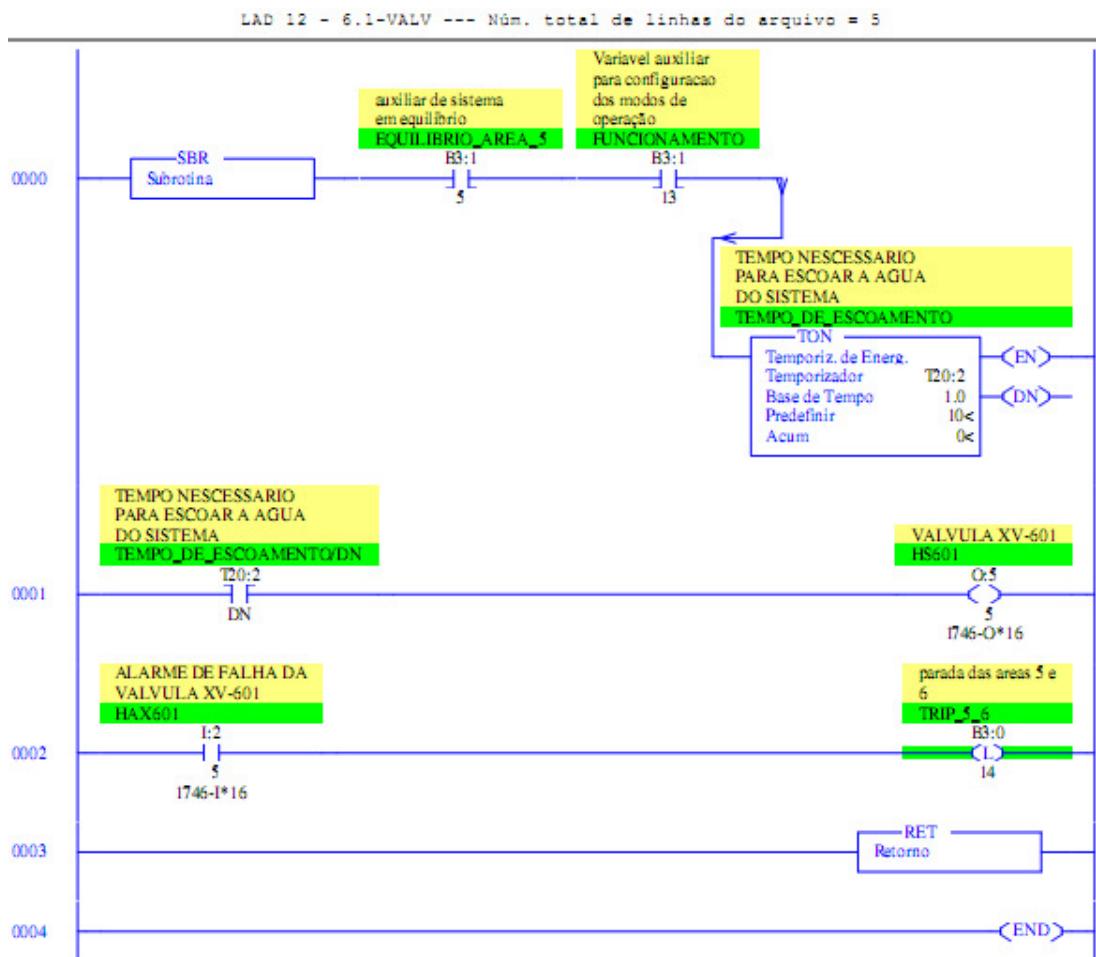


Figura 60. Ladder da válvula de seleção

As linhas 0000 e 0001 garantem que assim que for atingido o equilíbrio da área 5 e acionado o funcionamento seja transcorrido o tempo de escoamento.

A linha 0002 gera a parada das áreas 5 e 6 caso ocorra a falha da válvula.



Figura 61. Supervisório da válvula de seleção

A figura da esquerda mostra a válvula quando em funcionamento antes de se passar o tempo de 10 segundos. A da direita depois.

A falha da válvula é indicada pela luz ao lado do "F".

O tempo de escoamento pode ser ajustado no campo branco indicado.

Tanques de armazenamento

As válvulas XV 602 e XV 603 funcionam segundo uma lógica específica e a partir da seleção do usuário.

Os níveis dos tanques são monitorados pelos sensores LT-601 e LT-602, que representam sensores de nível simples de contato (semelhante às bóias) LAHH601, LAH601, LAHH602 e LAH602.

O símbolo de inter-travamento representa uma lógica específica que direciona o fluxo para o tanque que o usuário escolher (indicado e escolhido via supervisório), desde que este não esteja com o nível muito alto (LAHH).

As luzes EL-601 e EL-602 servem de aviso aos operários.

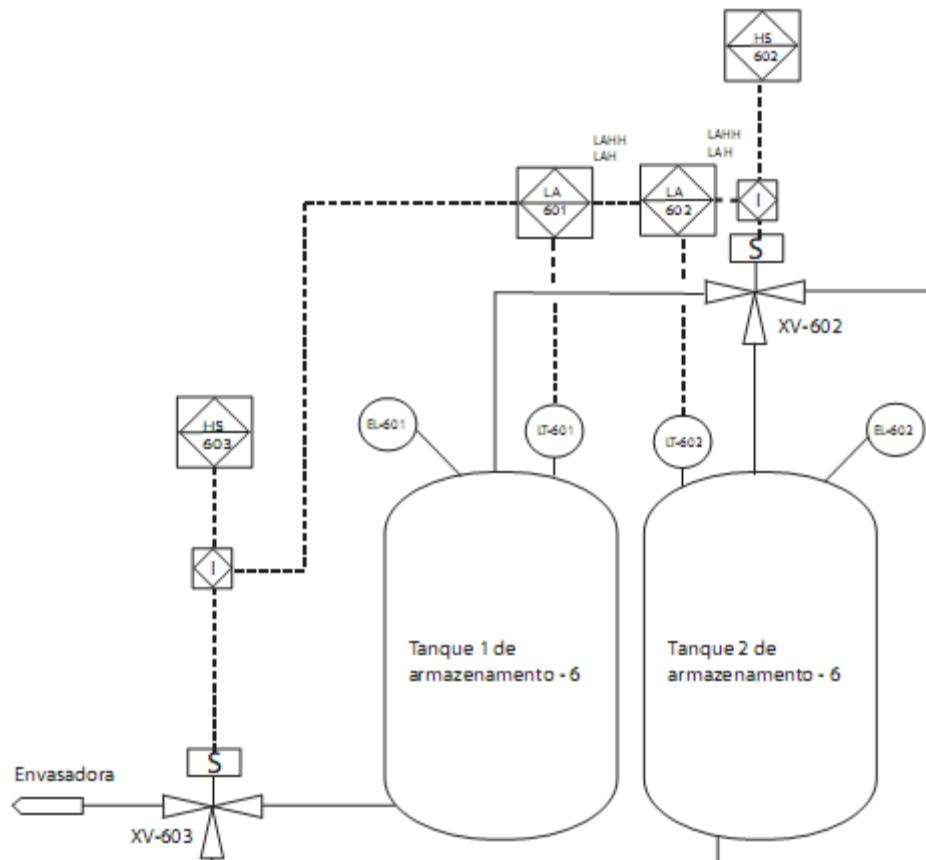


Figura 62. Tanques de armazenamento

Abaixo o programa ladder dos tanques de armazenamento (figuras 63 até 68):

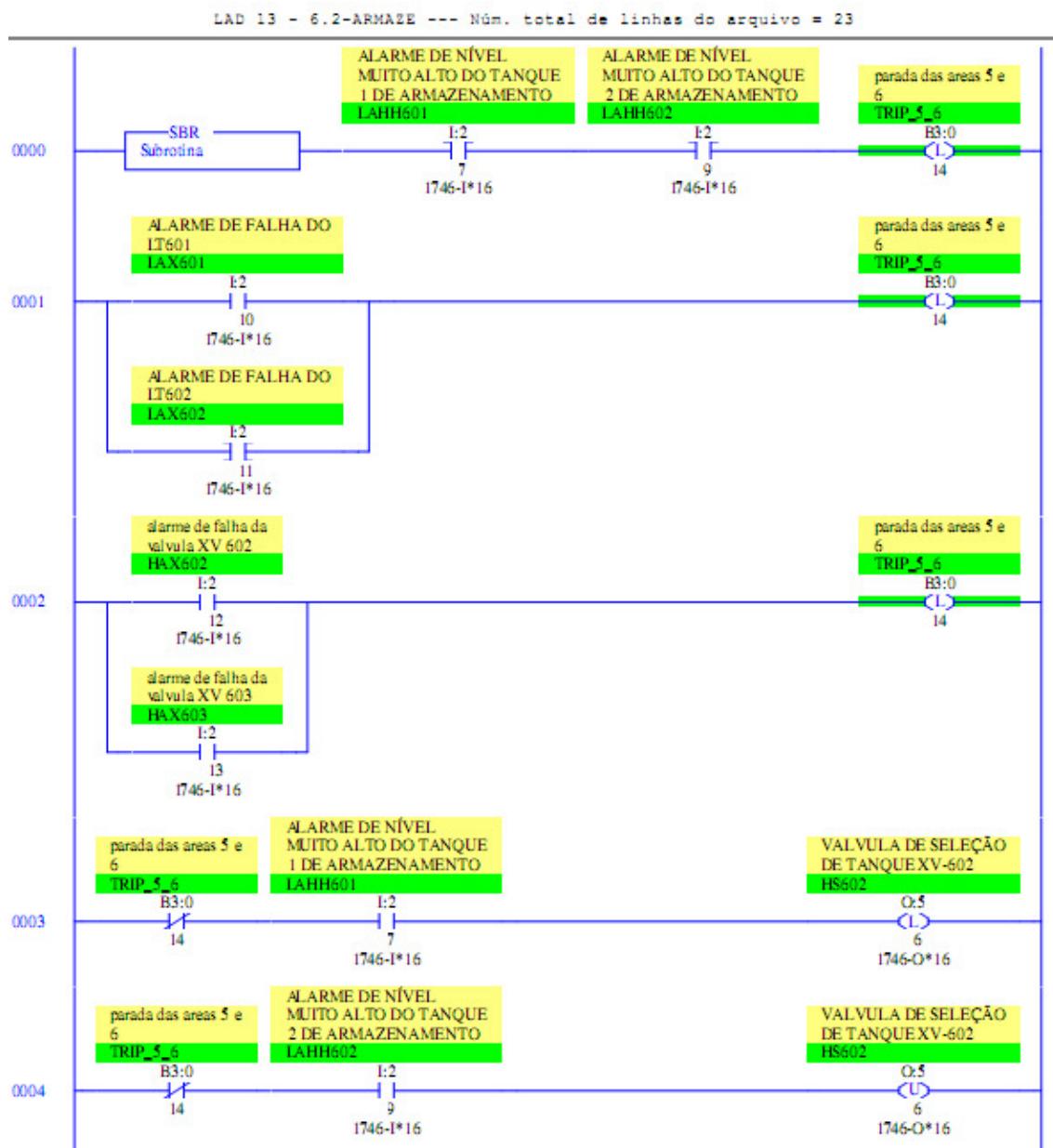


Figura 63. Ladder dos tanques de armazenamento (parte 1)

A linha 0000 pára as áreas 5 e 6 caso os dois tanques enchem.

A linha 0001 pára as áreas 5 e 6 caso ocorra falha em algum dos sensores.

A linha 0002 pára as áreas 5 e 6 caso as válvulas XV 602 ou XV 603 falhem.

A linha 0003 direciona o fluxo para o tanque 2 caso o 1 esteja cheio e não tenha ocorrido o trip_5_6.

A linha 0004 direciona o fluxo para o tanque 1 caso o 2 esteja cheio e não tenha ocorrido o trip_5_6.

As linhas 0005, 0006 e 0007 trabalham em conjunto fazendo com que a luz EL602 fique apagada quando o tanque 1 está selecionado e abaixo do nível LAH601.

Que fique piscando se o tanque 1 estiver selecionado e LAH601 acionado.

Que fique piscando também se o operador selecionar o tanque 2, pelo tempo de segurança.

E que fique acesa se o tanque 2 estiver selecionado.

Assim o operador pode manipular o tanque que estiver com a luz apagada, adicionando produtos ao suco se necessário.

Quando a luz começar a piscar, este saberá que precisa fechar a abertura do tanque, pois logo receberá o suco.

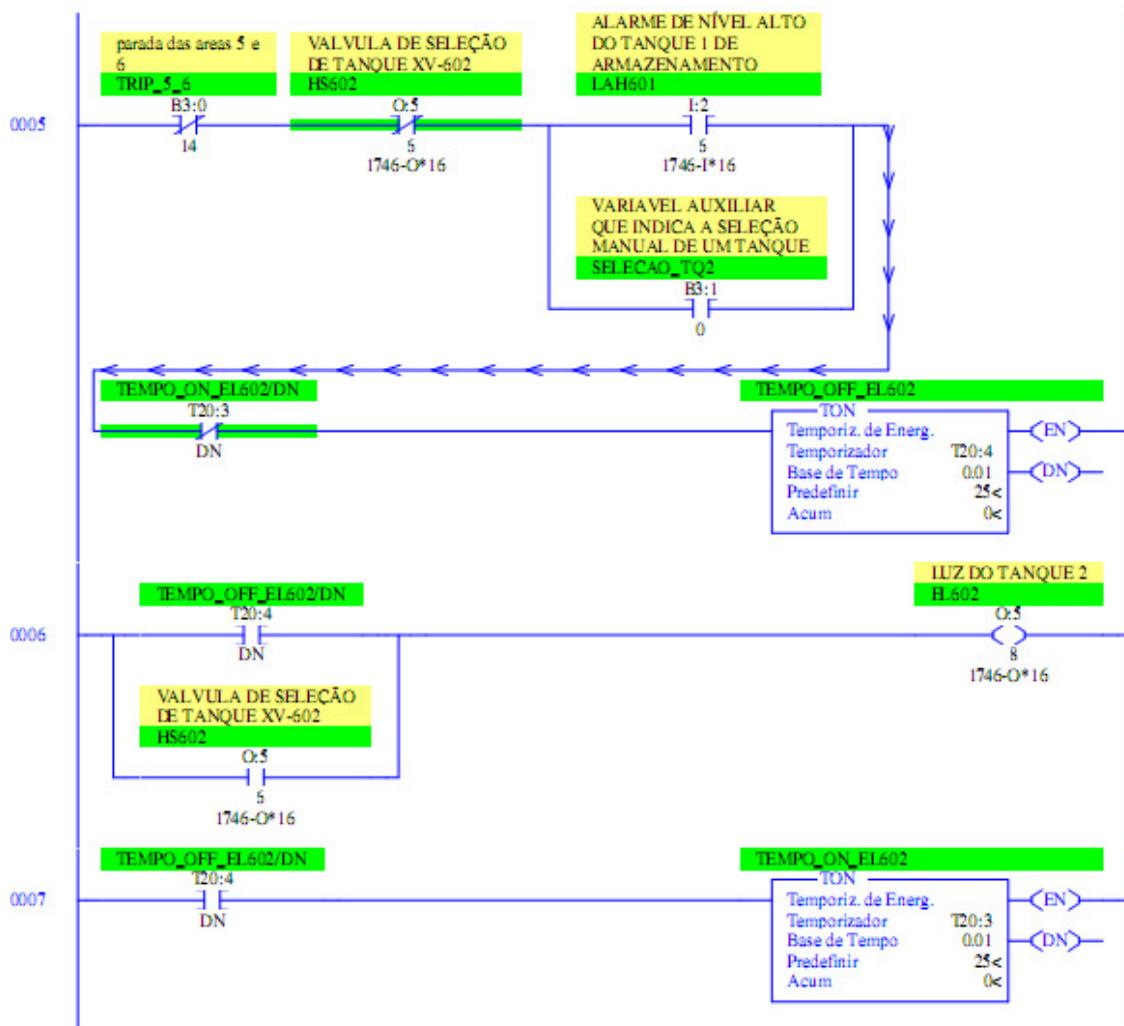


Figura 64. Ladder dos tanques de armazenamento (parte 2)

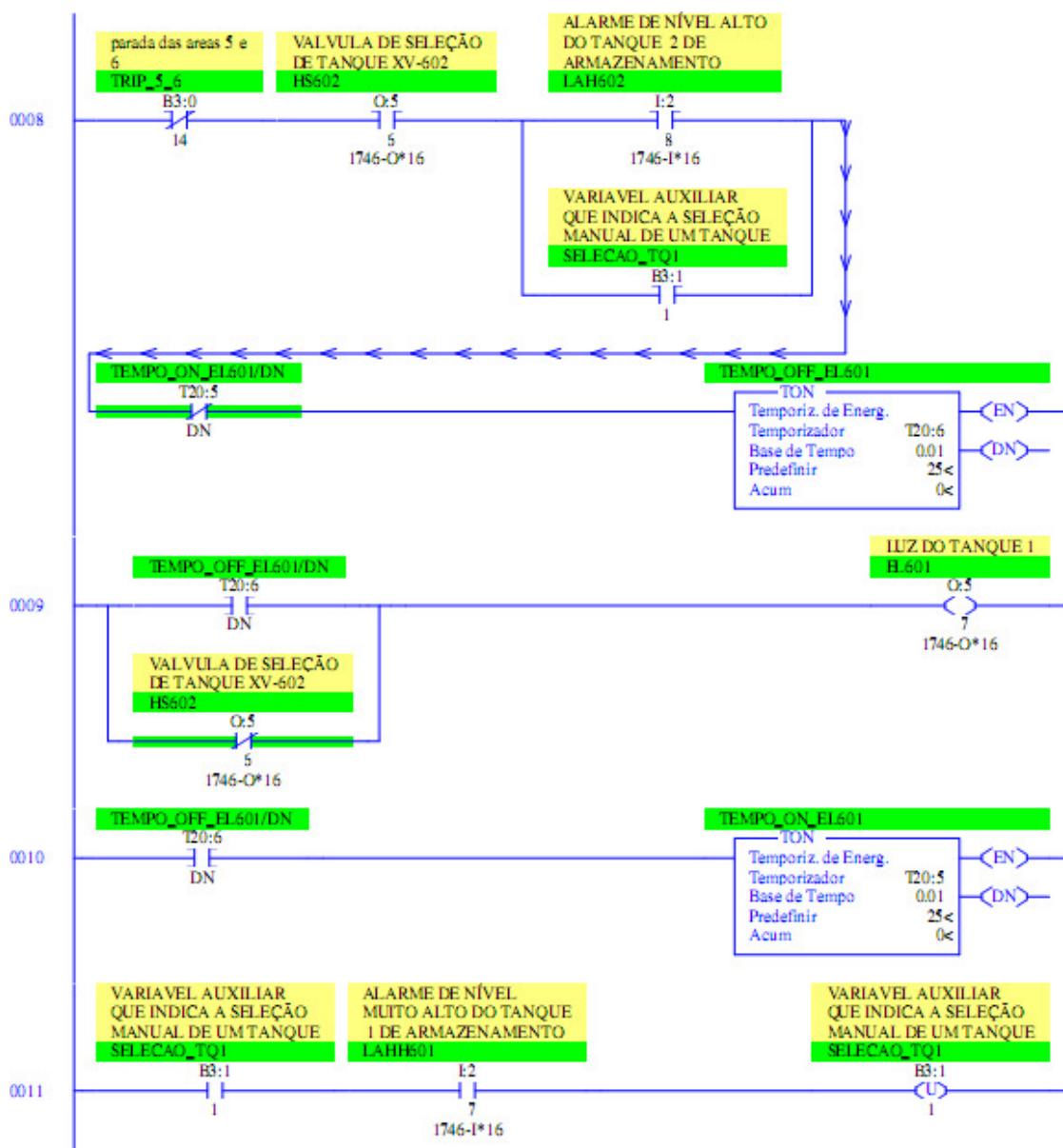


Figura 65. Ladder dos tanques de armazenamento (parte 3)

As linhas 0008, 0009 e 0010 trabalham do mesmo modo que a lógica anterior. Fazem com que a luz EL601 fique apagada quando o tanque 2 está selecionado e abaixo do nível LAH602.

Que fique piscando se o tanque 2 estiver selecionado e LAH602 acionado.

Que fique piscando também se o operador selecionar o tanque 1, pelo tempo de segurança.

E que fique acesa se o tanque 1 estiver selecionado.

A linha 0011 garante que um tanque cheio não pode ser selecionado.

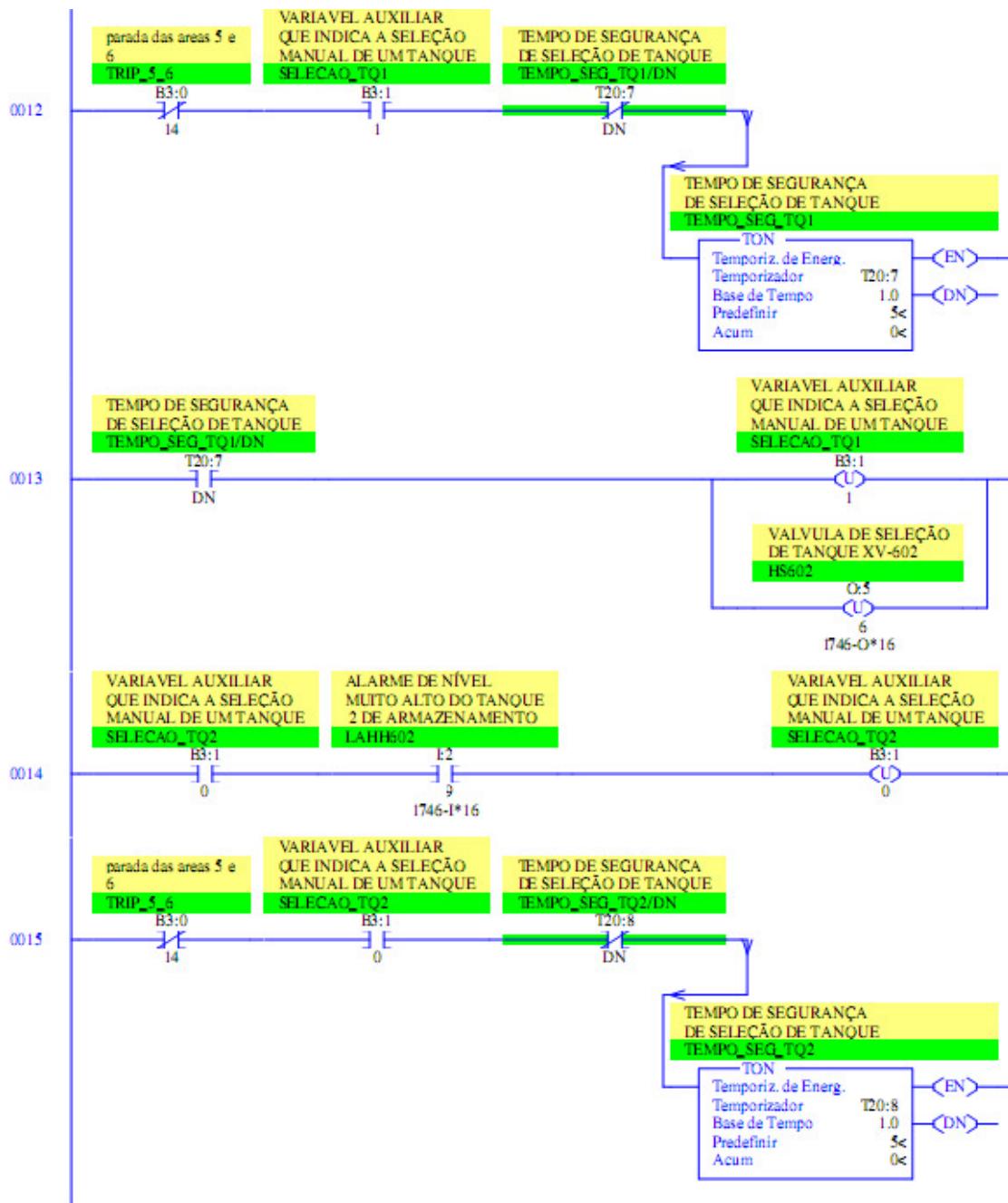


Figura 66. Ladder dos tanques de armazenamento (parte 4)

A linha 0014 também garante que um tanque cheio não pode ser selecionado.

As linhas 0012 até 0016 fazem com que seja transcorrido o tempo de segurança antes que o tanque escolhido pelo operador seja selecionado.

A linha 0017 garante que os dois tanques não possam ser selecionados ao mesmo tempo.

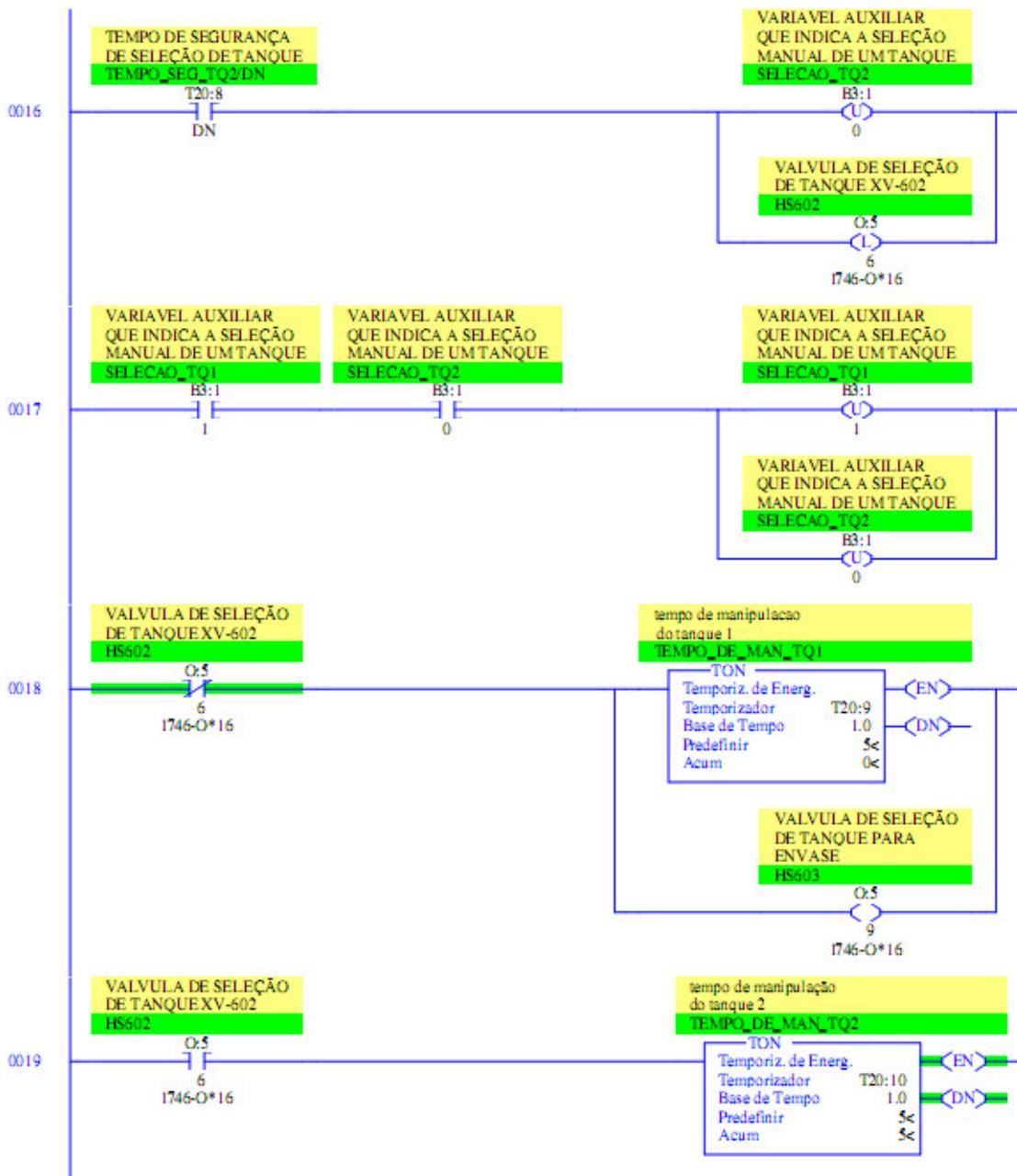


Figura 67. Ladder dos tanques de armazenamento (parte 5)

As linhas 0018 até 0020 trabalham juntas fazendo com que depois que um tanque foi selecionado para o envase (seleção oposta do de descarga), o operador tenha um tempo (tempo de manipulação), para realizar alguma manobra no tanque antes que a envasadora ligue. Mesmo que esta esteja acionada.

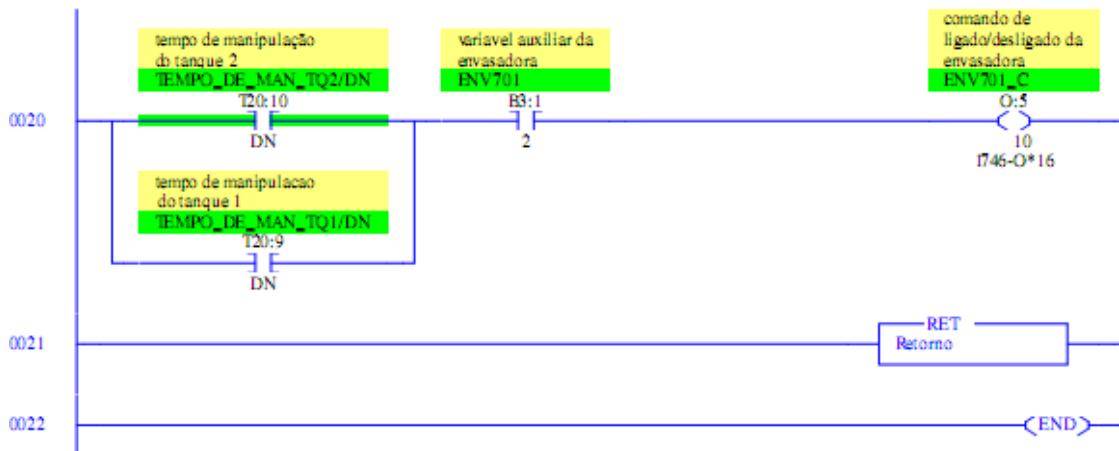


Figura 68. Ladder dos tanques de armazenamento (parte 6)

Deve-se garantir que a envasadora seja capaz de esvaziar o tanque selecionado, contando com o tempo de manipulação, antes que o outro esteja cheio.

Caso isso não ocorra, os tanques vão acumulativamente encher até parar o sistema.

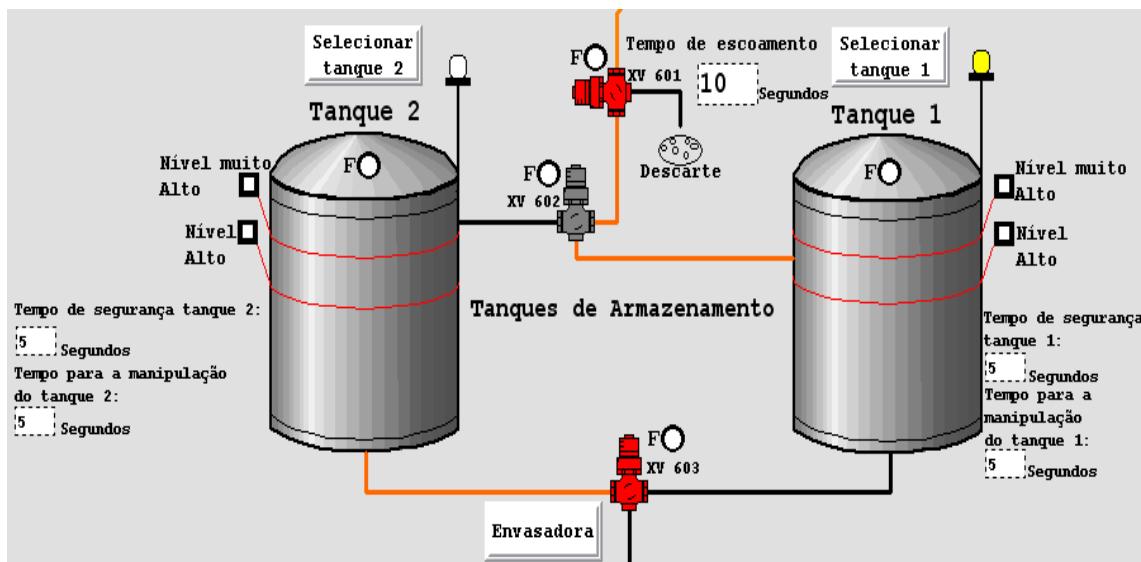


Figura 69. Supervisório dos tanques de armazenamento (parte 6)

Cada botão seleciona o respectivo tanque.

Alarmes de falhas dos sensores de nível podem ser vistos na parte superior do tanque.

Na lateral estão os alarmes de alto e muito alto que acendem as luzes quadradas.

As luzes em hastes representam as luzes locais para os operadores.

Os tempos de segurança e de manipulação podem ser ajustados nos campos brancos ao lado de cada tanque.

As válvulas XV602 e XV603 têm seus status representados pelas cores vermelhas (posição 1) e cinza (posição 0). E os alarmes de falha aparecem em luzes ao lado dos “F”.

A envasadora pode ser ligada e desligada pelo botão “Envasadora”.

Conclusão

Ao direcionar o interesse para os pequenos e médios agricultores de laranja que encontram dificuldade no mercado atual foi desenvolvida uma aplicação nova da tecnologia de processamento de suco.

Foram necessárias etapas inerentes ao processo de criação.

A inicial foi o estudo do processo de produção do suco, da tecnologia envolvida e do mercado no Mundo atentando à sua importância para o Brasil.

A etapa seguinte foi desenvolver um fluxograma adequado aos objetivos, quando se constatou a necessidade de confrontar a idéia com os equipamentos disponíveis atualmente no mercado.

A solução de flexibilizar a futura escolha dos equipamentos e carga de processamento do sistema gera a possibilidade de adequar o projeto à disponibilidade econômica dessa população.

A partir daí, para realizar a automação integral da planta foi desenvolvida uma lógica no CLP seguida da comunicação com o sistema supervisório.

Já no supervisório criou-se uma interface facilitada para os operadores do maquinário.

Garantiu-se que é possível atender as necessidades de produção de suco de boa qualidade com higiene e segurança para o trabalhador.

Constatou-se que esta planta é facilmente adaptável a diferentes equipamentos e cargas de funcionamento. O supervisório permite a configuração de toda a planta, diagnóstico do funcionamento e de falha rapidamente.

Assegurou-se assim um alto nível de automação permitindo sua operação por um número reduzido de operários o que possibilita o barateamento do preço final do produto, colaborando com as nossas questões sociais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE CÍTRICOS. Estudos de 2001 e 2006. Disponível em:<<http://www.abecitrus.com.br>>. Acesso em: 10 Mar. 2009.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **ANSI/ISA-5.1**: Instrumentation symbols and Identification. Research Triangle Park: ISA, 1984.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **ANSI/ISA 5.2**: Binary logic diagram for process operations. Research Triangle Park: ISA, 1992.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **ANSI/ISA 5.4**: Graphic symbols for distributed control/shared display instrumentation, logic and computer system. Research Triangle Park: ISA, 1991.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **ANSI/ISA 5.5**: Graphic symbols for process displays. Research Triangle Park: ISA, 1985.

BADOLATO, G.G. **Tratamento térmico mínimo de suco de laranja natural**: cinética da inativação da pectinesterase. 2000. 157p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

BROWN INTERNATIONAL CORPORATION. **Stainless steel screw finisher/extractor, model 2503**. Disponível em:<www.food-processing-equipment.biz/images/brown_finisher_sn2505ba-152.pdf>. Acesso em: 15 Mar. 2009.

CAPELLI, A. **Automação industrial**: controle de movimento e processos contínuos. 2.ed. São Paulo: Érica, 2008.

FMC Technologies. Disponível em:<<http://www.fmctechnologies.com>>. Acesso em: 10 maio 2009.vos de 2006.

GARCIA, A. **National Juice Products Association**. In: MID-YEAR MEETING, 2000, Orlando. Brazil report.

GOMES, M.S. **Estudo da pasteurização de suco de laranja utilizando ultrafiltração**. 2006. 84p. Dissertação (Mestrado) – Escola de engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

LOUIS DREY CITRUS: orange processing industry. Winter Garden, 2007. Disponivel em:<<http://WWW.ldcitrus.com>>. Acesso em: 10 Mar 2009.

ROCKWELL AUTOMATION. Canadá, 2009. Disponivel em:<<http://www.rockellautomation.com>>. Acesso em: 25 Abr 2009.

TRIBESS, T.B.; TADINI, C.C. Suco de laranja minimamente processado uma alternativa para ampliar o mercado suco de laranja no Brasil. In: Congresso Internacional De Economia E Gestão De Negócios Em Agroindústrias, 3., 2001, Ribeirão Preto. **Anais...** [S.I.:s.n.], 2001.

UNIVERSSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. Rio de Janeiro, 2009. Disponivel em:<<http://www.ufrgs.br/Alimentus/feira/prfruta/sucolara/refr.htm>>. Acesso em 15 Abr 2009.

YAMANAKA, H.T. **Sucos cítricos.** São Paulo: CETESB, 2005. Disponível em:<<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 20 Abr. 2009.

Anexo 1

Fluxograma do processo e instrumentação.

Anexo 2

Desenho dos painéis elétricos.

Anexo 3

Telas completas do supervisório.