

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ESPECIALIAZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

MICHEL CANATO CHAMOUN

**PROPOSTA DE MELHORIA PARA UM SISTEMA DE CONTROLE E
SUPERVISÃO PARA UMA MÁQUINA DE EMENDAR MADEIRA.**

CURITIBA

2012

MICHEL CANATO CHAMOUN

**PROPOSTA DE MELHORIA PARA UM SISTEMA DE CONTROLE E
SUPERVISÃO PARA UMA MÁQUINA DE EMENDAR MADEIRA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Automação e Controle de Processos Industriais do Departamento de Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Automação Industrial.

Orientador: Prof. . Guilherme Alceu Schneider.

CURITIBA

2012

AGRADECIMENTOS

Ao professor Guilherme Alceu Schneider, pela paciência e dedicação a que se propôs a me orientar, me incentivando, apoiando, cobrando para que o objetivo final fosse alcançado.

Aos demais professores por todo o esforço e dedicação com que ministraram as aulas durante todo o curso, transmitindo com clareza e disposição todo conhecimento e experiência que um mestre pode oferecer aos seus alunos, tornando-os profissionais e acima de tudo vencedores.

À minha família fica a certeza de poder contar com eles em qualquer momento de minha vida, aos entes mais próximos, muito obrigado por apoiar minhas conquistas.

RESUMO

CHAMOUN, Michel Canato. **Proposta de um Sistema de Controle e Supervisão para uma Máquina de Emendar Madeira.** 2012. Projeto de Dissertação(Especialização em Automação e Controle de Processos Industriais) – Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba 2012.

Esta monografia apresenta uma análise sobre a lógica de controle e de coleta de dados de uma máquina de emendar madeira. Máquina muito utilizada no setor industrial madeireiro, unindo madeiras livre de impurezas, de nós, de resinas e de trincas. O estudo consiste em analisar o sistema existente, a partir de uma pesquisa bibliográfica de tecnologias de controle e coleta de dados, propondo uma nova lógica sequencial para o controlador baseado na lógica GRAFCET. Facilitando-se, desta forma, manutenções e modificações futuras pela manutenção, bem como um sistema de coleta de dados SCADA eficiente, diferente da coleta manual realizada atualmente. Ao final será apresentado o sistema de supervisão junto com o diagrama sequencial desenvolvido GRAFCET, junto com a lógica de controle implementada bem como as telas do sistema de supervisão SCADA desenvolvido.

Palavras-chave: GRAFCET. Controle. Supervisão. SCADA.

ABSTRACT

CHAMOUN, Michel Canato. **Proposta de um Sistema de Controle e Supervisão para uma Máquina de Emendar Madeira.** 2012. Projeto de Dissertação(Especialização em Automação e Controle de Processos Industriais) – Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba 2012.

This monograph presents one analysis about the control's logic and data's collection of one machine to amend wood, one machine like this is widely used in the timber industry, combining wood free from impurities, knags, resins and broken. The study consists to analysis the existent system, from one bibliographic research of the control's technologies and data's collection, proposing one new sequential logic for the controller based on GRAFCET's logic. Make easier, maintenances and futures modifications from maintenance, as well as one efficient data's collection SCADA, different of the manual collection currently used. In the end will be presented the supervision system with the sequential diagram developed GRAFSET, with control's logic implemented and the system's supervision screen developed.

Keywords: GRAFCET. Control. Supervision. SCADA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A Pirâmide da Automação.....	10
Figura 2 – Diagrama da Automação.....	16
Figura 3 – Diagrama de blocos de um CLP.....	17
Figura 4 – Arquitetura de rede industrial.....	19
Figura 5 – Subdivisão Sistema SCADA.....	21
Figura 6 – Comunicação com dispositivos: (a) Com diversos drives de dispositivo e (b) com drive OPC.....	23
Figura 7 – Linguagens de Programação.....	24
Figura 8 – Grafcet.....	25
Figura 9 – Paralelismo Grafcet.....	26
Figura 10 – Ladder.....	27
Figura 11 – Blocos com dentes.....	29
Figura 12 – Máquina Emendadeira.....	30
Figura 13 – Compact Logix L35E.....	35
Figura 14 – Módulos de (a) entradas e (b) saídas.....	36
Figura 15 – Característica da fonte.....	37
Figura 16– Hardware Instalado.....	38
Figura 17 – Sequencia de Funcionamento.....	39
Figura 18 – Utilização de endereço físico.....	41
Figura 19 – Etapas e Transições.....	41
Figura 20 – Bloco de Acionamento.....	42
Figura 21 – Alarmes.....	43
Figura 22 – Acionamento de motores.....	44
Figura 23 – Entradas e Saídas Acionamento de Motores.....	45
Figura 24 – Esteira de Ordenamento.....	46
Figura 25 – Entradas e Saídas Esteira de Ordenamento.....	47
Figura 26 – Mesa de Saída.....	48
Figura 27 – Entradas e Saídas Mesa de Saída.....	48
Figura 28 – Esteira Principal.....	50
Figura 29 – Entradas e Saídas Esteira Principal.....	50
Figura 30 – Lubrificação.....	51
Figura 31 – Entradas e Saídas Lubrificação.....	51
Figura 32 – Coleta de Dados.....	52
Figura 33 - Entradas e Variáveis de Coleta de Dados.....	52
Figura 34 – Supervisório.....	54
Figura 35 – Gráficos de Paradas.....	55
Figura 36 – Gráficos de Produção.....	55
Figura 37 – Gráficos de Produção.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLP	Controlador Lógico Programável
ERP	Enterprise Resource Planning
IEC	International Electrotechnical Commission
MES	Mean Down Time
MDT	Liquid Crystal Display
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean Time to Recovery
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OPC	OLE for Process Control
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
TPM	Total Productive Maintenance

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 TEMA.....	9
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	12
1.3 PROBLEMAS E PREMISSAS	12
1.4 OBJETIVOS.....	13
1.4.1 Objetivo Geral	13
1.4.2 Objetivos Específicos.....	13
1.5 JUSTIFICATIVA.....	14
1.6 ESTRUTURA DA PESQUISA.....	14
2 EMBASAMENTO TEÓRICO	15
2.1 CONTROLE	15
2.2 COMUNICAÇÃO.....	18
2.2.1 Redes de Informação.....	18
2.2.2 Redes de Controle	18
2.2.3 Sistema de supervisão	20
2.2.4 Protocolo OPC	22
2.3 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO (IEC 61131-3)	23
2.3.1 Grafcet (SFC).....	24
2.3.2 Ladder.....	26
3 MÁQUINA EMENDADEIRA.	29
A) ESTEIRA DE ALIMENTAÇÃO PRINCIPAL.	30
B) PONTE VERTICAL, CABEÇOTE E ESTEIRA PRINCIPAL.....	30
C) APLICAR DE COLA.....	31
D) ESTEIRA DE ORDENAMENTO, ROLOS VERTICAIS E SERRA DE TOPO.	31
E) FUNCIONAMENTO.	31
4 SISTEMA PROPOSTO.....	33
4.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMAVÉL.....	33
4.1.1 Controlador (CPU)	34
4.1.2 Entradas e Saídas.....	35
4.1.3 Fonte.....	36
4.1.4 Instalação do Hardware.....	37
4.2 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO	38

4.3 DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO.....	39
4.4 ESTRUTURA DO PROGRAMA.....	40
4.5 GRAFCET DO PROGRAMA.....	43
4.6 SUPERVISÓRIO.....	53
5 ANÁLISES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo está subdividido de forma a apresentar o tema proposto, as premissas do trabalho, seus objetivos, justificativa, procedimentos utilizados, embasamento teórico a estrutura do trabalho proposto bem como um cronograma de desenvolvimento.

1.1 TEMA

O conceito de automação vem sofrendo um período de revolução, onde a necessidade e conhecimento de diferentes tipos de processo, vem fazendo com que equipamentos e produtos especializados sejam desenvolvidos atendendo a determinados tipos de processo. Outro fator determinante desta revolução se dá pelo fato de que a automação rompeu as fronteiras do chão de fábrica propriamente dito, chegando até as camadas mais altas, como a área de negócios, como exemplo tem-se os sistemas de gerenciamento, como Manufacturing Execution System - MES e Enterprise Resource Planning – ERP (SEIXAS, 2000).

Como conseqüência da revolução aludida surge os computadores, dominando assim as salas de controle e levando ao desuso as mesas de controle/operação. Os computadores passam a dominar todos os sistemas de supervisão e operação, junto com eles nascem os sistemas SCADA - *Supervisory Control and Data Acquisition*, capazes de captar dados do chão de fábrica supervisionando e operando plantas industriais, realizando a interligação entre o chão de fábrica e os sistemas MES e/ou ERP (SEIXAS, 2000).

Neste mesmo tempo o Controlador Lógico Programável - CLP evolue para um cenário de rede, onde deve se comportar como um computador em rede, atendendo a esta necessidade, os fabricantes começam a promover a solução completa CLP + SCADA (SEIXAS, 2000).

Até meados dos anos 90 os sistemas de automação eram caracterizados por ilhas, onde o controle da máquina, do pátio de matéria prima, da caldeira, do forno e etc, eram realizados separadamente. O grande desejo dos engenheiros de processo

era unificar todos os dados, proporcionando uma análise rápida em tempo real com dados confiáveis (SEIXAS, 2000)

Após a unificação, a automação sobe mais um nível na pirâmide, transformando dados de chão de fábrica em informações para a camada de negócio. Todos os sistemas envolvidos no processo de manufatura passaram por racionalização e automatização, surgindo assim o MES, responsável por todo o controle de produção, desde a ordem de produção até o produto final, passando pelo controle de manutenção, controle de ativos entre outros, conforme exemplificado na figura 1 (SEIXA, 2000).

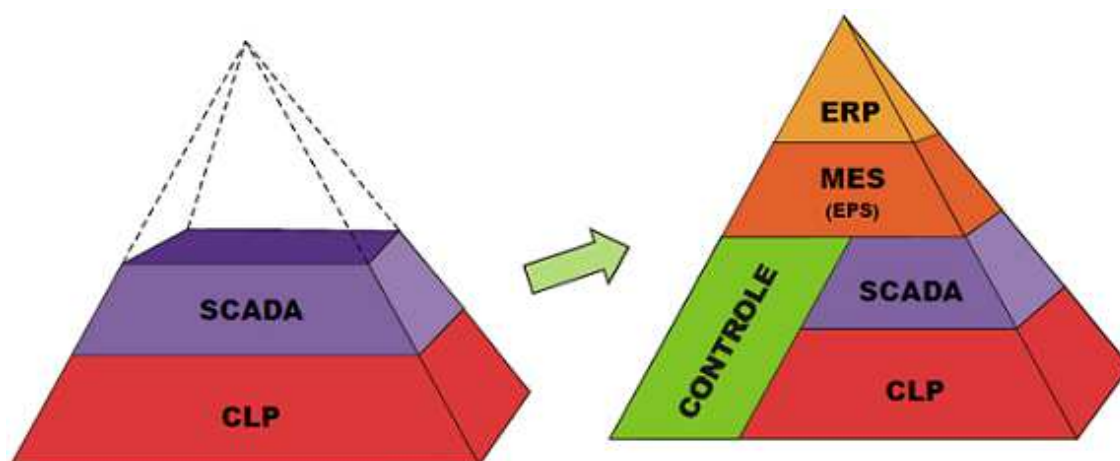


Figura 1 – A Pirâmide da Automação.

Fonte: Seixas (2000).

Indústrias do setor madeireiro vêm buscando já há algum tempo, formas de diversificar sua produção desenvolvendo produtos de valor agregado maior, dentre os quais a moldura se destaca, pela sua alta valorização no mercado externo, sendo largamente utilizada na decoração e composição de ambientes e na construção civil (REVISTA REFERÊNCIA, 2012).

Acompanhando o desenvolvimento de novos produtos, surge a preocupação com os custos e a qualidade dos produtos, necessidades básicas à sobrevivência no mercado. Como forma de garantir estes quesitos, a implantação de ferramentas de apoio à produção e qualidade tais como 5s, Análise de Anomalia, Indicadores, Kaizen são inevitáveis, e o setor madeireiro já vive a realidade do *Lean Manufacturing* em suas linhas de produção (REVISTA REFERÊNCIA, 2012).

A gestão de produção está relacionada a todos os processos de uma empresa de manufatura. A busca por uma gestão de produção cada vez mais eficiente ocorre em diversas áreas, devido ao fato de que o ambiente competitivo das empresas está cada vez mais disputado. As melhorias realizadas estão diretamente relacionadas à máxima utilização dos recursos, obtendo ganhos cada vez mais significativos (FAVARETTO, 2001).

A pressão competitiva exercida sobre as empresas de manufatura tem aumentado significativamente, impulsionada pela necessidade do fato, de os clientes estarem cada vez mais exigentes, por produtos personalizados e de baixo custo. Aliado a isto, existe uma real defasagem entre a necessidade competitiva da empresa com suas práticas atuais, geralmente substanciadas por seus indicadores de desempenho adotados (FAVARETTO, 2001).

Sendo assim grande parte dos processos que antes eram executados de forma manual, estão sendo automatizados utilizando sistemas computacionais de baixo custo e maior desempenho, acompanhado de investimentos na integração de processos produtivos e administrativos (BOARETTO, 2005).

O processo fabril de usinagem de molduras ocorre em diversas etapas, a primeira etapa consiste no desdobramento da tora na serraria, formando pranchas, em seguida, são utilizadas estufas para secar a madeira, obtendo índices de umidade pré determinados para usinagem da madeira. O próximo passo ocorre na preparação da madeira, onde as pranchas são refiladas em larguras menores, o resultado do refil são ripas que são destopadas em sua totalidade, eliminando assim todos os defeitos da ripa, o resultado deste processo são pequenos blocos de madeira sem nós, resinas e trincas. Estes blocos seguem para o processo de colagem onde são colados de topo, formando novamente longas ripas sem defeitos. As ripas são usinadas de acordo com o modelo de moldura que se deseja e posteriormente pintadas (REVISTA REFERÊNCIA, 2012).

Durante todo o processo de beneficiamento da madeira, dados de produção e manutenção são coletados constantemente, informando operadores sobre o volume de produção até o momento, qualidade das peças produzidas, tempo perdido, eficiência da máquina entre outros.

Os dados são responsáveis por indicar, onde se encontram os pontos críticos da produção e o real motivo de problemas e defeitos ocorridos durante a produção.

No presente trabalho serão descritos os conceitos gerais que envolvem este método SCADA, bem como será apresentado o desenvolvimento de uma proposta de controle, supervisão e aquisição de dados de uma máquina emendadora de madeira, utilizando as tecnologias apresentadas.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Os dados de produção e manutenção são responsáveis por indicar, quantidades de matéria prima em estoque, volume e gargalos de produção, ciclos de produção, entre outros indicadores que identificam pontos críticos do processo de manufatura e o real motivo de problemas e defeitos ocorridos durante a produção.

Observando a forma como a coleta dos dados é realizada, de forma manual e exaustiva, proporcionando dados errôneos e equivocados, junto com a necessidade de um controle mais eficaz do processo, um sistema eficiente de coleta de dados automatizado se faz necessário, sendo assim propõe-se um análise do sistema atual, junto com o desenvolvido de um sistema de controle integrado com um sistema SCADA.

De um lado apresenta-se uma máquina emendadeira de madeira, com uma automação simplesmente funcional, embora com uma coleta de dados restritamente manual e ineficiente quando realizada, de outro lado uma proposta de um controle junto com um sistema de coleta de dados automatizado, será abordado neste trabalho.

1.3 PROBLEMAS E PREMISSAS

O desconhecimento dos motivos pelo qual se perde qualidade e produção em determinado equipamento e o alto tempo gasto em manutenção do mesmo, tem grandes conseqüências no balanço final de produção, ou seja, lucro.

A falta de acompanhamento do processo de produção de forma eficaz, composta por indicadores de produção, tempos de parada, quantidades produzidas, qualidade e manutenção, dificulta o entendimento das perdas do processo.

O sistema atual da máquina sofreu alterações no programa de controle, sem nenhum padrão ou critério, possuindo diversas linhas de código sem utilidade, vários controles da máquina foram tirados do código do programa, sendo substituídos por lógica de reles, simplesmente pelo fato de não serem compreendidos pelos manutentores.

Por estas razões propõe-se um sistema de controle junto com um sistema de coleta de dados automatizado e eficaz para a máquina em questão, pois se acredita que com os dados de produção e manutenção é possível atingir uma melhora significativa na eficiência da máquina.

1.4 OBJETIVOS

Esta secção transcreve os objetivos macros propostos no trabalho, junto com seus objetivos específicos.

1.4.1 **Objetivo Geral**

Propor uma melhoria para o sistema de colagem de blocos de madeira, deste modo possibilitar a operação da planta, aquisição de dados e a monitoração de informações, para futuras análises dos indicadores de produção e manutenção da máquina.

1.4.2 **Objetivos Específicos**

- Analisar os pontos críticos do processo e da máquina.
- Especificar o controlador bem como seus periféricos.
- Baseado no controlador definir ferramenta para desenvolvimento do sistema.
- Desenvolver Grafcet do processo.
- Programar em Linguagem Ladder o Grafcet desenvolvido.

- Desenvolver sistema de supervisão e aquisição de dados.
- Integrar o sistema de supervisão com o controlador.

1.5 JUSTIFICATIVA

Adquirir dados de produção através de sistema SCADA, tornando mensurável todos os pontos críticos do processo e do funcionamento da máquina. Uma vez que, estes pontos são conhecidos, é possível realizar análises e estudos objetivando a redução de perdas, conseqüentemente otimizando todo o processo.

Tornar simples e fácil a manutenção, uma vez que toda a documentação da máquina se encontra na língua inglesa, e grande parte dos manutentores, não tem conhecimento da língua.

1.6 ESTRUTURA DA PESQUISA

Esta monografia está dividida da seguinte forma:

O Capítulo 1 descreve o tema central da dissertação, bem como suas premissas, objetivos, justificativa, procedimentos utilizados, embasamento teórico e sua estrutura.

Já o capítulo 2 descreve de maneira breve e objetiva os conceitos utilizados no desenvolvimento do sistema proposto, controladores, controle, sistemas de supervisão, lógicas seqüenciais, redes e indicadores de produção e manutenção.

No capítulo 3 é apresentado todo funcionamento da máquina emendadeira de madeira, seus periféricos e particularidades.

Uma descrição de todo o sistema desenvolvido é apresentado do capítulo 4, destacando suas funcionalidades, operabilidade e facilidades em relação ao anterior.

Análise de resultados e conclusões do presente estudo está descritos no capítulo 5.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Este capítulo apresenta a pesquisa bibliográfica dos assuntos que envolvem o desenvolvimento de um sistema de controle e supervisão, utilizados no desenvolvimento do sistema proposto.

2.1 CONTROLE

Para Silveira e Santos (2001), o controle se trata de um conjunto de técnicas, por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com ótima eficiência, através do uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam.

Segundo Silveira e Santos (2001), a necessidade de controlar e automatizar processos industriais, se justifica pelos seguintes fatores:

- Trata-se de um processo de evolução tecnológica irreversível;
- Valorização do ser humano em sua liberação na execução de tarefas entediantes e repetitivas, ou mesmo em situações de trabalho insalubres e de riscos.
- Aumento da qualidade de vida de toda uma sociedade, promovendo seu conforto e maior integração;
- Maior enriquecimento pelo menor custo do produto (pela baixa manutenção, ou pela rapidez e precisão na execução de tarefas) ou pelo aumento de produtividade (num curto período de tempo);
- Criação de empregos diretos e indiretos, além de novos empregos relacionados com a manutenção, desenvolvimento e supervisão de sistemas.
- Busca pela qualidade do produto e satisfação do cliente.

Segundo Seixas (2000), “a automação rompeu os grilhões do chão-de-fábrica e buscou fronteiras mais amplas, abrangendo a automação do negócio ao invés da simples automação dos processos e equipamentos”.

Neste contexto Martins (2002) contextualiza a automação no chão de fábrica através do sistema de supervisão SCADA, que se caracteriza pela coleta de dados

em tempo real do processo de produção, comunicando-se com o sistema corporativo da empresa.

Todo o sistema de controle é caracterizado por três componentes básicos, sensor, atuador e CLP, como observado na figura 2 (SILVEIRA; SANTOS, 2001).

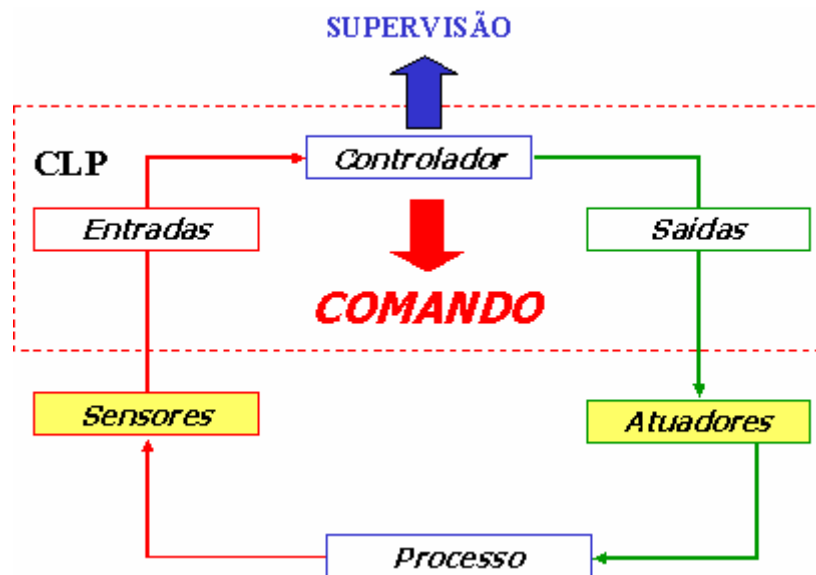


Figura 2 – Diagrama da Automação.

Fonte: BOARETTO, 2005.

Os controladores foram inicialmente desenvolvidos a partir de uma necessidade da indústria automobilística, com o objetivo de substituir os painéis de controle a relés, hoje se trata de um dos equipamentos mais utilizados na implementação de sistemas automatizados (GEORGINI, 2000).

Para Mamede (2002) os CLP podem substituir com enorme vantagem os tradicionais comandos utilizados em painéis, como botoeiras, chaves comutadoras, contadores e relés.

O CLP pode ser comparado com um computador industrial, capaz de armazenar instruções implementando funções de controle tais como, seqüência lógica, temporização, contagem de tempo, operações aritméticas, operações lógicas, manipulação de dados e comunicação de rede. (GEORGINI, 2000).

Para Silveira e Santos (2001) um CLP é composto por dois elementos principais: a unidade de processamento CPU e a interface de sinais de entradas e saídas como exemplificado na figura 3, a CPU são compostas por um processador,

um banco de memória e um barramento para interligação entre os elementos do sistema.

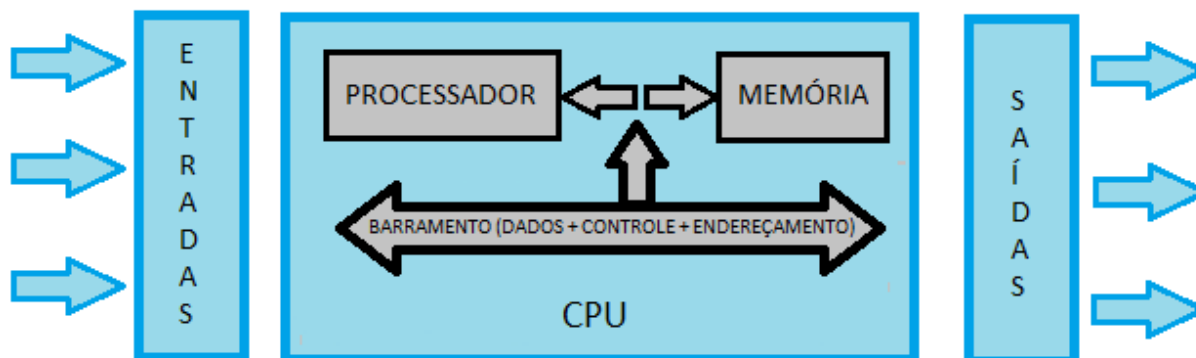


Figura 3 – Diagrama de blocos de um CLP.

Fonte: Autoria Própria.

A CPU executa a leitura do status das entradas dos módulos de entrada, esses estados são armazenados na memória do CLP, em seguida processados pelo programa aplicação armazenado na memória RAM, após a execução do programa, o processador atualiza o módulo de saídas, realizando assim a lógica de controle (GEORGINI, 2000).

Já os sensores são definidos como dispositivo sensível a um fenômeno físico do processo, tais como: temperatura, umidade, luz, pressão, entre outros. Através desta sensibilidade os sensores enviam um sinal, que pode ser um simples abrir e fechar de contatos, para os dispositivos de medição e controle. (SILVEIRA; SANTOS, 2001, p.24).

Atuadores são dispositivos a serem acionados para executar uma determinada força de deslocamento ou outra ação física, definida pelo sistema controlador por meio de uma ação de controle. Podem ser magnéticos, hidráulicos, pneumáticos, elétricos ou de acionamento misto (SILVEIRA; SANTOS, 2001, p.24).

Os sensores podem ser classificados como as entradas do sistema, já os atuadores como as saídas do sistema. Sensores e atuadores são utilizados em todos os tipos de malha de controle tanto em malha aberta quanto em malha fechada.

2.2 COMUNICAÇÃO

Ao conceber uma solução em automação, deve-se tomar como primeiro passo a arquitetura do sistema, organizando seus elementos tais como, PLC's, módulos remotos, sistemas de supervisão, instrumentos e etc, em redes de comunicação apropriadas. A modularidade, desempenho e expansibilidade do sistema, dependem de uma boa escolha de arquitetura de rede afirma Seixas (2004).

Segundo Seixas (2004) a arquitetura mais utilizada, definiu-se pela subdivisão de duas hierarquias de redes: uma rede de informação e uma rede de controle.

2.2.1 Redes de Informação

Para Boaretto (2005) a rede de informação representa o nível mais alto dentro de uma arquitetura de rede. Ela se caracteriza pelo grande volume de informação, porém com baixa frequência de transmissão, todo o tráfego é baseado em dados sem criticidade temporal.

Afirma Seixas (2004) que em grandes corporações é natural a escolha de um *backbone* de grande capacidade para interligação dos sistemas ERP, Supply Chain (Gerenciamento de Cadeia de Suprimentos), e EPS (Enterprise Production Systems).

2.2.2 Redes de Controle

As redes de controle tem a finalidade de integrar os sistemas de nível 1, representados por CLPs e remotas de aquisição de dados, aos sistemas industriais de nível 2 ou sistemas SCADA, os equipamentos do nível 3, ERP e MES também podem estar ligados a este barramento (SEIXAS, 2004).

O tráfego nesta rede é baseado em dados em que a criticidade temporal podem ou não ser essencial, normalmente com volume médio de dados e frequência

de transmissão em função de eventos do sistema. Disponibilidade e imunidade a falhas são os aspectos mais importantes nesta rede (BOARETTO, 2005).

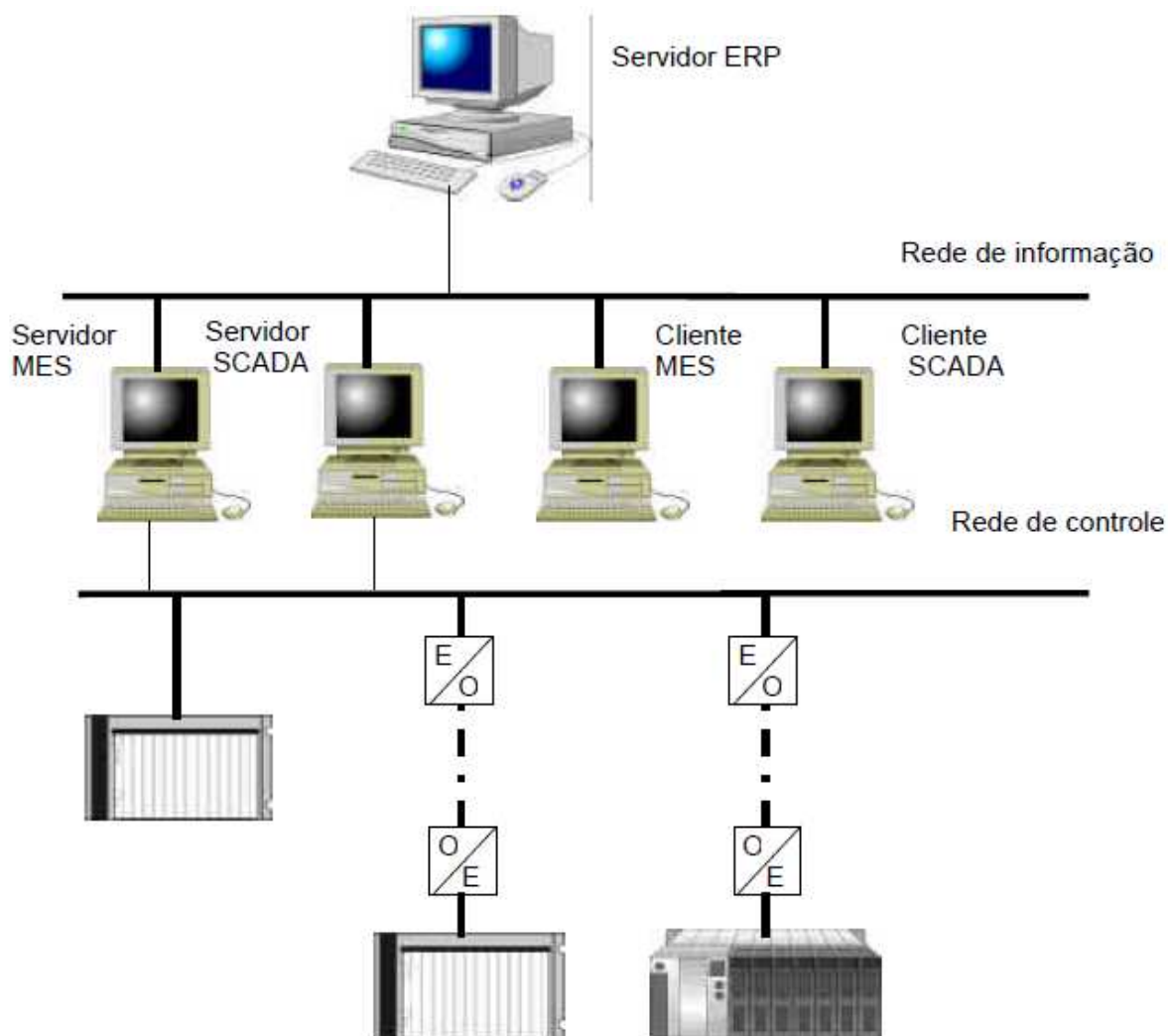


Figura 4 – Arquitetura de rede industrial.

Fonte: SEIXAS, 2004.

Neste tipo de arquitetura as estações clientes se comunicam com seus servidores através da rede de informação. As estações servidoras se comunicam com os CLP's através da rede de controle, como exemplificado na figura 4 (SEIXAS, 2004).

2.2.3 Sistema de supervisão

Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados mais conhecidos como SCADA, são softwares desenvolvidos para supervisionar processos, coletando variáveis e dispositivos de controle conectados a ele através de drives específicos. Atualmente a maioria dos softwares de supervisão é compatível com o protocolo de comunicação OPC, que vem sendo utilizado largamente desde 1990.

Inicialmente os softwares SCADA foram concebidos atendendo às necessidades das indústrias de processo contínuo, apresentando em tempo real o status das variáveis do processo bem como os acontecimentos no chão de fábrica, com o passar do tempo estes sistemas foram adaptados para indústria com processos discretos aonde atualmente vem sendo utilizado largamente (MARTINS, 2002).

Os softwares SCADA são aplicativos que permitem a aquisição de dados, monitoração e o rastreamento dos mesmos, estes softwares atuam através do CLP captando variáveis do processo tais como as de vazão, pressão e temperatura (BOARETTO, 2005).

Uma boa estratégia de automação numa planta industrial passa obrigatoriamente por uma boa escolha do software SCADA, uma vez que este será responsável pela operação da planta, monitoração, e muito, além disso, auxiliara as tomadas de decisões estratégicas de uma empresa (BOARETTO, 2005).

Estes sistemas atendem uma necessidade muito aparente na indústria, o monitoramento de problemas em tempo real, ou seja, paradas de máquina por problemas de natureza distintos, como mecânicos ou falta de matéria prima por exemplo. Suprindo assim uma carência dos sistemas ERP que em sua grande maioria não atendem estes quesitos. Todos os dados visualizados pelos sistemas SCADA são comumente armazenados em um sistema de banco de dados, podendo ser acessado posteriormente pelos sistemas de ERP ou MES (MARTINS, 2002).

Sistemas SCADA podem ter arquiteturas de rede aberta, podendo se comunicar com o mundo através da internet, possibilitando a operação remotamente de qualquer lugar (BOARETTO, 2005).

No ambiente industrial estes sistemas auxiliam na gestão da produção porque possibilitam:

- Melhor planejamento de produção
- Acompanhamento preciso de níveis de estoque
- Melhor administração de ciclos de produção
- Monitoramento de produção
- Supervisão de produção

Subdivide-se sistema SCADA em quatro partes, conforme exemplificado na figura 5, segundo Boaretto (2005).

- Sensores e Atuadores: Sensores de pressão, temperatura entre outros e atuadores como válvulas, pistões entre outros.
- Estações remotas: CLP's, SDCD's.
- Redes de Comunicação: Redes sem fio, ethernet.
- Estação de monitoramento central: Servidor SCADA

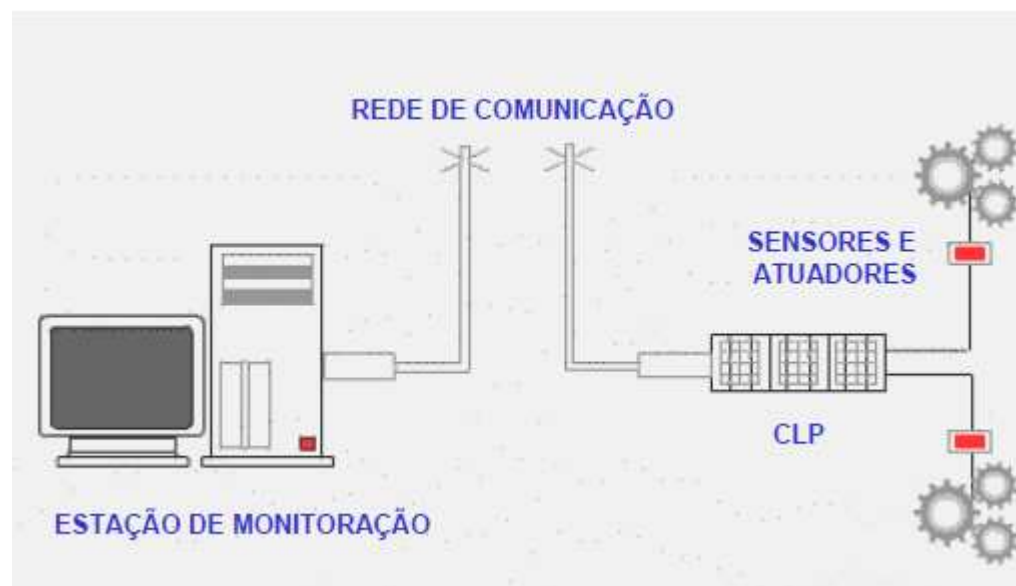


Figura 5 – Subdivisão Sistema SCADA.

Fonte: BOARETTO, 2005.

2.2.4 Protocolo OPC

Desde meados da década de 90 as facilidades promovidas pelo padrão OPC baseado na tecnologia COM/DCOM da Microsoft, vem sendo largamente utilizado na operação e supervisão de plantas industriais (FERREIRA JUNIOR, 2009).

O protocolo OPC possui arquitetura aberta, flexível e plug-and-play na interface de comunicação para dispositivos de controle, consiste de um conjunto de padrões para interfaces, propriedades e métodos para controle de processo e aplicações de automação.

A grande vantagem do OPC é a utilização da arquitetura cliente/servidor, onde o cliente, uma interface homem máquina na sala de controle, por exemplo, ou até mesmo um software supervisor, necessita somente reconhecer a interface servidora (o equipamento) para obter dados de qualquer dispositivo, desenvolvido por qualquer fabricante do mercado. Os servidores OPC atuam como componentes de software executados em plataforma Microsoft, este que fornece interface para aplicações em dispositivos contendo padrão de comunicação proprietário (LOPEZ, 2000).

Afirma Lopez (2000) que a grande desvantagem na utilização da tecnologia OPC, é a necessidade de utilização de computadores com o padrão Microsoft em todo o nível de gerenciamento.

Uma vez que o fabricante do software SCADA tenha desenvolvido o cliente, e o fabricante dos equipamentos (sevidor) tenha desenvolvido a interface servidora no equipamento, o software SCADA é capaz de obter informações do dispositivo não necessitando de drives específicos para tal. Tal evolução no cenário da comunicação, fez com que os sistemas de supervisão deixassem de utilizar drives de comunicação distintos para cada dispositivo, passando a utilizar um único padrão OPC, representado na figura 6 (FERREIRA JUNIOR, 2009).

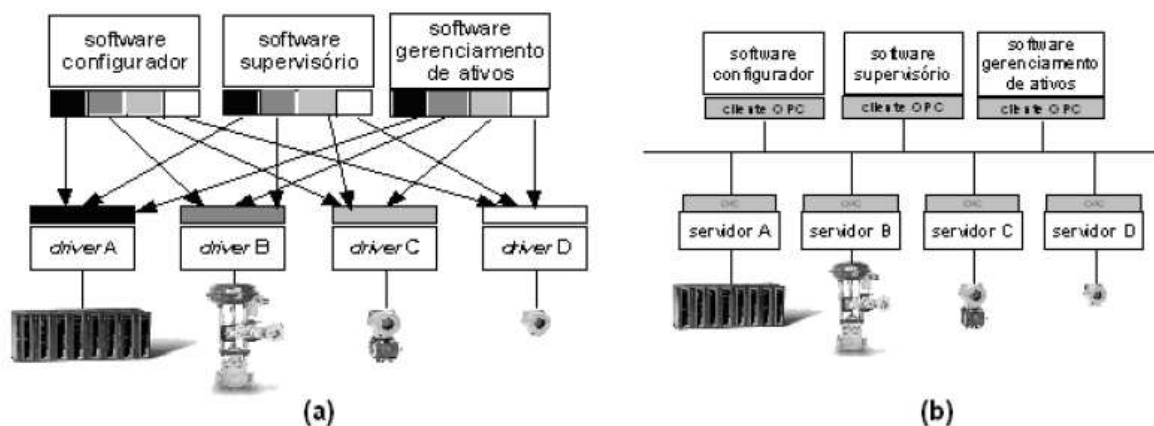


Figura 6 – Comunicação com dispositivos: (a) Com diversos drives de dispositivo e (b) com drive OPC.

Fonte: FERREIRA JUNIOR, 2009.

2.3 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO (IEC 61131-3)

Nos últimos 20 anos uma grande quantidade de técnicas e linguagens de programação, foi utilizada para desenvolver aplicações de controle lógico, para plantas industriais utilizando CLP. No entanto as pessoas envolvidas tecnicamente com estes sistemas de controle, manutenção, projetistas e até gerentes de planta, se vêem utilizando de forma ineficiente o tempo e o dinheiro aplicado nestes sistemas. Claramente observa-se um desperdício de recursos humanos envolvidos no treinamento de equipes, para operar em diferentes linguagens de programação. (GUIMARÃES, 2005).

Diante desta situação uma equipe do International Electrotechnical Commission – IEC se reuniu, para avaliar o projeto completo dos controladores lógicos programáveis, incluindo o hardware, a instalação, a documentação, os testes, a programação e a comunicação. Durante os anos 90 a IEC publicou diversas partes do padrão IEC 61131 que atende ao ciclo completo do CLP (GUIMARÃES, 2005).

A norma IEC determina cinco linguagens de programação.

Texto Estruturado(ST)	Textuais
Lista de Instruções(IL)	
Diagrama de Blocos Funcionais(FBD)	Gráficas
Diagrama Ladder(LD)	
Seqüenciamento Gráfico de Funções(SFC)	

Figura 7 – Linguagens de Programação.

Fonte: GUIMARÃES, 2005.

A IEC 61131-3 delimita para as cinco linguagens, elementos comuns de programação, padronizando assim o entendimento de variáveis e tipos de dados, permitindo a utilização de qualquer linguagem de programação. (GUIMARÃES, 2005).

2.3.1 Grafccet (SFC)

Pesquisadores e gerentes industriais franceses se reuniram em 1975, para comparar e avaliar os modelos e métodos de sistemas de controle seqüencial, coletaram suas próprias experiências e decidiram criar um modelo customizado, mais fácil que os até então utilizados e mais adequado aos sistemas complexos. Criaram um modelo chamado GRAFCET, “graph”, pois ela é fundamentada em elementos gráficos e “afcet” (Association Française Pour La Cybernétique Économique et Technique) associação científica que suportou todo o trabalho(GEORGINI, 2000, pg. 21).

Os conceitos básicos desse sistema são as etapas, as ações associada às etapas, a transição e a condição associada à transição. A etapa representa um estado parcial de um sistema onde uma ação é realizada, esta etapa pode estar ativa ou inativa, a ação associada só é realizada com a etapa ativa. A transição que conecta a etapa posterior representa uma condição para a mudança de etapa, após a condição a etapa posterior se torna ativa, desativando a anterior (GEORGINI, 2000, pg. 21).

As etapas demonstradas como retângulos na figura 8, conectados por linhas verticais, representam um estado programado em qualquer uma das linguagens previstas pela IEC 61131 (GUIMARÃES, 2005).

Cada linha de conexão possui uma transição representada por uma linha horizontal, associada a uma condição, quando verdadeira a condição a desativação da etapa anterior ocorre, ativando a etapa seguinte, esta transição pode ser programada nas linguagens previstas em norma (GUIMARÃES, 2005).

Cada passo possui uma ou mais ações, que podem ser programadas utilizando qualquer linguagem prevista (GUIMARÃES, 2005).

O fluxo de funcionamento do SFC é de cima para baixo.

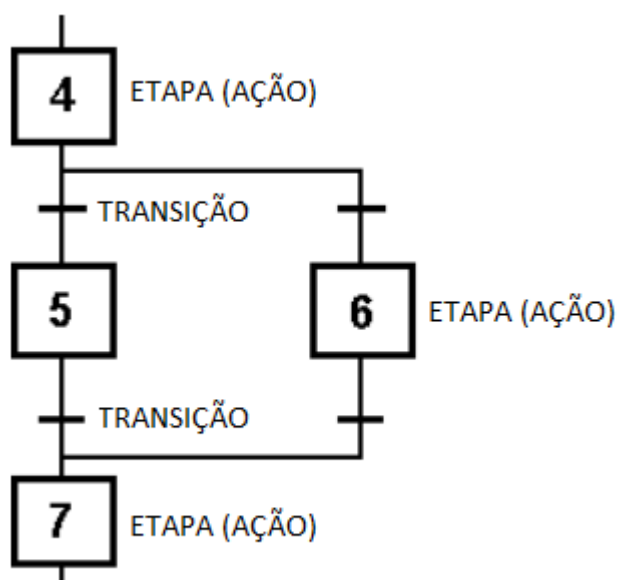


Figura 8 – Grafset.

Fonte: Autoria Própria.

Há também a possibilidade de trabalhar com paralelismo entre estruturas de grafset, ou seja, o fluxo de acionamento das etapas de um grafset depende do acionamento de etapas de grafset distintos.

A figura 9 demonstra de que modo isso ocorre, note que após o acionamento da etapa 4 no fluxograma da esquerda a transição para a etapa seguinte 5, só ocorrerá assim que a etapa 10 do grafset da direita for acionada, e assim que a

etapa 5 for acionada, a transição da etapa 10 para 11 ocorre no grafcet da direita. A este intertravamento de grafcet se dá o nome de paralelismo (GUIMARÃES, 2005).

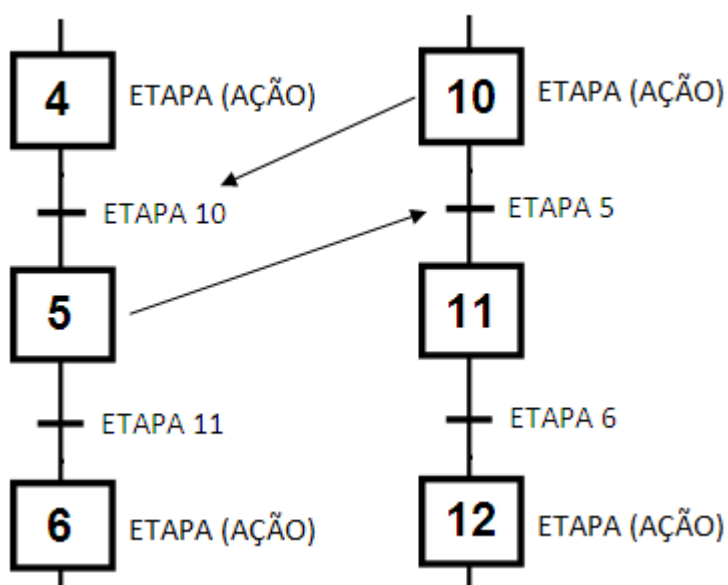


Figura 9 – Paralelismo Grafcet.

Fonte: Autoria Própria.

A grande vantagem desta linguagem é que apenas o código relativo a cada etapa é executado, facilitando assim a detecção de falhas e aumentando o desempenho (GUIMARÃES, 2005).

2.3.2 Ladder

Os CLP's surgiram da necessidade de substituir antigos comandos compostos por lógicas a relês, pensando em facilitar a utilização dos técnicos e engenheiros, criou-se uma linguagem de programação familiar a lógica de relês, o Ladder (SILVEIRA; SANTOS, 2001, p.24).

O nome Ladder se refere a uma analogia com uma escada, pois as linhas de programação se parecem com uma escada, onde duas barras paralelas são interligadas pela lógica de controle formando degraus (GEORGINI, 2000).

O Ladder é uma linguagem gráfica, no entanto, baseada em diagramas elétricos, representando bobinas interconectadas destacando a energização entre os elementos. Utilizada para descrever (GUIMARÃES, 2005).

- Funções
- Blocos Funcionais
- Programas
- Passos, ações e transições em SFC.

A figura 10 representa uma estrutura em diagrama Ladder, onde a linha vertical posicionada a esquerda representa um barramento energizado, e a linha vertical a direita representa uma barra terra, sendo assim o fluxo de potência sempre ocorre da esquerda para a direita, a função do controle é definida pela forma como os contatos abertos e fechados são associadas para comandar a bobina do relê (GUIMARÃES, 2005).

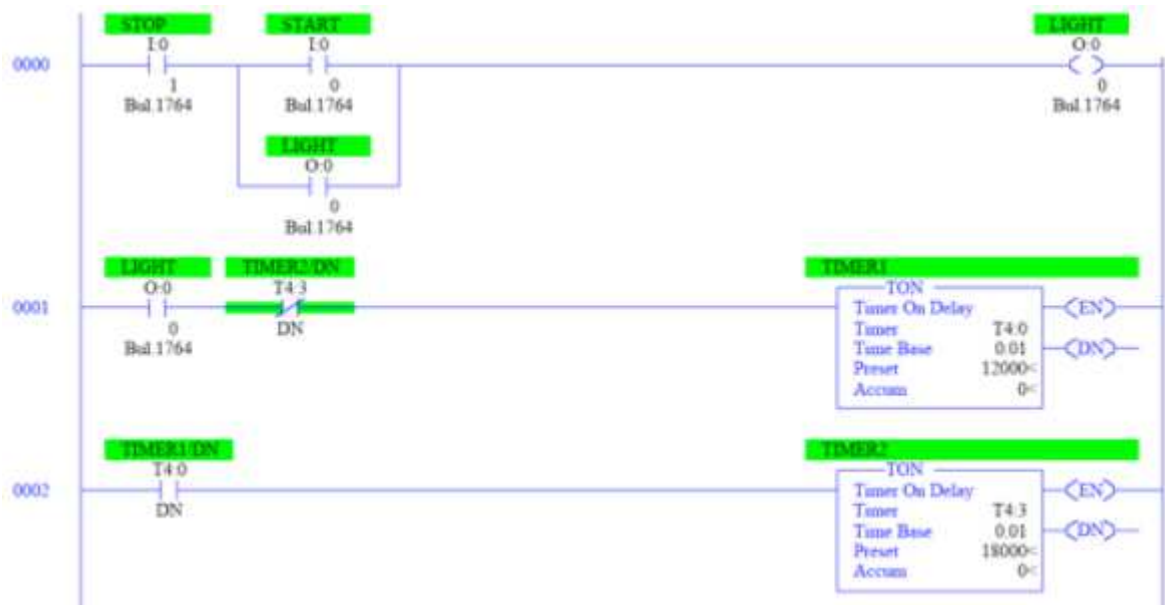


Figura 10 – Ladder.

Fonte: Autoria Própria.

Muito utilizada em aplicações que envolvem lógicas booleanas simples, devido à facilidade de programação e entendimento, no entanto a utilização do Ladder limita-se à medida que a complexidade e tamanho do programa vão aumentando, envolvendo cálculos e controles em malha fechada, por exemplo, sua utilização não é habitual (GUIMARÃES, 2005).

3 MÁQUINA EMENDEIRA.

O processo de colagem (emenda) da madeira é denominado emenda Finger Joint, este método consiste em emendar pequenos blocos de madeira pelo topo formando ripas, os blocos chegam até a máquina de colagem e sofrem cortes na forma de dentes intercalados, exemplificado na figura 11, os dentes recebem cola, e os blocos são pressionados um contra o outro de forma que os dentes se encaixem.

Em seguida corta-se a ripas na medida em que desejar.

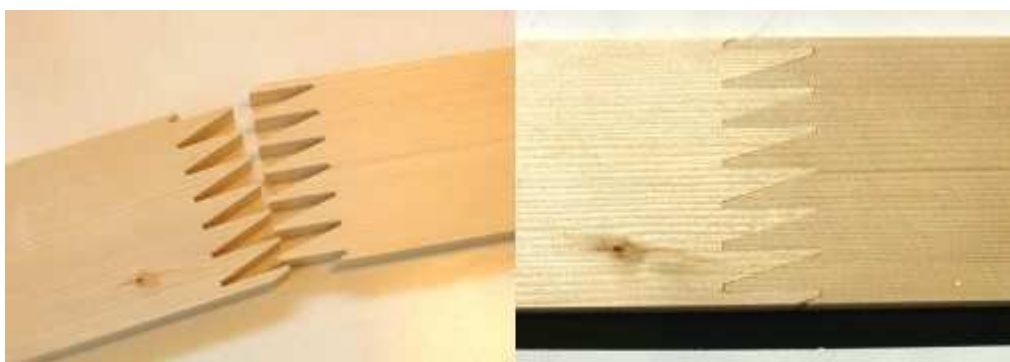


Figura 11 – Blocos com dentes.

Fonte: Autoria Própria.

A máquina emendadeira responsável por todo o processo de colagem divide-se em três partes, a primeira parte é composta pela esteira principal, ponte vertical, cinta transversal, 1º e 2º cabeçotes. A segunda parte consiste de um aplicador de cola e uma esteira de ordenamento (localizada no fim da esteira principal formando um ângulo de 90º). A terceira parte contém a bomba hidráulica, os rolos verticais, a mesa de corte e a serra de topo.

Para a correta operação da máquina são necessários quatro operadores, sendo um alimentador responsável por colocar os blocos na esteira principal (os blocos são colocados a 90º em relação ao sentido do movimento da esteira). Um operador de “esquina” com a função de guiar os blocos da esteira de entrada para a esteira de ordenamento e dois operadores da mesa de corte que retiram as ripas cortadas.

A figura 12 identifica de forma visual, os elementos principais da máquina descritos anteriormente.

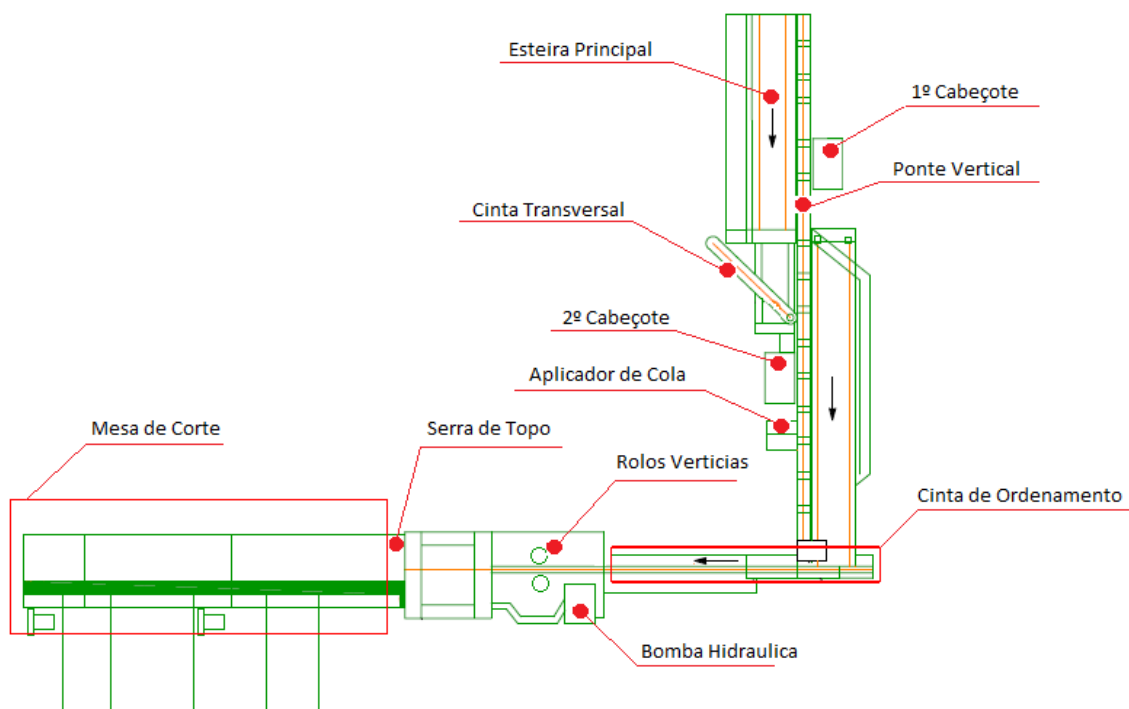


Figura 12 – Máquina Emendadeira.

Fonte: Autoria Própria.

A) ESTEIRA DE ALIMENTAÇÃO PRINCIPAL.

A esteira principal é formada por dentes posicionados a um ângulo de 90° em relação a esteira, sua função consiste em levar os blocos de madeira em direção aos cabeçotes, por meio dos dentes, os blocos são posicionados de forma que a corrente trave os blocos no sentido contrario a rotação do cabeçote, impossibilitando o escorregamento dos blocos no momento do corte.

B) PONTE VERTICAL, CABEÇOTE E ESTEIRA PRINCIPAL.

A ponte vertical pressiona os blocos de madeira contra a esteira impedindo que os blocos se movimentem ao entrar em contato com o cabeçote.

Os cabeçotes possuem lâminas que realizam o corte em formato de dentes nos blocos de madeira, os blocos são levados até o primeiro cabeçote pela esteira principal, onde são feitos os dentes no topo do bloco, depois de realizado o corte no primeiro cabeçote, a esteira transversal posiciona os blocos de modo que o segundo cabeçote realize os dentes no outro topo do bloco.

C) APLICAR DE COLA

Os blocos seguem na esteira principal, onde recebem cola somente entre os dentes de um topo do bloco, através de um aplicador de cola com acionamento pneumático, o aplicador é composto por um gabarito metálico com o formato dos dentes, com furos por onde a cola é aplicada através de pressão, ao passar os dentes dos blocos entre os dentes do gabarito a cola é aplicada.

D) ESTEIRA DE ORDENAMENTO, ROLOS VERTICAIS E SERRA DE TOPO.

Já com cola em um dos topos dos blocos, eles são guiados para a esteira de ordenamento, ficando paralelos a esteira, ou seja, topo contra topo, são empurrados sequencialmente na direção dos rolos verticais, sendo pressionados um contra o outro, unidos através dos dentes intercalados no topo dos blocos.

Após a união dos blocos, formando uma grande ripa de madeira, os rolos verticais empurram os blocos unidos (ripa), pela mesa de corte por toda sua extensão, ao chegar ao final da mesa, a serra de topo corta a peça, formando as ripas que serão usinadas posteriormente.

E) FUNCIONAMENTO.

Durante todo o processo de produção da máquina, podem ocorrer pequenas paradas ocasionadas por falha ou fadiga do operador, enrosco de madeira nos

cabeçotes ou entre a ponte e a esteira, falta de cola, falta de ar comprimido, enrosco de madeira na esteira transversal entre outros.

Todo o processo de alimentação de blocos de madeira na esteira de entrada, a realocação dos blocos da esteira principal para a esteira emendadeira e a retirada das ripas cortadas, é realizada manualmente em um processo repetitivo e exaustivo, uma vez que a máquina trabalha a uma velocidade de 150 a 170 blocos emendados por minuto. Ou seja, a cada minuto os operadores de entrada e de esquina repetem o mesmo movimento 170 vezes, aproximadamente 2,8 vezes por segundo. Além de todo esse trabalho os operadores são incumbidos de realizar apontamento de toda a jornada de funcionamento da máquina, quebras, falhas, paradas, número de ripas cortadas, média de velocidade, tempo das paradas, número de ripas descartadas entre outros dados.

O controle da máquina é realizado por um CLP do fabricante Rockwell Automation. No entanto todo o controle realizado é muito simples, abrangendo somente partida de motores e controles de periféricos, não contendo nenhum sistema de supervisão e coleta de dados, sendo assim nenhum dado com relação à produção da máquina é confiável, pois todos os dados são coletados por operadores extremamente ocupados, e de forma arcaica, anotados em pranchetas de apontamento.

Toda a lógica de controle foi desenvolvida em linguagem de programação Ladder, sendo que todos os comentários de Networks, Bit, Entradas e Saídas, quando existentes, estão na língua inglesa, o que dificulta muito o entendimento dos manutentores. Melhorias e alterações realizadas na máquina desde sua compra, foram realizadas sem nenhuma análise previa, e na maioria das vezes as alterações foram feitas de maneira errônea ou ineficaz.

Hoje os dados de produção e manutenção da máquina quando existentes não são confiáveis, uma vez que esta máquina, se tornou o gargalo da linha de produção, nada se pode fazer para melhorar este cenário sem os dados referentes a operação da máquina.

4 SISTEMA PROPOSTO

Este capítulo do trabalho descreve todas as etapas do desenvolvimento do sistema em questão, todos os materiais e métodos utilizados para elaboração do trabalho e do sistema, bem como observações e considerações a respeito de cada definição do projeto.

4.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

No problema proposto nota-se a dificuldade dos manutentores, na execução de manutenções e intervenções na lógica de controle, bem como entendimento da lógica utilizada. Este fator foi determinante na escolha do CLP a ser utilizado.

A etapa de definição do controlador a ser utilizado, envolve uma série de fatores: a capacidade de entradas e saídas suportadas pelo mesmo, arquitetura da aplicação, conhecimento da tecnologia e manutenibilidade, visando manutenções futuras, utilização de materiais que já são utilizados em outros segmentos da fábrica, facilitando o estoque de peças e custo da solução.

Para Silveira e Santos (2001), o CLP é composto de:

- Fonte de Alimentação
- Unidade Central de Processamento (CPU)
- Barramento I/O
- Terminal de Programação

Considerando a definição de CLP, nos tópicos seguintes segue o detalhamento do hardware especificado.

4.1.1 Controlador (CPU)

Para especificar qual CPU seria utilizada, iniciou-se pela capacidade que ela deveria suportar, foram adquiridos os dados relativos a quantidade de entradas e saídas utilizadas pela máquina:

- Saídas Digitais: 28
- Entradas Digitais: 49

Além do número de entradas e saídas, o controlador deve suportar uma conexão ethernet, possibilitando a comunicação com uma estação remota de supervisão. De posse destas exigências e observando que a empresa já possui diversos controladores do fabricante Allen Bradley (possuindo estoque de reposição para tais controladores, licenças de softwares de desenvolvimento e intervenção, aliado a qualificação e preferência da manutenção), não restaram dúvidas quanto ao fabricante a ser utilizado.

De acordo com todos estes fatos, foi especificado um controlador do fabricante Allen Bradley que atenda as exigências do projeto: suporte ao número de entradas e saídas, possibilidade de conexão ethernet ou RS-232.

Assim sendo definiu-se que o a CPU a ser utilizada será o Compact Logix 1769-L35E que atende todas as necessidades especificadas e possui as seguintes características:

- Memória disponível: 1,5 MB.
- Número de bancos de I/O: 3.
- Consumo de corrente: 660ma em 5VDC e 90ma em 24VDC.
- Comunicação: serial e ethernet.



Figura 13 – Compact Logix L35E.
Fonte: MANUAL COMPACTLOGIX, 2012.

4.1.2 Entradas e Saídas

Já com o CPU e o número de entradas e saídas definidas, analisaram-se junto ao fabricante quais módulos eram compatíveis com a CPU especificada e os números de I/O em cada módulo.

Com base nas informações do fabricante definiram-se como módulo de entrada o 1769-IQ16 possuindo 16 entradas digitais e o módulo de saída 1769-OB16 contendo 16 saídas digitais, respectivamente demonstradas nas figuras a seguir.

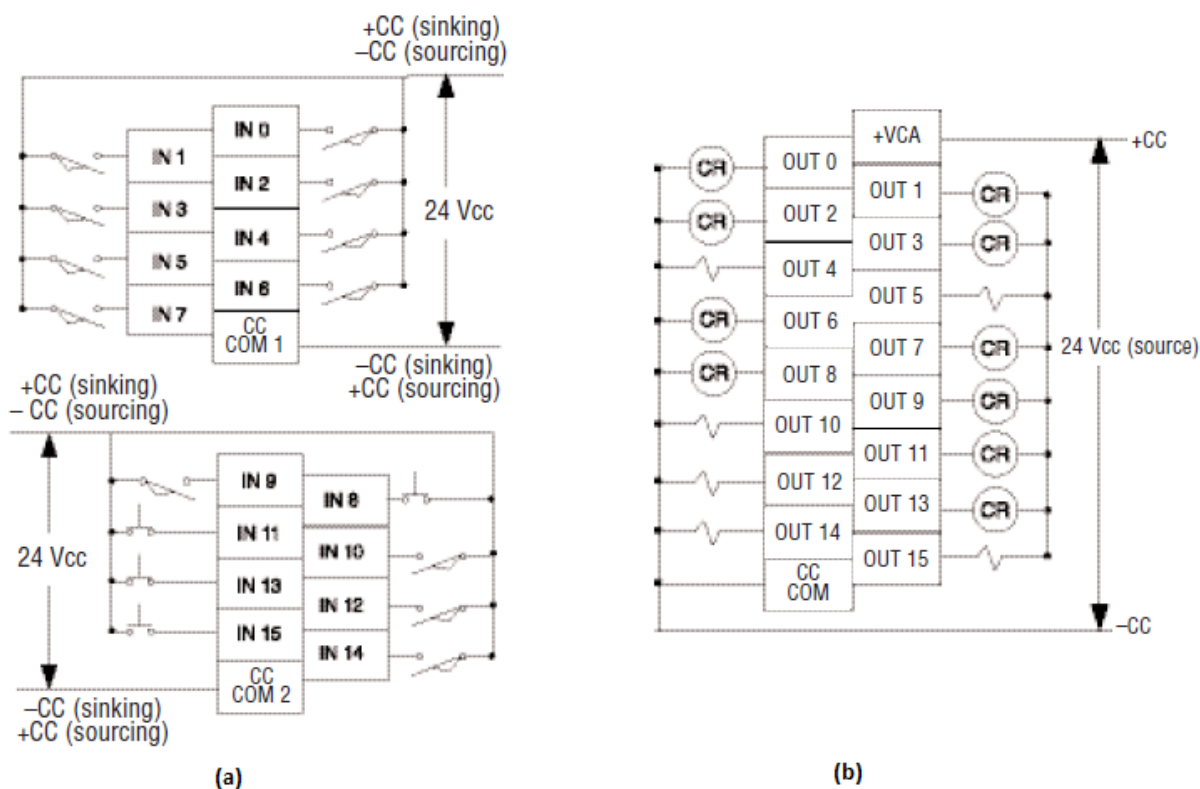


Figura 14 – Módulos de (a) entradas e (b) saídas.

Fonte: GUIA COMPACT I/O, 2005.

4.1.3 Fonte

Os fabricantes produzem fontes específicas para cada modelo de CLP, as fontes 1769-PA2 e 1769-PA4, com 2 e 4 Amperes respectivamente, são os modelos comercializados pela Allen Bradley para o modelo de CLP escolhido.

A Rockwell dispõe um software chamado Integrated Architecture Builder (IAB) que auxilia no dimensionamento da quantidade de fontes que deverá ser utilizada no projeto bem como a correta ordem da instalação do hardware em questão. O software foi utilizado para especificar a ordem em que os módulos de entrada e saída serão instalados bem como a quantidade de fontes necessárias para o número de módulos, o modelo e seu respectivo consumo.

De acordo com o IAB a fonte que atende as necessidades do hardware é o modelo 1769-PA4 que possui as seguintes características:

Technical Specifications - 1769 Compact I/O Power Supplies

Attribute	1769-PA4
Input voltage range	85...265V AC or 170...265V AC, switch selectable
Input voltage, nom	120V/220V AC
Power consumption	200 VA @ 120V AC 240 VA @ 240V AC
Power dissipation	18 W @ 60° C (140° F)
Current capacity @ 5V	4.0 A
Current capacity @ 24V	2.0 A
Inrush current, max	25 A @ 132V AC
Isolation voltage	265V (continuous), reinforced insulation type (IEC Class 1 grounding required) Routine tested at 2596V DC for 1 s, AC power input to system
Fuse type	Wickmann 19195-3.15A Littelfuse 02183.15MXP

Figura 15 – Característica da fonte.

Fonte: MANUAL TÉCNICO FONTE DE ALIMENTAÇÃO, 2010.

4.1.4 Instalação do Hardware

Com o auxílio do software IAB da Rocwell, foi possível obter a melhor disposição dos componentes do CLP no rack de instalação. Na figura 16 é possível observar que o CPU deve ficar alinhado a esquerda do Rack, em seguida observando da esquerda para direita, estão 3 módulos de entradas, 1 fonte 1769-PA4, mais 1 módulo de entradas, 3 módulos de saídas e no final um terminador esquerdo.

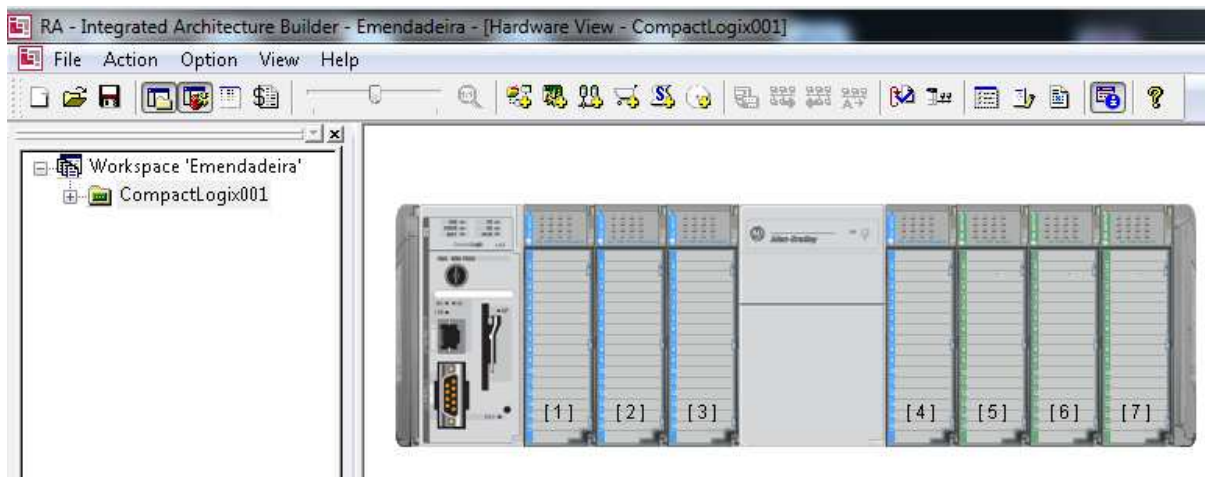


Figura 16– Hardware Instalado.

Fonte: Autoria Própria.

4.2 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO

Neste item uma breve apresentação do ambiente de desenvolvimento da lógica de controle será apresentada.

Para cada tipo de controlador o fabricante dispõe de uma ferramenta diferente de desenvolvimento, como exemplo a Rockwell utilizada para os seus controladores de menor porte o RsLogix 500. Já para os controladores com maior capacidade o RsLogix5000, para o modelo de controlador especificado, o RsLogix5000 será utilizado como ferramenta de desenvolvimento.

O RsLogix é responsável por oferecer suporte a programação, ou seja, desenvolvimento da lógica de controle, carregamento da lógica desenvolvida no CLP, monitoração do controle e a execução do programa.

Após o desenvolvimento da aplicação, se faz necessário realizar a comunicação entre o computador e o CLP, realizando assim o carregamento do programa no CLP. Para tal conexão a Rockwell disponibiliza o software RsLinx, utilizado para realizar a interface de conexão entre os dois periféricos, dando suporte também a conexão do CLP com sistemas de supervisão utilizando o drive OPC, realizando a comunicação de/para entre o CLP e o computador.

Já para o desenvolvimento do sistema de supervisão, o software RsView se apresenta como solução da Rockwell Automation, disponibilizando diversas

ferramentas de auxílio ao desenvolvimento de sistemas de supervisão e operação de processos industriais, totalmente compatível com comunicação via drive OPC.

4.3 DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO.

Utilizando como base o programa anterior da máquina em questão, iniciou-se o desenvolvimento dos GRAFCET'S de controle, levando em considerações todos os intertravamentos de segurança e de operação existentes na máquina.

A partida da máquina e o início de funcionamento dos motores principais, obedecem a diversos requisitos de segurança, o funcionamento da máquina está subdividido em três partes, esteira principal, esteira de ordenamento e mesa de saída.

O desenvolvimento da lógica de controle se inicia pelo funcionamento dos motores principais da máquina conforme figura 17, passando por uma checagem da pressão nas linhas de ar, enchendo os bolsões de ar em seguida e permanecendo em modo run posteriormente, pronta para entrar em operação.

Toda esta seqüência de funcionamento da máquina ocorre em paralelo com o monitoramento das emergências, em qualquer instante, ao detectar o acionamento de uma emergência o sistema entra em modo stop (parado), desligando instantaneamente os cabeçotes e as esteiras.

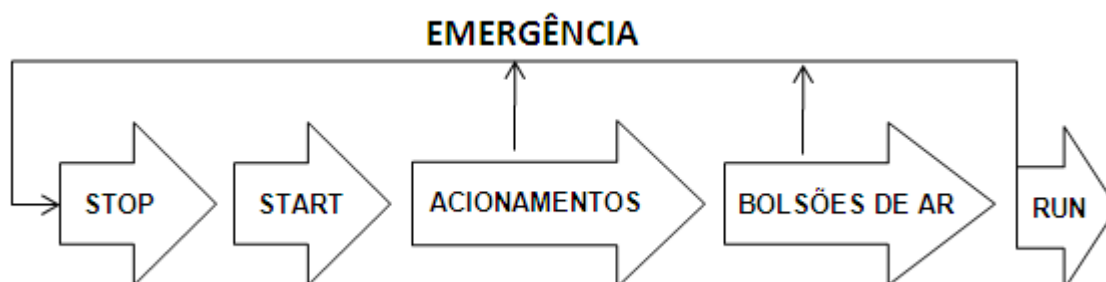


Figura 17 – Sequencia de Funcionamento.

Fonte: Autoria Própria.

A sequencia de acionamentos dos motores ocorre de forma sucessiva, ou seja, um motor só pode ser acionado assim que a confirmação do acionado anteriormente

for identificada pelo controlador e seu contato de proteção térmica não se encontre atuado.

Ao comando de start do operador todos os níveis de fluido são checados, óleo e água, após verificação a bomba hidráulica é acionada, assim que a confirmação de acionamento for recebida pelo controlador, libera-se o acionamento dos cabeçotes, em seguida a esteira de ordenamento é acionada, com a sua confirmação os rolos verticais são acionados junto com as serras da mesa de saída, em seguida os pressostatos são verificados e inicia-se a pressurização dos bolsões de ar até o *set point* de pressurização, colocando o sistema em modo *run* em seguida.

Em modo *run* o sistema permanece aguardando comando do operador para iniciar a alimentação da máquina.

4.4 ESTRUTURA DO PROGRAMA

Como descrito anteriormente todo sistema foi desenvolvido em GRAFCET, no entanto o ambiente de desenvolvimento não possibilita o desenvolvimento da lógica de controle nesta linguagem, portanto todo GRAFCET foi interpretado e transferido para linguagem LADDER. A seguir segue demonstração de como o programa será estruturado.

Neste capítulo apresenta-se de forma muito sucinta a forma como o programa foi desenvolvido, e de que forma sua organização está estruturada, detalhes de funcionamento de blocos e lógicas mais elaboradas não serão abordados.

Visando facilitar o entendimento e a organização do código fonte, todos os endereços físicos, entradas e saídas digitais são utilizadas somente uma vez, sendo substituído por uma tag correspondente, como figura 18, deste modo a tag correspondente passa a ser utilizada em todo o código, facilitando assim o entendimento.

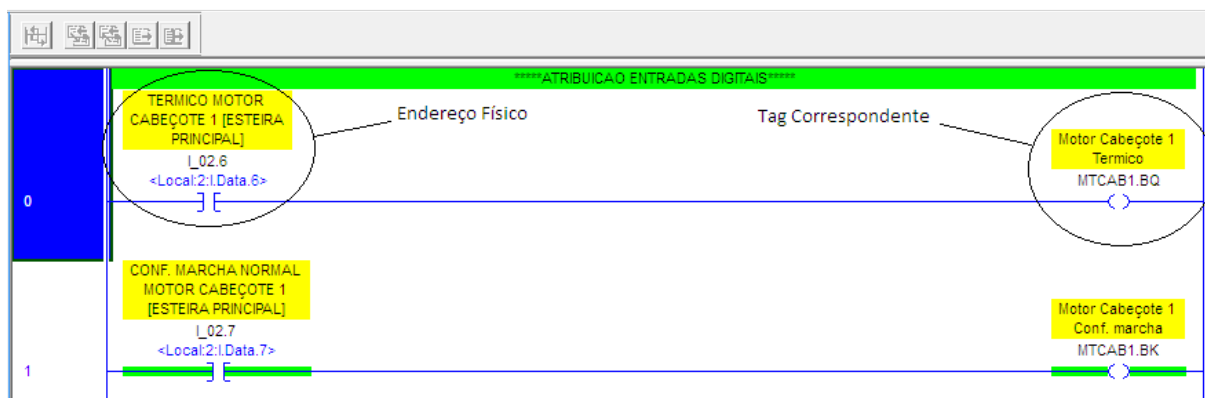


Figura 18 – Utilização de endereço físico.

Fonte: Autoria Própria.

O programa LADDER foi dividido em quatro partes: sequencia de etapas, motores e válvulas, temporizadores e alarmes. Na sequencia das etapas é realizado o controle do sequenciamento e transição de etapas, onde todo o sequenciamento do GRAFCET é transposto para o LADDER como demonstrado na figura 19.

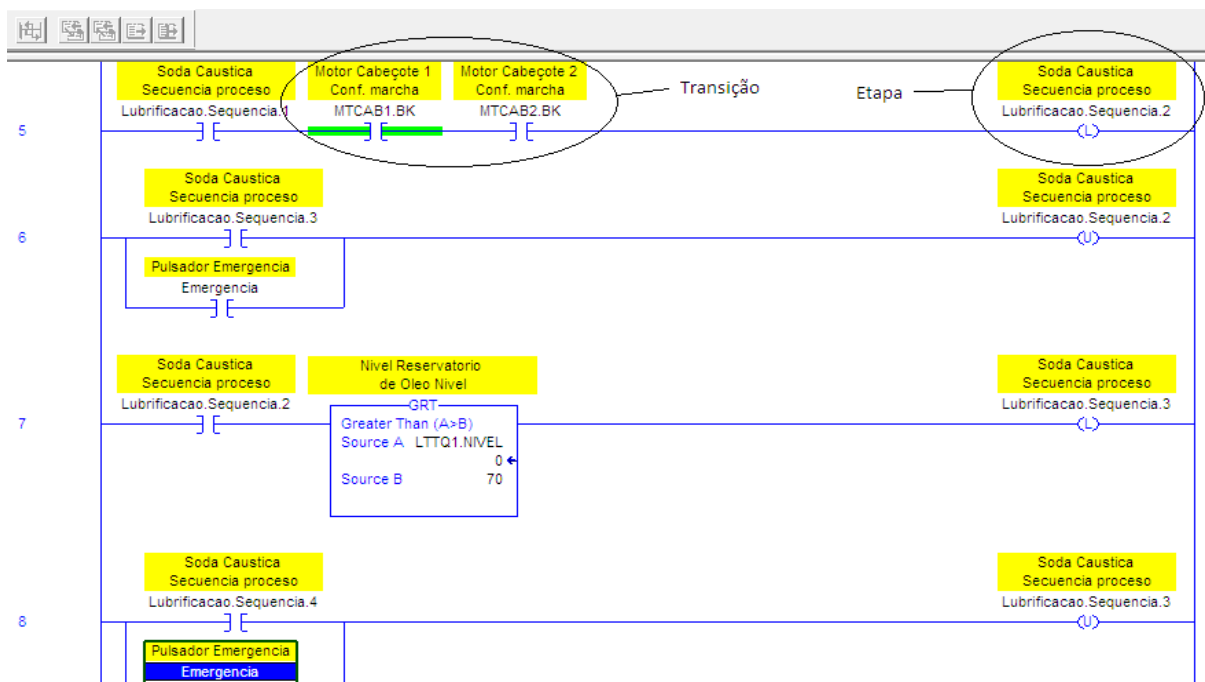


Figura 19 – Etapas e Transições.

Fonte: Autoria Própria.

Já no controle de motores e válvulas foram desenvolvidos blocos específicos para controlar motores e válvulas, estes blocos têm a finalidade de receber entradas como emergência, rele térmico, bit de acionamento, bit de parada e acionar saídas como, ativação e estado do bloco.

De uma forma simplificada esta seção é responsável por todos os acionamentos do programa, quando se deseja acionar determinada motor na etapa 2 por exemplo, é só colocar o bit da etapa 2 para ativar o bit de acionamento do bloco, como demonstrado na figura 20.

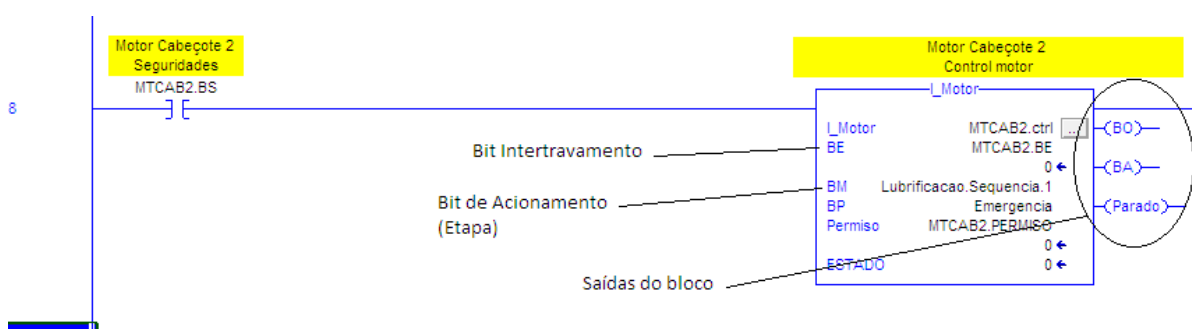


Figura 20 – Bloco de Acionamento.

Fonte: Autoria Própria.

Já a seção de temporizados e alarmes foi criada apenas com o intuito de limpar as outras seções, dividindo-os em duas seções o seu entendimento ficam mais claro quando dispostas separadamente.

A seção temporizadores é composta apenas por acionamento de temporizadores e anda mais.

Já a seção de alarmes, contém lógicas combinacionais que obedecendo a critérios específicos acionam um bit de alarme (figura 21), este bit de alarme aciona o alarme no supervisório, indicando ao operador o possível problema ou condição do processo.

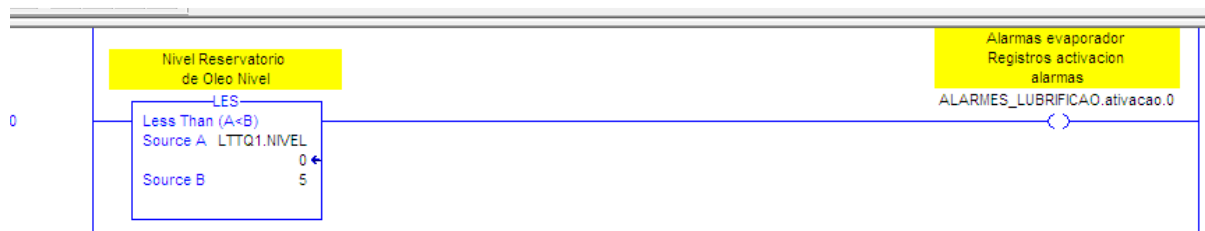


Figura 21 – Alarmes.

Fonte: Autoria Própria.

4.5 GRAFCET DO PROGRAMA

Foram desenvolvidos seis GRAFCET'S para o total funcionamento da máquina, divididos em: acionamento dos motores, sistema de prensagem e mesa de saída, esteira de ordenamento, esteira principal, coleta de dados de produção, e por fim controle de lubrificação da esteira principal da máquina.

Todos os sequenciamentos dos GRAFCET's funcionam com comandos remotos, painéis de comando instalados em pontos estratégicos da máquina, *timers* e sensores instalados em diversos pontos da máquina.

O GRAFCET de acionamento dos motores demonstrado na figura 22 e na figura 23, tem por finalidade acionar os principais motores da máquina, respeitando sempre a confirmação de acionamento do motor anterior para liberar assim o acionamento do posterior, em seguida enche os bolsões de ar até a pressão ideal, e por fim assim que todos os motores estiverem em rotação nominal e os bolsões de ar na pressão ideal, o sistema entra modo *RUN*.

Para a esteira de ordenamento foi desenvolvida um GRAFCET que controla a velocidade dos rolos verticais, bem como o momento de abrir e fechar os mesmos, exemplificados na figura 24 e 25.

Já o GRAFCET da mesa de saída, tem como objetivo de controle, serrar as ripas de acordo com medida configurada por ajustes mecânicos na mesa, prensar os blocos que estão unidos para formar essa ripa, e expulsá-los da mesa, estruturado conforme figura 26 e 27.

Apresenta-se como estrutura de controle da esteira principal um GRAFCET estruturado afim de acionar a esteira principal e a correia transversal, monitorando

continuamente se algum bloco esta enroscado, e ao mesmo tempo aplicando cola em todos os blocos, a sequencia deste GRAFCET está apresentada na figura 28 e 29.

Na figura 30 e 31 encontra-se exemplificado o GRAFCET responsável pela lubrificação do sistema.

E por fim na figura 32 e 33 tem-se um GRAFCET responsável pelo controle da coleta de dados da máquina, dados estes que posteriormente aglutinados e analisados se transformam nos indicadores de produção e manutenção.

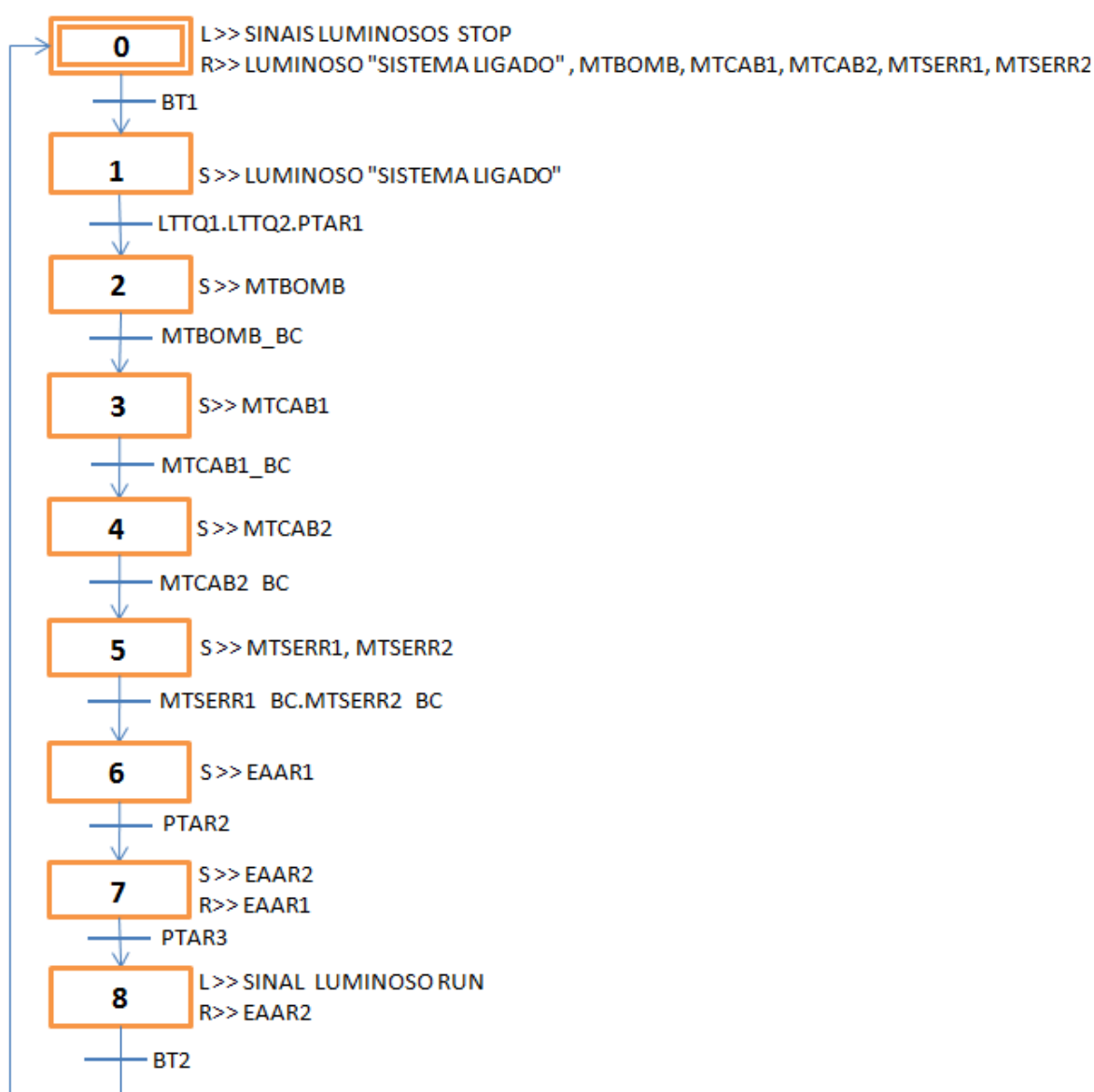


Figura 22 – Acionamento de motores.

Fonte: Autoria Própria.

ENTRADAS		SAÍDAS	
BT1	Botão START	MTBOMB	Motor Bomba Hidráulica
BT2	Botão STOP Máquina	MTCAB1	Motor Cabeçote 1
LTTQ1	Nível Oleo Lubrificação	MTCAB2	Motor Cabeçote 2
LTTQ2	Nível Cola	MTSERR1	Motor Serra de Prensa
PTAR1	Pressostato Linha de AR.	MTSERR2	Motor Serra de Saída
PTAR2	AIRBAG 1 Cheio	EAAR1	Eletrovalvula Encher AirBag 1
PTAR3	AIRBAG 2 Cheio	EAAR2	Eletrovalvula Encher AirBag 2
MTBOMB_BC	Bit Confirmação Motor Bomba Hidráulica		
MTCAB1_BC	Bit Confirmação Motor Cabeçote 1		
MTCAB2_BC	Bit Confirmação Motor Cabeçote 2		
MTSERR1_BC	Bit Confirmação Motor Serra Prensa		
MTSERR2_BC	Bit Confirmação Motor Serra de Saída		

Figura 23 – Entradas e Saídas Acionamento de Motores.

Fonte: Autoria Própria.

O GRAFCET de acionamento de motores em sua etapa inicial indica por meio de um sinal luminoso que o sistema está parado, e também tem como ação resetar todos os bit de acionamento de motores que são acionados por outras etapas. Sua transição para a etapa 1 se dá através de um botão de acionamento BT1, ativando assim a etapa 2, acionando um sinal luminoso indicando “máquina em funcionamento”, ocorrendo a transição para a etapa 3 somente se os reservatórios de cola e de óleo tiverem com o nível mínimo, e o pressostato indicar a pressão de ar na linha.

Na etapa 3 inicia-se a sequencia de ligamento de motores, ocorrendo a transição para as etapas subseqüentes através da confirmação de acionamento de cada motor. Isso ocorre até a etapa 6, onde é acionada a eletrovalvula de enchimento do airbag 1, ocorrendo a transição para etapa 7 com o sinal do pressostato do airbag 1. Na 7 a eletroválvula do airbag 1 é desativada e a eletroválvula do airbag 2 é acionada, enchendo assim o airbag 2, a transição para etapa 8 ocorre da mesma forma que a 7.

Um sinal luminoso indicando que a máquina esta em *RUN* é acionado na etapa 8, permanecendo nesta etapa até que o botão de desligamento da máquina seja pressionado.

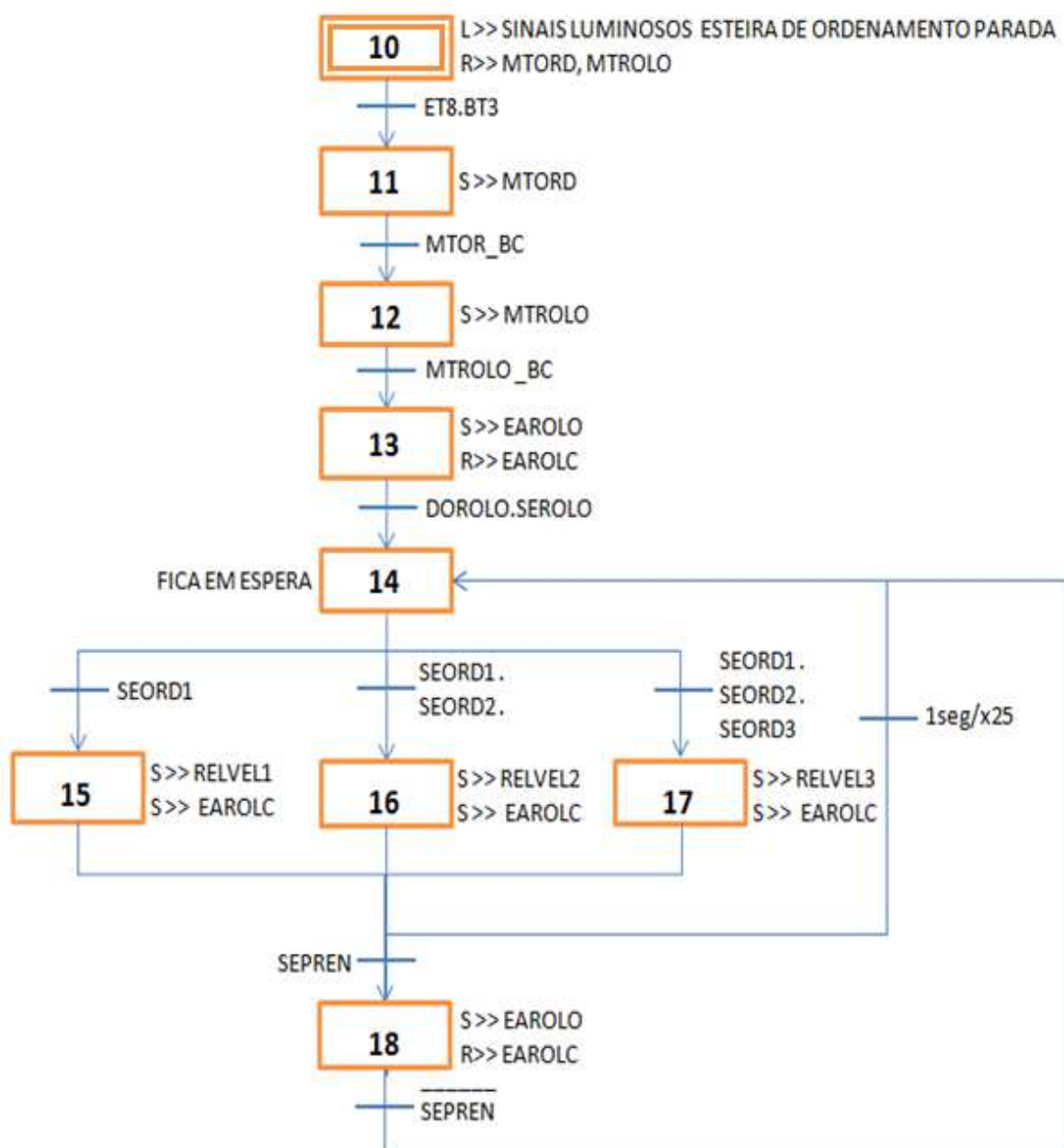


Figura 24 – Esteira de Ordenamento.

Fonte: Autoria Própria.

ENTRADAS		SAÍDAS	
BT3	Botão START	MTORD	Rele Avanca Esteira de Ordenamento
BT4	Botão STOP Esteira Ordenamento	MTROLO	Rele Avanca Rolos Verticais
MTOR_BC	Bit Confirmação Motor Esteira Ordenamento	EAROLO	Eletrovalvula Abrir Rolo Vertical
MTROLO_E	Bit Confirmação Motor Rolos Verticais	EAROLC	Eletrovalvula Fechar Rolo Vertical
DOROLO	Sensor Magnetico Rolo Vertical Aberto	RELVEL1	Velocidade Rolos Prensa 1
SEROLO	Sensor Optico Presença nos Rolos Verticais	RELVEL2	Velocidade Rolos Prensa 2
SEORD1	Sensor Optico 1 Cinta Ordenamento	RELVEL3	Velocidade Rolos Prensa 3
SEORD2	Sensor Optico 2 Cinta Ordenamento		
SEORD3	Sensor Optico 3 Cinta Ordenamento		
SEORD4	Sensor Optico 4 Cinta Ordenamento		
SEORD5	Sensor Optico 5 Cinta Ordenamento		
SEPREN	Sensor Optico Final Prensa		

Figura 25 – Entradas e Saídas Esteira de Ordenamento.

Fonte: Autoria Própria.

O GRAFCET da esteira de ordenamento esta dividido em 9 etapas, seu funcionamento limita-se a aguardar a etapa 8 estar ativa (*RUN*) para iniciar a sequencia. A medida que existe madeira na esteira a velocidade do rolo se altera, e quando a ripa é detectada no fim da mesa de saída, os rolos se abrem cessando assim a pressão nas ripas contra a mesa de saída. Assim que a ripa for cortada e expulsa da mesa de saída, os rolos se fecham e voltam a empurrar outra ripa para a mesa de saída, a qualquer momento o botão BT4 pode ser acionado ativando assim a etapa 10 desligando toda a esteira e os rolos.

Simplificando o entendimento esta sequencia limita-se a controlar a abertura e velocidade dos rolos de tração das ripas.

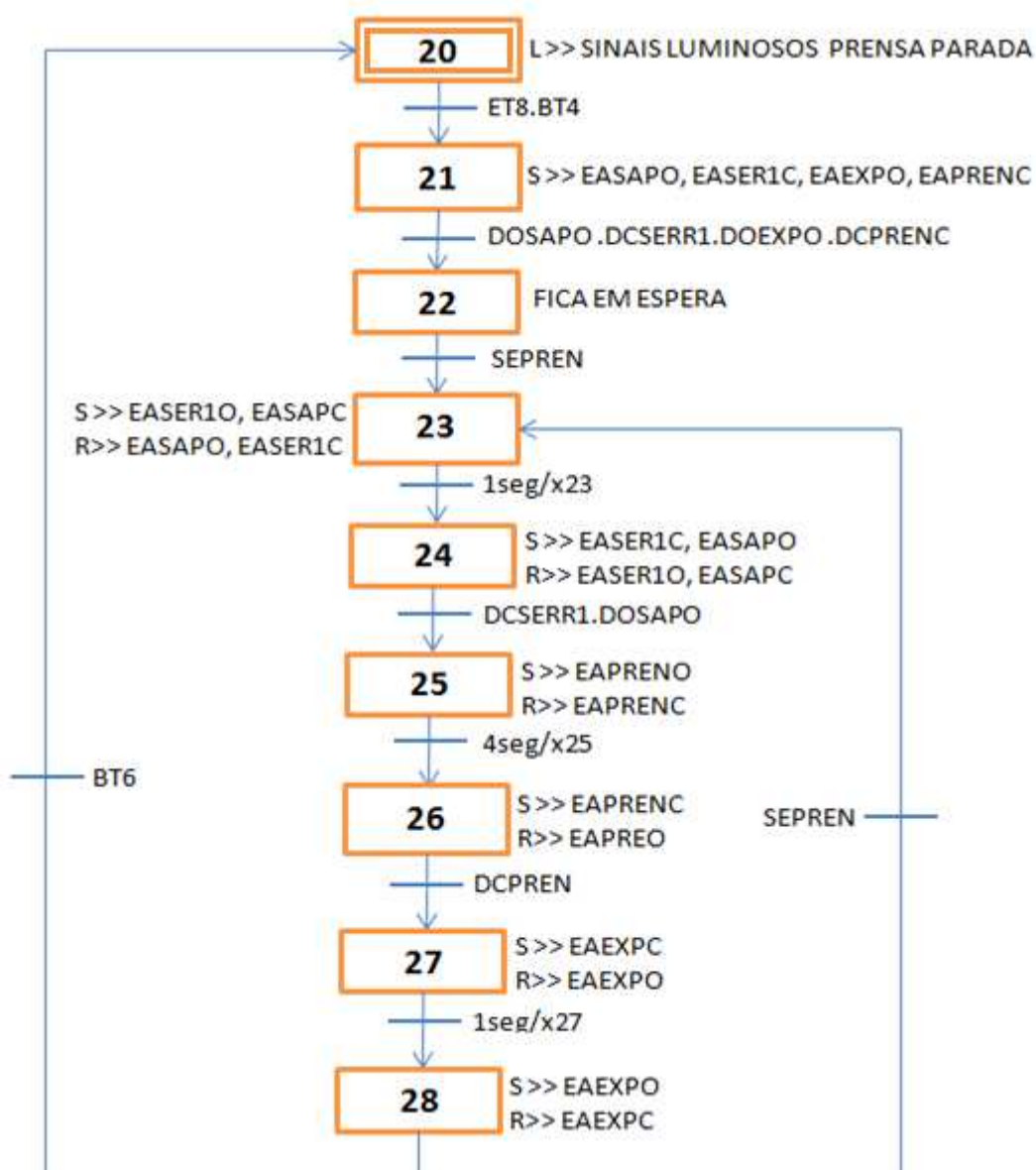


Figura 26 – Mesa de Saída.

Fonte: Autoria Própria.

ENTRADAS	
BT5	Botão START Prensa
BT6	Botão STOP Sistema Prensa
DOSAPO	Sensor Magnetico Sapata Elevada
DCSERR1	Sensor Magnetico Serra Prensa Baixada
DOEXPO	Sensor Magnetico Expulsor Aberto
DCPRENC	Sensor Magnetico Prensor Retraido
SEPREN	Sensor Optico Final Prensa

SAÍDAS	
EASAPO	Eletrovalvula Sobe Sapata
EASAPC	Eletrovalvula Baixa Sapata
EASER1O	Eletrovalvula Eleva Serra Prensa
EASER1C	Eletrovalvula Baixa Serra Prensa
EAPRENO	Eletrovalvula Abrir Prensor
EAPRENC	Eletrovalvula Retrair Prensor
EAEXPO	Eletrovalvula Abrir Expulsor
EAEXPC	Eletrovalvula Fechar Expulsor

Figura 27 – Entradas e Saídas Mesa de Saída.

Fonte: Autoria Própria.

No GRAFCET de controle da mesa de saída, a etapa 20 mantém um sinal luminoso de “prensa parada” até que o sistema se encontre na etapa 8 (*RUN*), e o bit de comando remoto BT4 seja acionado pelo operador, iniciando assim a etapa 21, onde a sapata sobe. A serra permanece abaixada, o expulsor aberto e o prensor retraído. Assim que todas as posições dos pistões forem identificadas pelos sensores, a etapa 22 é acionado ficando em espera até que o sensor óptico do final da prensa identifica a presença de uma ripa, acionando assim a etapa 23.

Na etapa 23 a sapata é abaixada e a serra acionada cortando a ripa no tamanho definido mecanicamente, após 1 segundo a etapa 24 se torna ativa, recolhendo a serra e a sapata e acionando a etapa 25 após a confirmação dos pistões. Etapa essa que aciona o prensor, prensando os blocos durante 4 segundos formando as ripas, acionando assim a etapa 26, retraíndo o prensor, e ativando a etapa 27, que retrair o expulsor durante 1 segundo. Em seguida ativa a etapa 28, abrindo o expulsor expulsando a ripa prensada pronta para ser empilhado, nesta etapa o sistema fica aguardando o sensor óptico do final da mesa, assim que atuado indicando a presença de uma ripa o sistema ativa novamente a etapa 23 iniciando o ciclo de prensagem novamente.

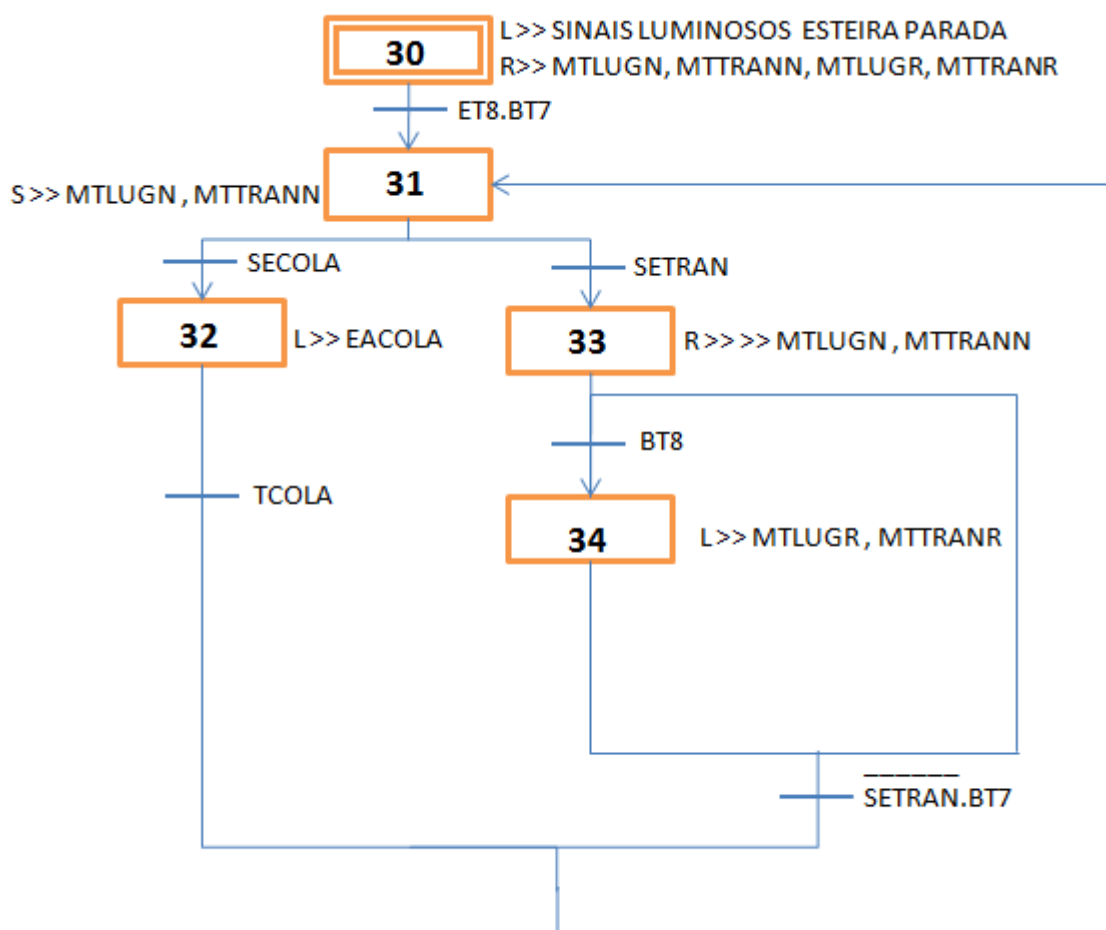


Figura 28 – Esteira Principal.

Fonte: Autoria Própria.

ENTRADAS		SAÍDAS	
BT7	Botão Avança Esteira Principal	MTLUGN	Rele Avança Esteira Principal
BT8	Botão Liga Reverso Esteira Principal	MTTRANN	Rele Avança Cinta Transferencia de Blocos
BT9	Botão STOP Esteira Principal	EACOLA	Eletrovalvula Aplicador de Cola
SECOLA	Sensor Optico Aplicador de Cola	MTLUGR	Rele Retrocede Esteira Principal
SETRAN	Sensor Indutivo Cinta Transferencia de Blocos Travada	MTTRANR	Rele Retrocede Cintra Transferencia de Blocos
TCOLA	Tempo Supervisorio Aplicado de Cola		

Figura 29 – Entradas e Saídas Esteira Principal.

Fonte: Autoria Própria.

A esteira principal tem por finalidade levar os blocos de madeira até os cabeçotes 1 e 2. Assim que a etapa 8 estiver ativa e o operador comandar o avanço da esteira principal, ativa-se a etapa 31 acionando a esteira principal, junto com a cinta de transferência de blocos.

Permanecendo na etapa 31 até que o sensor “SECOLA” identifique à presença de um bloco de madeira, pulando para etapa 32, acionando a eletroválvula de aplicação de cola que permanece acionada pelo tempo “TCOLA” definido através do supervisor. Caso contrário a etapa 33 é acionada pelo sensor “SETRAN”, parando os dois motores, dando sequencia após o comando remoto de acionamento reverso, à partida reversa dos dois motores. Este procedimento acontece quando um bloco de madeira fica travado na cinta de transferência, retornando para etapa 31 assim que o bloco for desenroscado e o comando de avanço da esteira for efetuado.

A qualquer momento o botão BT9 pode ser pressionado ativando a etapa 30 parando todos os motores.

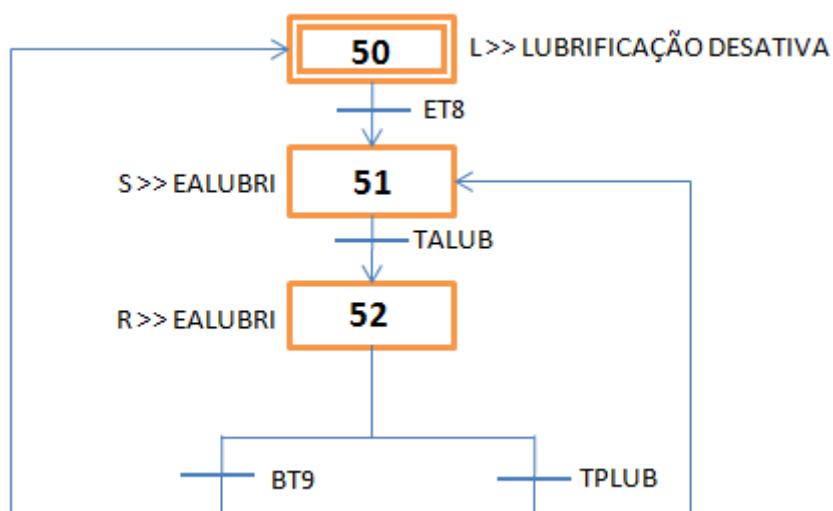


Figura 30 – Lubrificação.

Fonte: Autoria Própria.

ENTRADAS		SAÍDAS	
BT9	Botão STOP Esteira Principal	EALUBRI	Eletrovalvula Lubrificação Esteira Principal
TPLUB	Tempo Espera Lubrificação		
TALUB	Tempo Ativado Lubrificação		

Figura 31 – Entradas e Saídas Lubrificação.

Fonte: Autoria Própria.

O sistema de lubrificação funciona de uma forma bem simples, dois tempos são configurados no supervisor. O “TPLUB” tempo em que a válvula de lubrificação permanece fechada e o “TALUB” tempo que a válvula permanece atuada. Assim sendo a cada instante de tempo “TPLUB” a válvula entra em funcionamento pelo tempo definido em “TALUB”.



Figura 32 – Coleta de Dados.

Fonte: Autoria Própria.

VARIÁVEIS DE CONTROLE		ENTRADAS	
NPAESPR	Numero de Paradas Esteira Principal	SECOLA	Sensor Optico Aplicador de Cola
TPAESPR	Tempo Acumulado Parada Esteira Principal	SEPREN	Sensor Optico Final Prensa
NPAESOR	Numero de Paradas Esteira Ordenamento	BT3	Botão START Esteira Ordenamento
TPAESOR	Tempo Acumulado Parada Esteira Ordenamento	BT4	Botão STOP Esteira Ordenamento
NPAPREN	Numero de Paradas Prensa	BT5	Botão START Prensa
TPAPREN	Tempo Acumulado Parada Prensa	BT6	Botão STOP Sistema Prensa
TTRAB	Tempo Trabalhado	BT7	Botão Avança Esteira Principal
NBLOCO	Numero de Blocos	BT9	Botão STOP Esteira Principal
NBLANK	Numero de Ripas	BT10	Peça Descartada
NRETRA	Ripas para Retrabalho		

Figura 33 - Entradas e Variáveis de Coleta de Dados.

Fonte: Autoria Própria.

Como descrito anteriormente, o sistema de coleta de dados de produção é coletado de forma manual, sendo assim, nada confiável. Um GRAFCET simples de coleta de dados foi desenvolvido, sequencia esta que se propõe a quantificar os números de blocos colados. O número de ripas produzidas, número de peças à retrabalho, numero de paradas e tempo acumulado de paradas, na esteira principal, na esteira de ordenamento e na prensa individualmente.

Lembrando que os GRAFCET não contemplam a emergência. No entanto a qualquer momento a emergência pode ser acionada, ativando assim as etapas iniciais de cada GRAFCET. E parando assim todos os motores da máquina, mantendo os acionamentos pneumáticos da maneira que se encontram no momento da parada.

4.6 SUPERVISÓRIO

Como já descrito anteriormente os sistemas de supervisão tem a finalidade de supervisionar processos, coletando variáveis pertinentes ao processo e armazenando-os em banco de dados. Utilizando o drive de comunicação OPC para comunicação com dispositivos de hardware.

O sistema de supervisão proposto, é composto por uma interface de operação simples, onde toda a máquina pode ser visualizada e operada, acionando motores e visualizando dados de produção.

O software RsLinx da Rockwell Automation responsável por possibilitar e configurar a comunicação via OPC do sistema de supervisão com o hardware, foi utilizado criando a comunicação Supervisório/CLP, e possibilitando a alimentação de um banco de dados, viabilizando a geração de relatórios de produção, tempos de parada e o OEE (indicador responsável pela eficiência de máquina).

O software utilizado para o desenvolvimento do sistema de supervisão foi o RsView, juntamente com o Microsoft Excel, este utilizado para o desenvolvimento dos gráficos, uma vez que o RsView permite a integração desta ferramenta. A base de dados alimentada através da comunicação criada através do RsLinx é utilizada para criar os gráficos, novos gráficos e demonstrativos podem ser criados a medida que necessário, pois a base de dados esta pronta e constantemente atualizada.

A figura 34 demonstra a tela principal do sistema de supervisão, contemplando todos os acionamentos presentes na máquina, bastando apenas clicar em cada motor para que uma aba apareça e possibilite seu acionamento, ficando verde assim que acionado, e piscando em vermelho caso haja quaisquer falhas com o acionamento. Caixas demonstram a velocidade da máquina “LUGS/MIN”, o número de blocos colados “Nº DE BLOCKS”, o número de ripas “Nº

DE BLANKS” e o número de peças descartadas para retrabalho “Nº DE DESCARTES”. Ao centro da tela, é possível visualizar o número de paradas na esteira principal, na esteira de ordenamento e seus respectivos tempos acumulados, o tempo de máquina rodando também pode ser visualizado bem como os relatórios podem ser acessados desta tela.

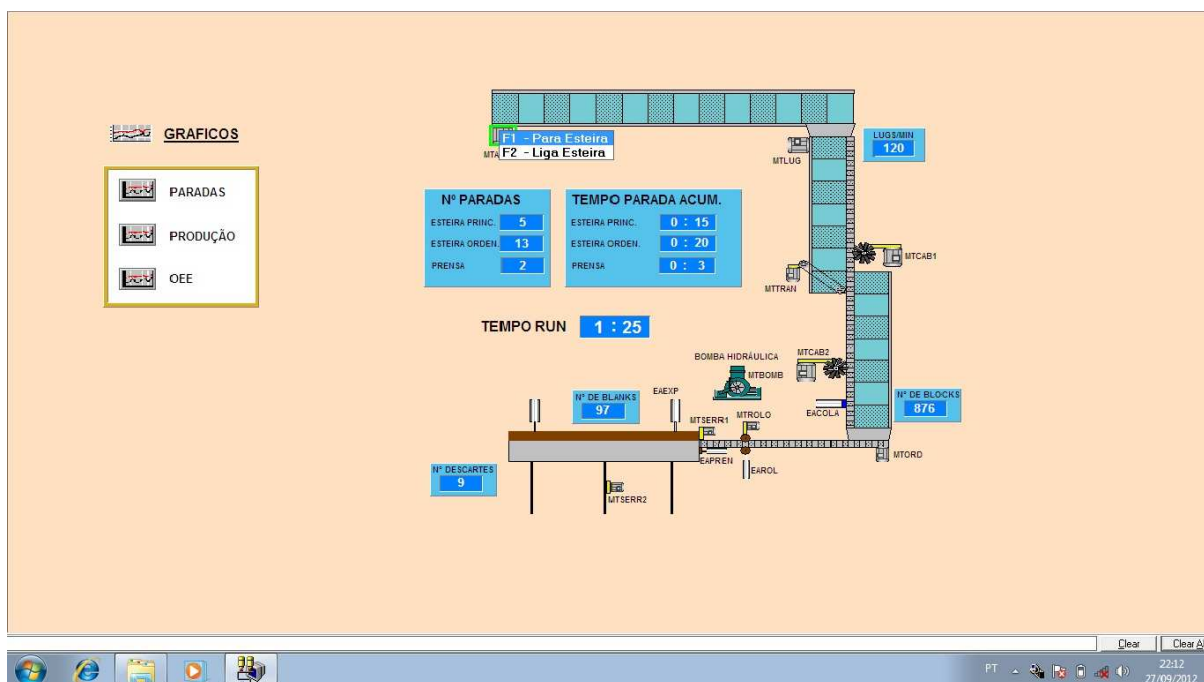


Figura 34 – Supervisório.

Fonte: Autoria Própria.

O sistema possui três telas de gráfico, que podem ser acessadas através de um único click no supervisório, a primeira totaliza as paradas da máquina, junto com os tempos acumulados como demonstrado na figura 35. A segunda tela de gráficos (figura 36) trás os dados de produção, número de peças boas, descartadas e o acumulado de produção durante o período. A terceira tela de gráficos mostra os indicadores de disponibilidade, qualidade e desempenho, juntos formando o OEE, indicadores já explanados anteriormente e demonstrados na figura 37.

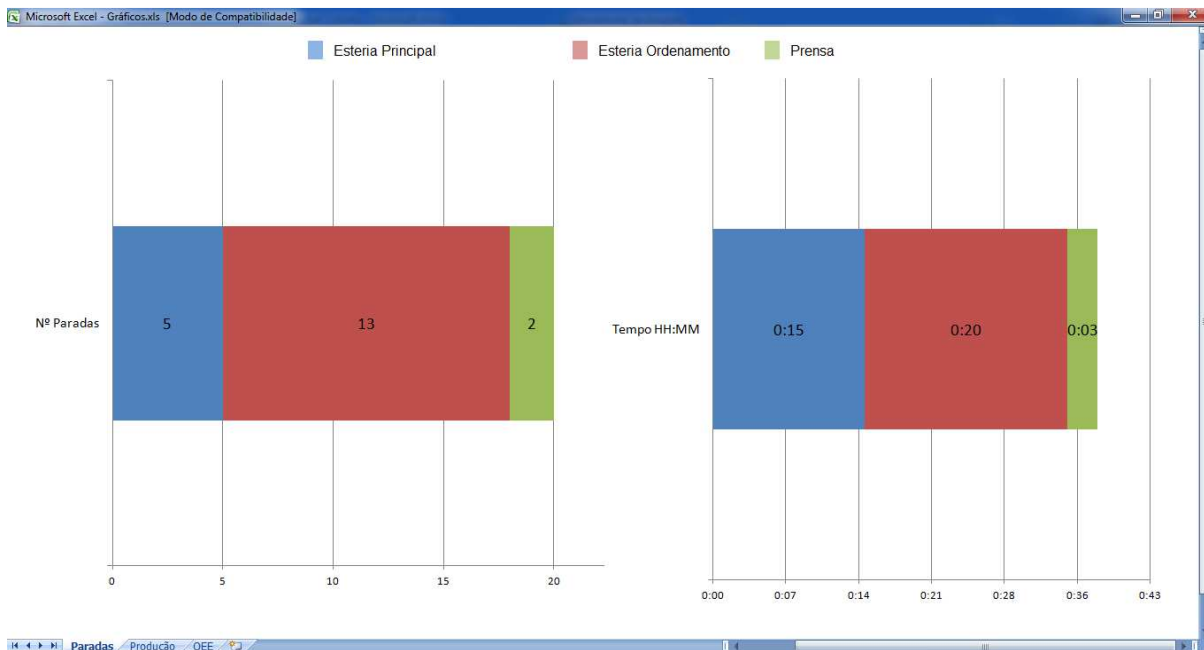


Figura 35 – Gráficos de Paradas.

Fonte: Autoria Própria.

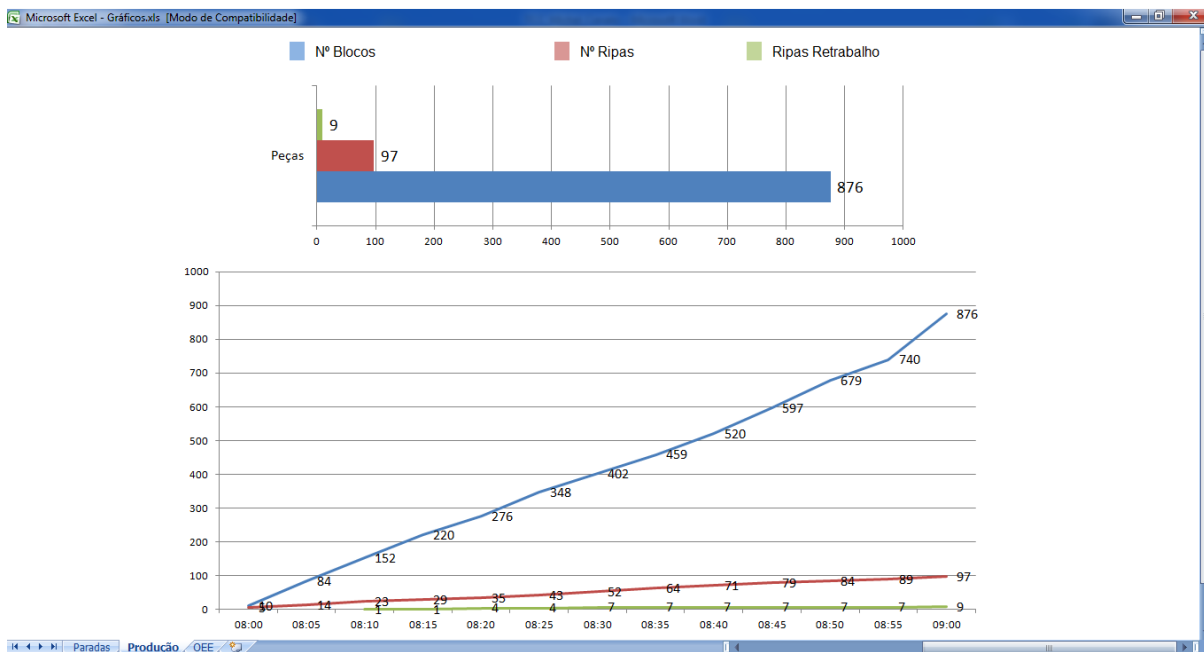


Figura 36 – Gráficos de Produção.

Fonte: Autoria Própria.

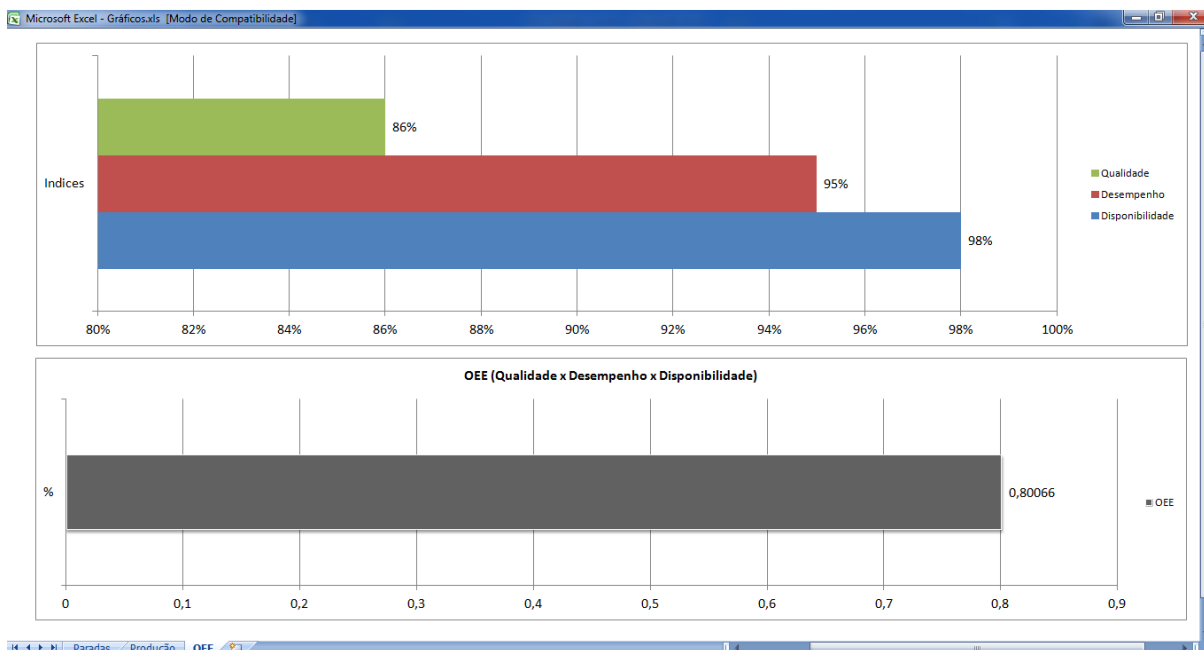


Figura 37 – Gráficos de Produção.

Fonte: Autoria Própria.

Por não se tratar de uma máquina onde existam malhas de controle contínuo, e sim controle discreto, o sistema de supervisão limita-se apenas em acionar e desacionar motores, colocando em operação a máquina. O grande foco do sistema é a geração de dados confiáveis, gerando a possibilidade de melhoria no processo produtivo da mesma, identificando assim possíveis defeitos e falhas de operação e de máquina, otimizando tempo e matéria prima, garantindo qualidade, custo e desempenho.

A forma como o sistema foi projetado com banco de dados, possibilita a consulta de relatórios online de produção, e a criação de novos relatórios, utilizando o banco de dados.

5 ANÁLISES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todo este projeto foi idealizado em meados de 2010, onde a ideia foi levantada junto a manutenção da empresa, local em que a máquina se encontra operando. Onde a filosofia da melhoria continua com intuito de melhorar a operabilidade, manutenibilidade e produção desta máquina, sempre esteve em mente.

Em 2012 foi retomado o desenvolvimento do projeto, no início foi discutido junto a manutenção qual hardware seria utilizado, em seguida todo o sistema de controle foi desenvolvido. Neste ponto do desenvolvimento, observou-se que muito do que estava desenvolvido no controle antigo, já não havia necessidade de permanecer, pois alterações mecânicas na máquina ao longo do tempo, substituíram sistemas elétricos de controle.

O fato de ter desenvolvido todo o sistema em GRAFCET, facilitou e simplificou muito o desenvolvimento da lógica de controle em LADDER. Com o GRAFCET já desenvolvido esta transcrição ocorreu de forma simples e ágil.

O sistema de supervisor desenvolvido visa atender as reais necessidades da máquina, obter dados de produção confiáveis e facilitar intervenções do pessoal da manutenção. Com o supervisor desenvolvido será possível gerenciar de forma mais eficaz a produção da máquina.

Todos os objetivos propostos no trabalho foram atingidos, os pontos críticos da máquina foram identificados e tratados no sistema, um controlador foi escolhido de acordo com as necessidades, as ferramentas de desenvolvimento e a tecnologia foram escolhidas levando em consideração as tecnologias já utilizadas hoje na fábrica, todo o sistema foi desenvolvido em GRAFCET, transposto para LADDER e integrado a um sistema de supervisão.

Além dos objetivos acima descritos, o desenvolvimento deste sistema possibilitou a utilização e o aprimoramento de conhecimentos adquiridos ao longo do curso de pós-graduação.

Ao término deste trabalho, o estudo desenvolvido será apresentado a diretoria da empresa, buscando viabilizar a implantação do sistema bem com seu aperfeiçoamento durante sua utilização.

Para o futuro um plano de implementação do sistema será elaborado, visto que o tempo de implementação é curto, pois a máquina permanece parada apenas 36 horas por semana, sendo a grande dificuldade para a implementação, posterior a implementação, aperfeiçoamentos com relação aos dados coletados e o sistema de supervisão serão realizados. Após a implementação e um determinado tempo de aprimoramento o sistema poderá ser expandido para outras 4 máquinas identificadas no ambiente fabril.

Grandes vantagens podem ser notadas caso o sistema seja implantando, tais como: agilidade na manutenção do equipamento por parte da manutenção, evolução na operabilidade da máquina com auxílio do sistema de supervisão, aquisição de dados e geração de relatórios analíticos, todos estes fatores podem contribuir para ganhos de qualidade e produção.

REFERÊNCIAS

BOARETTO, Neury. **Tecnologia de Comunicação em Sistema SCADA – Enfoque em Comunicação Wireless com Espelhamento Espectral**. 2005. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Pesquisa e Pós-Graduação, CEFET-PR, Ponta Grossa, 2005.

COSTA, Helio Luiz Alves. **Medir e Avaliar Desempenho no Processo de Gestão da Manutenção Industrial: Um Estudo de Caso**. 2006. 7 f. In: XXVI Encontro Nacional de Engenharia de produção. 2006. Fortaleza.

FAVARETTO, F. **Uma contribuição ao processo de gestão da produção pelo uso da coleta automática de dados de chão de fábrica**. 2001. 235f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 2001.

FERREIRA JUNIOR, Renato Ferreira. **Identificação Remota de Plantas Industriais Utilizando Tecnologias OPC e CyberOPC**. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

GEORGINI, Marcelo. **Automação aplicada – descrição e implementação de sistemas seqüenciais com PLCs**. São Paulo: Ed. Érica, 2000.

GIL, Antonio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GUIA COMPACT I/O. **Guia de Seleção do Compact I/O Série 1769**. Publicação 1769-SG002D-PT-P Maio de 2005

GUIMARÃES, Hugo. **Norma IEC 61131-3 para Programação de Controladores Programáveis: Estudo e Aplicação**. 2005. 82 f. Dissertação de Graduação em Engenharia Elétrica pelo Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória – ES, 2005.

LOPEZ, Ricardo Aldabó. **Sistemas de Redes para Controle e Automação**. Rio de Janeiro: Ed. Book Express Ltda, 2000.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2002.

MANUAL COMPACTLOGIX. **1769 CompactLogix Controllers User Manual**. Publication 1769-UM011H-EM-P April 2012.

MANUAL TÉCNICO FONTES DE ALIMENTAÇÃO. **CompactLogix Power Supplies Specifications Technical Data**. Publication 1769-TD008A-EN-P January 2010.

MARTINS, V.; BREMER, C.F. **Proposta de uma Ferramenta de Integração entre Sistema ERP-SCADA: Caso Prático**, XXII Encontro Nacional de Engenharia de produção. Curitiba-PR, 23 a 25 de outubro de 2002.

REVISTA REFERÊNCIA. Disponível em:

<http://www.revistareferencia.com.br/index2.php?principal=ver_conteudo.php&uid=310&edicao3=44> Acesso em: 20/02/2012.

SANTOS, Ana Carolina. **Utilização do Indicador de Eficácia Global de Equipamentos (OEE) na Gestão de Melhoria Contínua do Sistema de Manufatura – Um Estudo de Caso**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de produção. Foz do Iguaçu-PR, 09 a 11 de outubro de 2007.

SEIXAS, Constantino. **A automação nos anos 2000: uma análise das novas fronteiras da automação**. In: Congresso Nacional de Automação Industrial. 2000. Curitiba.

SEIXAS, C. **Arquiteturas de sistemas de automação - Uma introdução.** . In: Congresso Nacional de Automação Industrial. 2004.

SILVA, José Pedro Amorin Rodrigues da. **OEE – A Forma de Medir a Eficácia dos Equipamentos.** Disponível em:
<<http://www.freewebs.com/leanempportugal/artigoswhitepapers.htm>> Acesso em:
26/04/2012.

SILVEIRA, Paulo Rogério; SANTOS, Winderson Eugenio dos. **Automação e controle discreto.** São Paulo: Ed. Érica, 2001.

WYREBSKI, Jerzy. **Manutenção Produtiva Total – Um Modelo Adaptado.** 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.