



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA  
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

DAVI DA SILVA RIBEIRO CASTRO

**SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA BANCADA MODULAR DE  
PRODUÇÃO (MPS®) FESTO INTEGRANDO O GERENCIAMENTO DA  
PRODUÇÃO.**

MANAUS / AMAZONAS

2016

DAVI DA SILVA RIBEIRO CASTRO

**SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA BANCADA MODULAR DE  
PRODUÇÃO (MPS®) FESTO INTEGRANDO O GERENCIAMENTO DA  
PRODUÇÃO.**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Coordenação do Curso de Engenharia de  
Controle e Automação da Universidade do  
Estado do Amazonas como parte dos  
requisitos necessários para a obtenção do  
grau de Engenheiro em conformidade com as  
normas ABNT.

Orientador: Dr. Israel Francisco Benitez Pina.

MANAUS / AMAZONAS

2016

DAVI DA SILVA RIBEIRO CASTRO

**SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA BANCADA MODULAR DE  
PRODUÇÃO (MPS®) FESTO INTEGRANDO O GERENCIAMENTO DA  
PRODUÇÃO.**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Coordenação do Curso de Engenharia de  
Controle e Automação da Universidade do  
Estado do Amazonas como parte dos  
requisitos necessários para a obtenção do  
grau de Engenheiro em conformidade com as  
normas ABNT.

Orientador: Dr. Israel Francisco Benitez Pina.

Aprovado em 05 de Dezembro de 2016.

---

**Dr. Israel Francisco Benitez Pina**

Orientador

---

**Me. Charles Luiz Silva de Melo**

Professor

---

**Me. Luiz Alberto Queiroz Cordovil Júnior**

Convidado 1

MANAUS / AMAZONAS

2016

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus pela benção de estar graduando no curso que sempre sonhei exercer em minha profissão, Engenharia de Controle e Automação. Pela graduação muitos momentos não foram fáceis, chegando a ter sentimentos de desistência, mas Deus me deu a força de recomeçar, continuar lutando. Agradeço a Deus pelos meus maiores inspiradores, meu pai, minha mãe e meu irmão.

Agradeço ao pai Marianio que sempre compartilhou sua sabedoria de vida e me direcionou para um futuro de realizações, sempre companheiro e insistente no meu crescimento educacional. A sete anos atrás quando meu pai estava graduando no curso de mecânica na UEA, sendo eu seu paraninfo, selou dentro de mim o desejo de seguir seus passos.

Agradeço a minha mãe Kátia por ser minha força de cada dia, aquela que está comigo nos momentos de altos de baixos, que com algumas palavras consegue me dar o animo para buscar os meus sonhos.

Agradeço ao meu irmão caçula que mesmo sendo muito jovem carrega em si uma maturidade e responsabilidade que sempre me trouxe muitos ensinamentos. Agradeço por ser meu companheiro e pelos momentos de estresse uma partida de vídeo game com ele sempre resolve tudo.

A minha companheira e meus companheiros que percorreram comigo durando esses anos de graduação compartilhando cada momento de dificuldade e persistência até alcançar a vitória.

Agradecimento a todos os profissionais de controle e automação que desempenharam um ótimo papel no desenvolvimento de novos profissionais, em especial agradecimento ao professor, orientador e amigo professor Benitez, aquele que abriu as portas de seu laboratório para que pudesse obter conhecimento e aperfeiçoamento profissional, no qual resultou hoje o desenvolvimento deste projeto e a área que tive identificação.

*Os sonhos não determinam o lugar em que você vai estar, mas produzem a força necessária para tirá-lo do lugar em que está.*

*(Augusto Cury)*

## RESUMO

A obtenção de informações confiáveis e atuais das atividades produtivas de uma indústria é um importante procedimento para auxílio nas tomadas de decisões visando o melhor desempenho do processo. A ferramenta utilizada para aquisição de dados e supervisionamento, conhecida como sistema SCADA, tornou-se indispensável na garantia de qualidade e confiabilidade nos processos produtivos industriais. Estes recursos apresentam aplicações com resultados favoráveis, porém a capacidade resultante da integração destes sistemas ainda não foi completamente explorada. Com isso, este trabalho desenvolveu a implementação do gerenciamento de produção a um sistema supervisório remoto convencional, possibilitando a avaliação de desempenho das operações produtivas, auxiliando o supervisionamento e a tomada de decisões.

**Palavras-chaves:** Sistema Supervisório. *Wonderware Intouch*. Gerenciamento da Produção

## ABSTRACT

The acquisition of reliable information and current productive activities of an industry is an important procedure to assistance in decision-making for the best process performance. The Tool used for acquisition and supervision, known as SCADA system, has become indispensable in quality and reliability in industrial production processes. These resources presents results with favorable results, however the capacity resulting from the integration of these systems has not been fully explored yet. Thereby, this work developed the implementation of production management to a conventional remote monitoring system to evaluate the performance of productive operations, assisting it in supervision and decision-making.

**Key-words:** Supervisory System. Wondeware Intouch. Production Management.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sistema automatizado de estocagem de peça.....	20
Figura 2 - Diagrama Componentes CLP.....	25
Figura 3 - Simbologias para lógica em ladder.....	26
Figura 4 - Arquitetura com Estação de Supervisão.....	27
Figura 5 - Ambiente de desenvolvimento e simulação do Intouch.....	28
Figura 6 - Comunicação KepServerEx.....	29
Figura 7 - Módulo de Distribuição.....	31
Figura 8 - Módulo de Teste.....	33
Figura 9 - Módulo de Ordenação.....	34
Figura 10 - CLP MITSUBISHI da serie Q03UDECPU.....	35
Figura 11 - Comunicação do Software Gx Developer com o CLP.....	37
Figura 12 - Programação Linguagem C no Intouch.....	39
Figura 13 - Ambiente de desenvolvimento do IHM.....	40
Figura 14 - Tela para login do funcionário.....	42
Figura 15 - Definição das tags internas do software de IHM.....	43
Figura 16 - Tela Principal do Sistema Supervisório.....	43
Figura 17 - Tela de Alarmes do Sistema Supervisório.....	45
Figura 18 – Tela I/O do Sistema Supervisório.....	46
Figura 19 – Tela de Gerenciamento do Sistema Supervisório.....	47
Figura 20 - Histórico de tempo.....	47
Figura 21- Mudança IP do PC.....	49
Figura 22 - Configuração para comunicação Ethernet.....	49
Figura 23 - Definições das Tags no KepServer.....	50
Figura 24 – Lógica para varredura da posição inicial.....	52
Figura 25 - Comando de operação.....	53
Figura 26 - Acionamento atuador.....	53
Figura 27 - Lógica de identificação do tipo da peça.....	54
Figura 28 - Lógica para as condições do rejeito.....	55
Figura 29 - Lógica de acionamento de rejeito peça vermelha.....	55
Figura 30 - Lógica de acionamento de rejeito peça prata.....	55

Figura 31 - Lógica de acionamento de rejeito peça preta .....	56
Figura 32 - Lógica defeito transferidor Pegar .....	57
Figura 33 - Tela Principal em execução.....	59
Figura 34 - Tela de Alarmes em execução.....	60
Figura 35 - Tela I/O em execução .....	61
Figura 36 - Tela de Gerenciamento em execução .....	61
Figura 37 - Histórico de Ciclo de Produção.....	62

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Lógica identificação das peças do Módulo Teste .....	32
Tabela 2 - Lógica de leitura da peça do Módulo Ordenação .....	34
Tabela 3 - Entradas e Saídas do Módulo Distribuição.....	35
Tabela 4 - Entradas e Saídas do Módulo Teste .....	36
Tabela 5 - Entradas e Saídas do Módulo Ordenação .....	36

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1	Problema de Pesquisa	14
1.2	Motivação	14
1.3	Justificativa	15
1.4	Objetivos	15
1.4.1	Objetivo Geral	15
1.4.2	Objetivos Específicos	15
1.5	Metodologia	16
1.6	Organização do Trabalho	18
<b>2</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS</b>	<b>19</b>
2.1	Sistemas Didático de Automação Baseado em Computador para Seleção de Esferas	19
2.2	Projeto de um Sistema Supervisório para uma Planta Mecatrônica de Estocagem de peças	19
2.3	Análise das Possibilidades de Utilização de Sistemas Supervisórios no Planejamento e Controle de Produção	20
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>21</b>
3.1	Gerenciamento de Produção	21
3.1.1	Tempo de Produção	21
3.1.2	Tempo de Ciclo	22
3.1.3	Tempo Médio de Produção	22
3.1.4	Taxa de Produção	22
3.1.5	Disponibilidade	23
3.1.6	Produtividade	23
3.2	Sistema Supervisório	24
3.3	Controlador Lógico Programável	24
3.3.1	Diagrama LADDER	26
3.4	Interface Homem Máquina – IHM	26
3.4.1	Wonderware Intouch	27
3.5	Comunicação	28
3.5.1	OPC KepServerEx	28
3.5.2	TAGS	29
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>30</b>
4.1	Bancada Modular Festo	30
4.1.1	Módulo de Distribuição	30

4.1.2	Módulo de Teste .....	31
4.1.3	Módulo de Ordenação .....	33
4.2	Mitsubish da serie Q03UDECPU .....	34
4.2.1	GX Developer .....	36
4.3	Cálculos Gerenciais .....	37
4.4	Sistema SCADA.....	40
4.4.1	Controle Remoto .....	40
4.4.2	Requisitos funcionais do sistema de supervisão integrado.....	41
4.4.3	Tela Alarmes.....	44
4.4.4	Tela I/O.....	45
4.4.5	Tela de Gerenciamento .....	46
4.5	Comunicação .....	48
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	51
5.1	Programação em Ladder .....	51
5.1.1	Condições Iniciais.....	51
5.1.2	Controle Manual e Automático.....	52
5.1.3	Controle de Produção.....	53
5.1.4	Alarmes.....	56
5.1.5	Tempo e quantidade de produção.....	57
5.2	Sistema Supervisório .....	57
5.2.1	Tela de Principal.....	58
5.2.2	Tela Alarmes.....	59
5.2.3	Tela de I/O .....	60
5.2.4	Tela de Gerenciamento .....	61
6	CONCLUSÃO.....	63
6.1	Dificuldades Encontradas .....	64
6.2	Trabalhos Futuros.....	64
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

## 1 INTRODUÇÃO

Os avanços na automação industrial nos últimos tempos vêm aumentando continuamente, visam à modernização de seus processos para que os mesmos obtenham resultados e benefícios ainda mais favoráveis aos seus interesses, com isso as empresas têm realizado grandes investimentos na melhoria de seus processos produtivos. Contudo, para um processo produzir com maior grau de qualidade e confiabilidade se faz necessário o uso das ferramentas da automação industrial, no qual a união entre homem e máquina para controle, monitoramento e aquisição de dados dos processos é cada vez mais presente no cenário industrial, esta ferramenta conhecida como sistema supervisório.

Segundo Arminio (2005) os sistemas supervisórios, também chamados sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), visam facilitar o acompanhamento de vários processos através da leitura de dados por meio de sensores. Estas informações, após serem processadas, são disponibilizadas aos usuários através de interfaces amigáveis e intuitivos de telas, conhecidas como IHM (interface homem - máquina) que representam o processo em questão. Estes sistemas são utilizados para monitorar e controlar um processo em tempo real, permitindo ao usuário visualização e controlar parâmetros do sistema.

No ambiente industrial, em diversos casos não são exploradas as facilidades que um pacote de supervisão industrial possa permitir. Fundamentalmente na parte da integração com manutenção preditiva, planejamento de produção, controle de qualidade e gerenciamento de negócios. Portanto é muito importante ter instalações de laboratório que permitam demonstrar as potencialidades deste sistema.

Observando a necessidade e o crescimento da utilização do sistema supervisório no cenário industrial, destaca-se a importância para ser realizado estudo e desenvolvimento relacionado aos sistemas SCADA no ambiente acadêmico. Com isso a presença de sistemas supervisórios capazes de controlar e realizar aquisição de dados em simulação de processos reais em forma de bancadas didáticas possibilitando aos alunos da instituição experiência e conhecimento na aplicação desta ferramenta, sendo utilizada como material de aula, e outras finalidades. Aprimorando habilidades para futuramente serem aplicadas em atividades nas indústrias.

O objetivo deste trabalho consiste em desenvolver e implementar um sistema supervisório SCADA ao Sistema Modular de Produção (MPS®) FESTO explorando suas

potencialidades. Este sistema auxilia o monitoramento e controle do processo com relatórios, alarmes e tendências do mesmo, servindo como fonte de ensino para estudos em automação, redes industriais e gerenciamento do processo industrial.

## **1.1 Problema de Pesquisa**

Subutilização industrial das ferramentas de supervisão e controle que permita integrar funcionalidades de SCADA convencional com gerenciamento da produção.

## **1.2 Motivação**

O desempenho no planejamento e controle das produções industriais é dependente da confiabilidade e rapidez com que os dados são obtidos, isto para análise e acompanhamento da execução dos planos produtivos. A quantidade de informação vinda dos processos é consideravelmente alta, com isso se faz necessário o uso da ferramenta de sistemas supervisórios, onde são utilizados para centralizar as informações com rapidez e confiabilidade. Porém no processo de coleta e tratamento destes dados tem sido pouco detalhado nessas ferramentas, destacando uma ineficiência na avaliação de desempenho para atender as necessidades de suporte à tomada de decisões. Tais deficiências tornam-se danosas no desenvolvimento dos planejamentos gerenciais de uma empresa.

Em posse de um eficiente sistema supervisório mais completo possibilita ao desempenho dos processos industriais benefícios como: melhor aproveitamento do tempo, aumentando a produtividade, uma visão mais detalhada dos resultados produtivos como taxas de produção e falhas, entre outros resultados.

A proposta de uma solução que parte do estudo das problemáticas encontradas no gerenciamento no chão de fábrica e propondo um sistema de avaliação de desempenho baseado em integração de cálculos estatísticos para atender as necessidades no supervisionamento e tomada de decisões.

### **1.3 Justificativa**

O presente projeto de pesquisa se justifica pelo estudo no desenvolvimento e implementação de uma ferramenta no qual vem crescendo no ambiente industrial, devido este proporcionar a transmissão de maneira rápida e confiável de informações do sistema para que a empresa possa tomar decisões de melhorias no processo, como também oferecem recursos para a manipulação de variáveis em tempo real, auxiliando na qualidade e eficiência dos resultados.

Para a implantação de um sistema SCADA que faça o acompanhamento e controle da bancada didática de produção do MPS® FESTO será necessário a aplicação de diversos conhecimentos voltados às disciplinas do curso de Engenharia de Controle e Automação, no qual permitirá a revisão dos conteúdos estudados como também execução prática dos conhecimentos cursados, as principais disciplinas destacam-se: Instrumentação Industrial; Comandos Eletropneumáticos; Automação Industrial; Redes de Computadores I; Redes Industriais de Comunicação; e Sistemas Supervisórios.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo Geral**

Implementar sistema SCADA para a bancada MPS® FESTO do Laboratório de Processos da Universidade do Estado do Amazonas utilizando interface homem-máquina que contará com alarmes, comando de operações, aquisição de dados do processo, diagnósticos, integrando ao gerenciamento da produção capaz de garantir treinamento eficiente de engenheiros de Controle e Automação.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Como objetivos específicos, pretende-se:

- Implementar teoria de controle e automação relacionados à automação industrial, redes industriais coletando material englobando todo conhecimento teórico envolvendo sistema supervisorio;

- Listar as operações para simulação de um processo de manufatura na bancada FESTO, definindo as variáveis (entradas e saídas) que serão controladas e manipuladas pelo sistema SCADA;
- Estabelecer a comunicação entre CLP e PC por comunicação Ethernet;
- Programar os sistemas em linguagem Ladder para o CLP;
- Desenvolver um sistema SCADA capaz de realizar o controle e supervisão das estações de sistema modular de produção MPS® FESTO implementando a interface homem-máquina por meio do Software *Wonderware Intouch*;
- Comunicar o CLP com a IHM por meio protocolo OPC, utilizando o software *KepServerEx* ;
- Adicionar todas as possibilidades de integração do sistema SCADA ao gerenciamento da produção;
- Apresentar os resultados do desenvolvimento do sistema supervisor e avaliando sua funcionalidade.

## 1.5 Metodologia

O projeto apresentado será uma pesquisa voltada a implementação de um sistema supervisor ao Sistema Modular de Produção FESTO do laboratório da Universidade do Estado do Amazonas. Pesquisas para explorar e coletar informações relacionadas ao desenvolvimento do projeto, sendo elaborada uma biblioteca de pesquisas, por meios de livros, tutoriais em vídeos, artigos e revistas científicas entre outras fontes de informações.

Tratando-se do objetivo principal do trabalho, a implementação de um sistema supervisor, será feito pesquisas da ferramenta no ambiente industrial, analisando o crescimento do uso e benefícios que o mesmo proporciona as empresas, posicionando-se para a importância do estudo da ferramenta de supervisão na área acadêmica.

Em detalhe, os assuntos que serão estudados serão realizados pesquisas bibliográficas nas áreas de projeto de um sistema supervisor SCADA, pesquisas relacionadas ao que será necessário para o desenvolvimento do mesmo, tais como a comunicação de rede industrial para comunicação entre os elementos de controle, software para o desenvolvimento do IHM, programação em ladder, etc.

Tendo a biblioteca de pesquisas, próximo passo consiste na parte prática, partindo da análise do ambiente em que será executado o projeto, ou seja, a bancada de Produção FESTO. Neste sentido, serão coletadas as informações iniciais necessárias, como a elaboração do mapeamento das entradas e saídas do processo, sendo feita análise dos sensores e dos atuadores a serem manipulados e monitorados. Serão feitas propostas de aperfeiçoamento de sistema de sensores e atuadores que permita maiores possibilidades desta bancada MPS. Será analisado também o sistema em execução, sendo observado seu funcionamento para mais a frente ser desenvolvido a programação em ladder juntamente com o sistema SCADA que explore ao máximo as capacidades da bancada.

Com o estudo concluído da bancada, será realizado as instalações dos softwares Gx Developer e *Wonderware Intouch*, estes serão necessários para o desenvolvimento da programação em ladder e o pacote de criação do sistema supervisório respectivamente.

Prosseguindo com as atividades, será realizada a comunicação entre o CLP e o computador utilizando o recurso da rede industrial, a comunicação Ethernet.

Tendo a comunicação, o próximo procedimento será o desenvolvimento da programação em Ladder, sendo testado o desempenho do programa na bancada MPS® FESTO.

Paralelo com a criação da lógica em Ladder será realizado o desenvolvimento das telas de IHM do sistema SCADA, utilizando software *Wonderware Intouch*. As telas contarão com o controle e aquisição dos dados mapeados da bancada e telas para visualização dos indicadores de produtividade. Os IHMs contarão com diversos painéis de telas, no qual contará com a seleção de controle automático e manual, como também alarmes, tendências, dados de produção e layout do processo. Estas telas serão designar a alcançar maiores possibilidades de supervisão e gerenciamento do processo.

Ao final serão propostas guias e manuais para as práticas de laboratório que demonstrem todas as possibilidades de sistema da bancada MPS para treinamento eficiente de futuros engenheiros.

Por fim, serão realizados testes e correções no sistema, teste das telas do IHM, a fim de validar o funcionamento do sistema supervisório.

## **1.6 Organização do Trabalho**

Este trabalho está dividido em seis capítulos para tornar mais fácil o entendimento ao leitor.

O Capítulo 1 contém uma breve introdução sobre o assunto a ser explanado no trabalho, sua motivação, justificativa para estudar as áreas mencionadas e um resumo da metodologia empregada no desenvolvimento do projeto,

O Capítulo 2 relaciona os trabalhos desenvolvidos no meio acadêmico que tem relação com o projeto implementado, destacando suas semelhanças e diferenças.

O Capítulo 3 contém as principais áreas de conhecimento e suas teorias para que o leitor tenha pleno entendimento das técnicas e abordagens adotadas no detalhamento de execução do projeto e até estar apto a analisar os resultados conforme descritos pelo autor.

O Capítulo 4 detalha os materiais e técnicas empregados na execução do projeto de modo que seja possível para o leitor replicá-los para obter resultados similares aos do autor.

O Capítulo 5 contém a análise dos resultados obtidos após execução da metodologia e os comenta de maneira detalhada, para melhor entendimento do leitor.

O Capítulo 6 contém as conclusões que podem ser afirmadas após execução do projeto, fazendo análise de qualidade dos resultados obtidos e os confronta com os objetivos propostos pelo projeto.

## **2 TRABALHOS RELACIONADOS**

Neste capítulo consiste na apresentação de alguns trabalhos científicos que se assemelham com o tema proposto nessa monografia, resumindo cada um deles e citando suas principais semelhanças e diferença.

### **2.1 Sistema Didático de Automação Baseado em Computador para Seleção de Esferas**

O trabalho de Gonçalves, Silva e Batista (2011) apresenta um sistema de automação de um módulo didático, composto por sensores indutivos, atuadores e sistema supervisório SCADA para leitura e seleção de esferas metálicas com duas dimensões diferentes numa linha de produção. A partir de faixas de tolerância pré-estabelecidas, distribuindo-as em diferentes recipientes conforme código programado em Arduino. Os dados de produção são exibidos em tempo real, na unidade local e remotamente por dispositivos móveis *PDA* (*PersonalDigitalAssistants*).

A semelhança com o projeto de pesquisa apresentado é o desenvolvimento de um sistema supervisório de um processo didático de sistema de seleção de esferas. Neste projeto tem-se o desenvolvido de sistema supervisório, destacando as vantagens do uso de supervisório remoto, tendo como controlador um Arduino.

Contudo, o projeto não apresenta assuntos voltados a cálculos de métricas de operações como não aborda gerenciamento de produção.

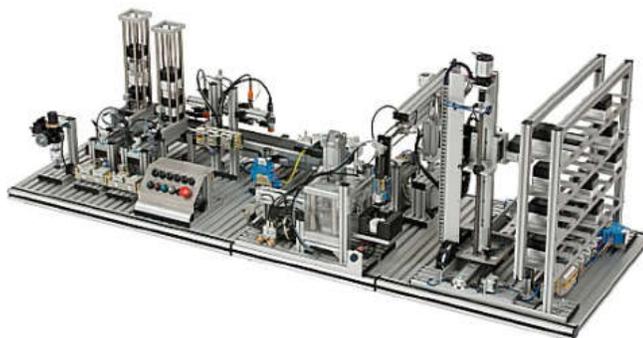
### **2.2 Projeto de um Sistema Supervisório para uma Planta Mecatrônica de Estocagem de peças**

A monografia de França (2015) propõe criar um sistema supervisório local para controle e monitoramento de uma planta automatizada de estocagem de peça (ilustrada na figura 1) encontrada no laboratório de Controle e Automação da Universidade Federal do Rio de Janeiro. O projeto foi implementado utilizando o software da Siemens, TIA Portal, e programado em linguagem Ladder. O autor apresenta um tutorial completo ensinando passo a passo os procedimentos para desenvolver um sistema supervisório a um processo didático de

manufatura, utilizando recursos como criação da lógica em linguagem ladder ao controlador lógico programável para controle das operações da bancada, uso de rede industrial para comunicação entre o CLP e o computador, assim como uso de OPC para intercâmbio de comando e informações entre o processo e a interface homem máquina.

Contudo, o sistema supervisorio deste projeto é de uso local, pois é implementado em telas *touch* da Siemens, assim como não tem em seus objetivos analisar e obter valores para auxílio no gerenciamento do processo.

Figura 1 - Sistema automatizado de estocagem de peça



Fonte: (França, 2015)

### **2.3 Análise das Possibilidades de Utilização de Sistemas Supervisórios no Planejamento e Controle de Produção**

A monografia de Junqueira (2003) posicionou-se para a utilização de sistemas supervisorio para a coleta de dados de produção em sistemas de planejamento e controle no ambiente da manufatura, propondo um roteiro de atividade a ser consideradas no desenvolvimento de sistemas de planejamento.

Este projeto explora diversos conceitos para avaliação de desempenho baseado em integração de informações para auxiliar o supervisionamento e a tomada de decisões uma empresa, ressaltando os benefícios com o uso desses recursos a uma empresa.

Contudo este trabalho visa a oferecer um estudo e propor as possíveis soluções para os problemas voltados às tomadas de decisões, não sendo desenvolvido um projeto físico.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Gerenciamento de Produção**

O gerenciamento dos processos são medidas que mudam a forma como a informação é apresentada, de modo que possa ser utilizada no gerenciamento de uma organização. Esses sistemas podem gerenciar estoques, frequência de produção, previsão de demanda, processamento de pedidos e outros. Eles fornecem informações estruturadas baseadas nos dados registrados, além de gerar um retorno rápido e de qualidade de pesquisa, o que facilita o processo decisório. As empresas, para caminhar em direção a automação tendem a se utilizar cada vez mais dessa ferramenta. (SELEME, 2011)

Companhias de produção bem-sucedidas usam uma variedade de métricas para ajudar a gerenciar suas operações. Métricas quânticas permitem à companhia acompanhar o desempenho, experimentar seus méritos, identificar problemas de desempenho, comprar métodos alternativos e tomar boas decisões. Métricas de produção podem ser divididas em duas categorias básicas: medidas de desempenho da produção e custo da produção. Métricas que indicam o desempenho da produção incluem a taxa de produção, a capacidade da fábrica, o tempo de uso do equipamento e o tempo de produção. Os custos de produção importantes para uma companhia incluem os custos de material e de trabalho, os custos de produção dos produtos e os custos de operação de um determinado equipamento. (GROOVER, 2011)

Muitos aspectos de produção são quantitativos. Nesta seção será definido vários parâmetros e variáveis adicionais medidos quantitativamente, desenvolvendo modelos matemáticos para calcular esses parâmetros.

##### **3.1.1 Tempo de Produção**

No ambiente competitivo dos negócios modernos, a habilidade de uma empresa de produção de entregar um produto ao consumidor no menos tempo possível muitas vezes ganha o pedido. Esse tempo é referido como o tempo de produção. O tempo de produção é definido como o tempo total necessário para processar uma dada peça ou um dado produto pela fábrica, incluindo qualquer tempo perdido devido a atrasos, tempo gasto no armazenamento, problemas de confiabilidade e assim por diante. (GROOVER, 2011)

### 3.1.2 Tempo de Ciclo

Para qualquer operação de produção o tempo de ciclo ( $T_c$ ) é definido como o tempo que uma unidade de trabalho leva para ser processada ou montada. É o tempo entre o início do processamento (ou montagem) de uma unidade e o início da próxima.  $T_c$  é o tempo que uma peça passa na máquina, mas nem todo esse tempo é produtivo. Em uma operação de produção típica,  $T_c$  consiste de  $T_0$  (tempo efetivo de usinagem),  $T_h$  (tempo de manuseio de peças de trabalho) e  $T_{th}$  (tempo de manuseio de ferramentas por peça). (GROOVER, 2011)

Como equação, pode-se expressa dessa forma:

$$T_c = T_0 + T_h + T_{th} \quad (3.1)$$

### 3.1.3 Tempo Médio de Produção

Tendo o tempo de ciclo de uma peça ( $T_c$ ) e a quantidade de peça (Q) produzida, pode-se calcular o tempo médio de produção. (GROOVER, 2011)

Como equação, pode-se expressa dessa forma:

$$T_p = \frac{\sum T_c}{Q} \quad (3.2)$$

### 3.1.4 Taxa de Produção

A taxa de produção para um processamento individual ou uma operação de montagem é geralmente expressa como uma taxa horária, isto é, unidades de trabalho completas por hora (peças concluídas/hora). Ponto de partida é o tempo de ciclo. (GROOVER, 2011)

A taxa media de produção para o processo é o inverso do tempo de ciclo de produção. Ela é geralmente expressa como uma taxa de horária:

$$R_p = \frac{3600}{T_p} \quad (3.3)$$

$R_p$  é a taxa horária de produção (peças concluídas/hora),  $T_p$  é o tempo médio de produção por minuto (minutos/peça concluída) e a constante 3600 converte os segundos em horas. (GROOVER, 2011)

### 3.1.5 Disponibilidade

A disponibilidade é uma medida comum para a confiabilidade do equipamento, apropriada sobre tudo aos equipamentos de produção automatizada. E definida a partir de dois outros termos de confiabilidade: tempo médio entre falhas MTBF e o tempo médio de reparo MTTR. (GROOVER, 2011)

$$A = \frac{(MTBF - MTTR)}{MTBF} \quad (3.4)$$

### 3.1.6 Produtividade

Segundo Seleme, produtividade é a relação entre a medida das entradas geradas e a medida das saídas consumidas.

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Saída}}{\text{Entreda}} \quad (3.5)$$

Portanto a produtividade de um recurso é a quantidade de produtos ou serviços produzidos num intervalo de tempo, dividida pela quantidade necessária desse recurso (SELEME, 2011)

As medidas de produtividade descrevem a relação entre a produção em reais condições e as contribuições envolvidas. Essas medidas não calculam as contribuições específicas de trabalho, de capital ou de qualquer outro fator de produção. São projetados para medirem as relações comuns de produção entre capital, trabalho, crescimento econômico, mudança tecnológica, melhorias de eficiência e outros fatores.

### **3.2 Sistema Supervisório**

Segunda a Revista Científica Mecatrônica Atual os sistemas de supervisão passaram a ter um papel preponderante na gestão das empresas, por estes se tornarem uma grande fonte de informação, no qual oferecem três funções básicas: supervisão, operação, controle.

A aquisição de dados é o processo que envolve o recolhimento e transmissão, através de redes de comunicação de dados, desde as instalações industriais até a estação central de monitoração e armazenamento de dados. A visualização de dados consiste na apresentação da informação através de interfaces Homem - Máquina. Os sistemas de supervisão permitem visualizar os dados recolhidos, fazer análises de tendência com base nos valores lidos e valores parametrizados pelo operador, fazer gráficos e relatórios de dados atuais e existentes em memória.

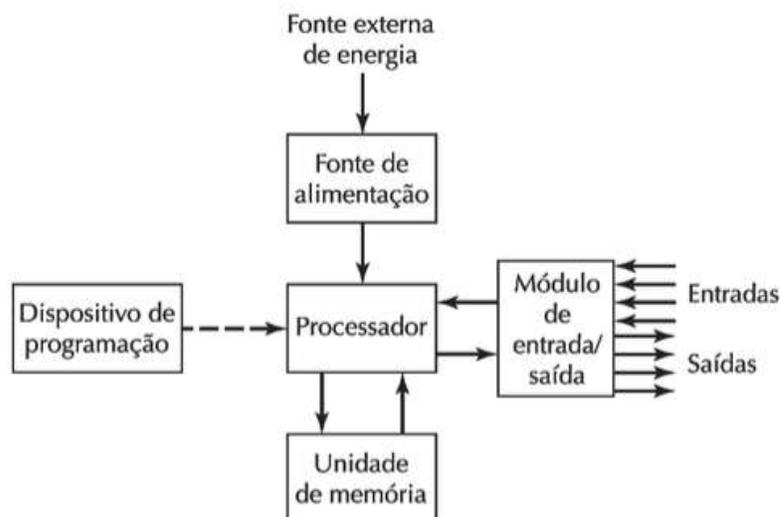
O Sistema supervisório SCADA permite ao usuário coletar dados e enviar instruções de controle. Este sistema inclui interface de operação e a manipulação para aplicação relacionada aos dados. Ou seja, através dos sistemas de supervisão ou SCADA as informações dos processos produtivos podem ser monitoradas e rastreadas. A primeira etapa do processo é adquirir as informações através de equipamentos de coleta de dados, estes são manipulados e analisados, sendo por último apresentados para o usuário. As informações podem ser visualizadas ou manipuladas através de interfaces animadas, com indicações em tempo real das variáveis do processo (temperatura, volume, pressão, contagem etc), e armazenadas em bases de dados. A análise dos dados pode ser feita dentro do supervisório através de gráficos de tendências ou tabelas (ARMINIO, 2005).

### **3.3 Controlador Lógico Programável**

Segundo Groover, um controlador lógico programável (CLP) pode ser definido como baseado em microcomputador que usa instruções armazenadas em uma memória programável para implementar lógica, sequenciamento, temporização, contagem e funções aritméticas por meio de módulos de entradas e saídas digitais ou analógica pra controle de maquinas e processos. Aplicações de CLP são encontradas tanto em processos industrial como em manufatura de processos discreta.

Os componentes de um CLP são: processador, unidade de memória, fonte de energia, módulo de entrada e saída, dispositivo de programação. Um diagrama esquemático é apresentado na figura 2.

Figura 2 - Diagrama Componentes CLP



Fonte: (GROOVER, 2011)

O processador é a unidade central de processamento (UPC ou CPU) do controlador programável. Com vista a determinar os sinais de saída apropriados, este executa varias funções lógicas e de sequenciamento por meio da manipulação das entradas do CLP. Conectada à UPC esta a unidade de memória. Contem os programas de lógica, sequenciamento de operações de entrada e saída. Também mantém arquivos de dados associados a esses programas, inclusive bits de estado de E/S, constantes de contadores e temporizados, e valores de outros parâmetros e variáveis.

O módulo de entrada/saída oferece as conexões com os equipamentos ou os processos industriais a ser controlados. As entradas são sinais interruptores de fim de curso ou de pressão, sensores e outros dispositivos do tipo ligado/desligado. As saídas do controlador são sinais de ligado/desligado para operar dispositivos necessários à ativação do processo. Além disso, muitos CLPs são capazes de aceitar sinais contínuos, oriundos de sensores analógicos, e de gerar sinais adequados aos atuadores analógicos.

A programação é o meio pelo qual o usuário informa as instruções de controle ao CLP, a partir do dispositivo de programação. A linguagem de programação mais utilizada atualmente envolve diagramas ladder. Em muitas aplicações um PC fica conectado ao CLP

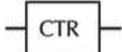
para servir como monitoramento ou com função de supervisão e para aplicações convencionais de processamento de dados relacionados ao processo.

### 3.3.1 Diagrama LADDER

Em um diagrama de lógica ladder, vários elementos lógicos e componentes são dispostos ao longo de linhas horizontais ou degraus conectados em ambas as extremidades a dois trilhos verticais. Os elementos e componentes são contatos normalmente aberto ou fechado (representando entradas lógicas) e cargas conhecidas como bobinas (representam saídas).

As entradas incluem interruptores e contatos de reles, e as cargas são motores, lâmpadas e alarmes. A energia para componente é fornecida por dois trilhos verticais. A linguagem ladder conta também com temporizadores e contadores. Na figura 3 segue a demonstração das simbologias para lógica em ladder.

Figura 3 - Simbologias para lógica em ladder

Símbolo ladder	Componente de <i>hardware</i>
(a) 	Contatos normalmente abertos (interruptor, relé, outros dispositivos ON/OFF)
(b) 	Contatos normalmente fechados (interruptor, relé etc.)
(c) 	Cargas de saída (motor, lâmpada, solenoide, alarme etc.)
(d) 	Temporizador
(e) 	Contador

Fonte: (GROOVER, 2011)

## 3.4 Interface Homem Máquina – IHM

A interface homem máquina consiste em um conjunto de programas e aparelhos materiais que permitem a comunicação entre um sistema informático e seus usuários humanos. O operador precisa interagir com a máquina ou processo, recebendo alarmes, comandando

operações, alterando parâmetros, visualizando a situação do processo, recebendo diagnósticos do CLP, entre outras funções. Com a conexão entre o CLP com IHM revelam-se uma opção eficiente, especialmente no mercado de máquinas de pequeno porte, onde o operador deve interagir com a máquina através da IHM no chão de fábrica. (LÉVY; COSTA, 1993).

Devido aos problemas relacionados a instintividade para controlar sistemas utilizando telas digitais e botões de controle, uma oportunidade surgiu para as telas digitais de interface humano máquina, com isso permitem ao operador controlar e monitorar diversos sistemas de uma única estação. Os últimos avanços na tecnologia IHM utilizam hardware mais barato, thin-clients, computadores portáteis e até telecomunicações. (FABIO, 2016)

A arquitetura para o desenvolvimento do sistema supervisorio é ilustrado na figura 4.

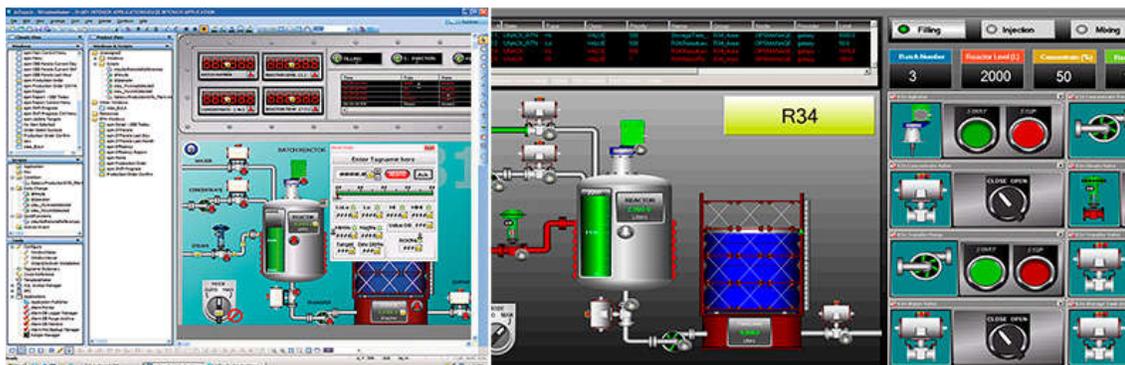


Fonte: (Revista Mecatrônica Atual, 2015)

### 3.4.1 Wonderware Intouch

O *Wonderware InTouch* é um software de visualização e desenvolvimento de IHM (Interface Homem Máquina). Com uma série de ferramentas disponíveis, que permite monitorar e operar qualquer sistema automatizado, por meio de uma ou mais estações de operação (Computadores). A monitoração ocorre por meio de telas gráficas de alta qualidade, com indicações dinâmicas do estado dos equipamentos e grandezas analisadas. Possui também ferramentas para realizar gráficos de tendência, relatórios, histórico de eventos e de processo, entre outras. (*Wonderware Guide*, 2002)

Figura 5 - Ambiente de desenvolvimento e simulação do Intouch



Fonte: (Wonderware Intouch, 2016)

### 3.5 Comunicação

A interface homem máquina quando implementada em ambiente de rede industrial pode apresentar a vantagem de poder estar localizada em um ponto distante do processo. Neste caso, diz-se que ela tem operação remota. A comunicação dos elementos como sensores, controladores e atuadores as interfaces homem máquina é essencial para o alcance do objetivo de supervisão e controle do processo. Chama-se de redes de comunicação industriais os diversos protocolos que viabilizam essa comunicação. Destacando-se a comunicação por meio do protocolo TCP/IP. O TCP/IP representa, de certa maneira, o conjunto das regras de comunicação na Internet e baseia-se na noção de endereçamento IP, isto é, fornecer um endereço IP a cada máquina da rede a fim de poder encaminhar pacotes de dados.

#### 3.5.1 OPC KepServerEx

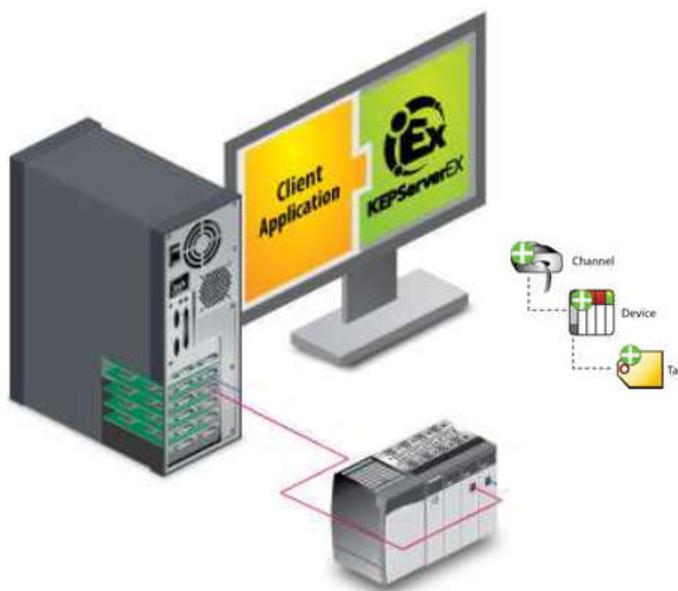
*KEPServerEX* é uma plataforma de conectividade que serve para o intercâmbio seguro e confiável de dados no espaço de automação industrial, garantindo um fluxo ininterrupto de informações entre dispositivos de vários fornecedores. O design da plataforma permite aos usuários conectar, gerenciar, monitorar e controlar diversos dispositivos utilizando os protocolos de comunicação OPC (o padrão de interoperabilidade do setor de automação) ou de TI (como SNMP, ODBC e serviços da Web). (Kepware, 2016)

O *KEPServerEX* trabalha com uma grande variedade de softwares de automação industrial, permitindo uma flexibilidade para conectar os equipamentos de automação. O uso

mais comum do *KEPServerEX* é servir de ponte entre os softwares SCADA/IHM e os equipamentos de automação, como CLP, permitindo que estes softwares tenham acesso aos dados de processo e de produção. Hoje em dia quase todos os softwares de automação em geral e os softwares SCADA/IHM em particular, incorporam a interface cliente OPC DA como o *KEPServerEX* também incorpora a interface servidor OPC DA então a conectividade entre eles está garantida.

A figura 6 é meramente ilustrativa da comunicação do *KepServerEx*

Figura 6 - Comunicação KepServerEx



Fonte: (Kepware, 2016)

### 3.5.2 TAGS

As Tags são as variáveis numéricas e alfanuméricas envolvidas no aplicativo, elas representam pontos de entrada e saída de dados do processo controlado ou executam funções computacionais (operações lógicas, com vetores ou strings). No primeiro caso, elas correspondem as variáveis do processo real (peso, vazão, temperatura, nível etc), sendo a ligação entre o controlador e o sistema. De acordo com o CLP e o sistema que estiver sendo utilizado, os tipos das variáveis podem modificar-se. Com base nos valores das Tags é que os dados serão mostrados para os usuários. As Tags mais frequentes são aquelas que permitem realizar operações aritméticas, manipular textos, além da comunicação entre o CLP e o sistema.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Bancada Modular Festo**

O Sistema Modular de Produção (Modular Production System - MPS®) fabricado pela FESTO é utilizado para simular de maneira didática um sistema de manufatura flexível, podendo representar conceitos de funcionalidade de um processo real em grande escala. Os módulos disponíveis no Laboratório Robótica de Processos da Escola Superior de Tecnologia da UEA são: Módulo de Distribuição (Distributing), Teste (Testing) e Ordenação (Sorting).

Este processo é composto por elementos da automação industrial como sensores, atuadores e controladores, sendo de ótimo exemplo dos conceitos e finalidades da instrumentação industrial. A seguir será abordado sobre os componentes e funcionalidade que integram cada módulo.

#### **4.1.1 Módulo de Distribuição**

O módulo de distribuição consiste no início das atividades do sistema, na qual é responsável por abastecimento. A função deste módulo está em transportar peças que estão organizadas verticalmente em um magazine cilindro. Estas peças são dispensadas individualmente por um empurrador pneumático. Em seguida, cada uma das peças dispensadas é transportada para o próximo módulo por meio de um transportador pneumático que utiliza uma ventosa.

A célula MPS distribuição é um dispositivo de alimentação de peças. Estes dispositivos são definidos como unidades que cumprem a função de abastecimento. A função básica da célula é transferir peças para outra estação. As peças utilizadas são de três tipos, em ordem crescente de tamanho: preta, metálica e vermelha.

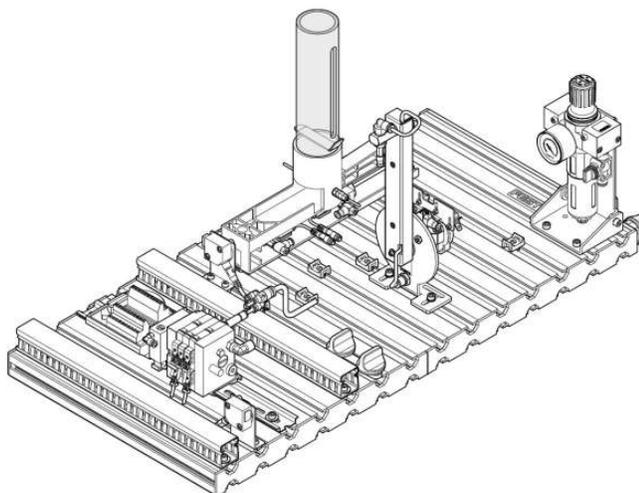
Sua estrutura conta com um magazine vertical, com capacidade máxima de 8 peças; um cilindro de simples ação (empurrador); um cilindro rotacional, com deslocamento angular máximo de 180°, uma ventosa; sensores de proximidade e fotoelétricos; válvulas pneumáticas; painel de operações; um módulo de controle e interfaces de comunicação entre os módulos.

O empurrador pneumático do magazine possui sensores indicando quanto este está retraído ou estendido. O transferidor pneumático possui sensores indicando qual a sua posição, sendo a primeira posição quando o transferidor está posicionado para pegar uma peça liberada pelo empurrador magazine; a segunda consiste quando o transferidor está na posição de deixar peça no outro módulo (módulo teste). Na operação de pegar e deixar peça se faz uso da ventosa presente no transferidor. No processo de buscar uma peça é acionado o vácuo da ventosa, assim como para liberar a peça para o outro módulo é acionado o sopro.

O sensor do magazine é o único sensor na qual possui lógica normalmente aberta, ou seja, nível lógico zero (0) na ausência de peça no magazine, diferente dos demais sensores que são normalmente fechados. Quando uma peça é detectada no magazine, dá início às atividades do processo.

A Figura 7 é uma representação 3D deste módulo.

Figura 7 - Módulo de Distribuição



Fonte: (FESTO, 2006)

#### 4.1.2 Módulo de Teste

Este módulo é responsável por detectar as características das peças inseridas nele, características definidas pela cor: vermelho, prata e preta; podendo fazer o descarte da peça indesejada e/ou condução da peça desejada para a estação seguinte. A célula de teste é um importante recurso na qual se pode simular requisitos de controle de qualidade e produtividade.

A bancada é composta por um sensor capacitivo, um sensor óptico, um sensor reflexivo de segurança, um empurrador pneumático de simples ação com retorno por mola, um cilindro de elevação pneumático (elevador), um dispositivo de medição de altura das peças de trabalho, duas rampas inclinadas e um *Air Conveyor* (colchão de ar).

O elevador pneumático possui sensores que indicam qual o estado do mesmo, se o atuador está na posição *up* (em cima) ou *down* (em baixo). O ponto inicial do processo consiste quando uma peça chega à superfície do elevador no estado *down*. Acoplado ao elevador está o cilindro de rejeito, na qual possui apenas um sensor indicando que o mesmo está na posição retraído. O cilindro rejeito tem como função descarta peças indesejadas e direcioná-las a rampa de rejeito. A identificação do tipo das peças é realizada por meio dos sensores óptico e capacitivo presentes na etapa inicial deste módulo. A lógica de leitura de acordo com o tipo de peça está demonstrada na tabela 1.

Tabela 1 - Lógica identificação das peças do Módulo Teste

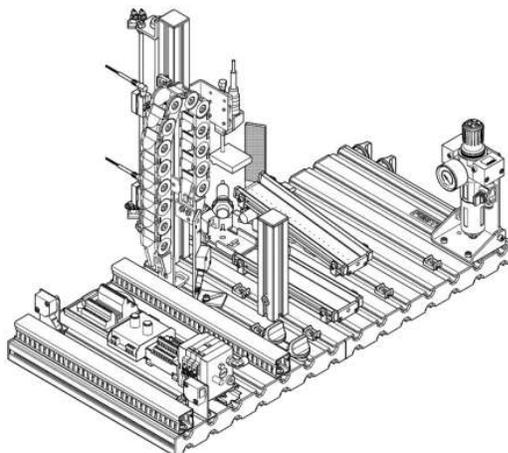
Peça	S. Capacitivo	S. Óptico
<b>Vermelha</b>	0	1
<b>Prata</b>	1	1
<b>Preta</b>	0	0

Fonte: Autor

As peças que não são rejeitadas são levadas para o próximo posto pelo elevador no estado *up*, sendo liberadas pelo acionamento do atuador de rejeito. O transporte da peça é realizado por meio de uma rapa na qual possui o recurso do *Air Conveyor*, também conhecido como colchão de ar. Este recurso é acionado quando o elevador está no estado *up*, tendo como função diminuir o atrito entre a peça e a superfície da rampa, facilitando e deixando mais rápido o transporte do material. A peça estando na outra célula os atuadores do módulo de teste retornam para suas posições iniciais. Ressaltando que, como recurso de segurança para que não haja conflito principalmente entre o transferidor e o elevador, o módulo de teste conta com um sensor reflexivo na qual serve para identificar se o transferidor está posicionado na estação de teste.

A figura 8 é a representação 3D deste módulo.

Figura 8 - Módulo de Teste



Fonte: (FESTO, 2006)

#### 4.1.3 Módulo de Ordenação

O último módulo é responsável por ordenar as peças conforme suas características, ou seja, conforme sua cor, sendo armazenado no seu respectivo armazém. Este módulo é um importante recurso para organização dos materiais produzidos no processo.

Este módulo possui uma esteira para transporte das peças, sensor de presença, um atuador *stop*(trava), um sensor indutivo e outro sensor óptico para identificação da cor das peças, dois atuadores que servem como desvios e no final do processo um sensor reflexivo de fim de curso.

As peças são transportadas por meio de uma esteira na qual é acionado quando uma peça chega ao módulo logo na entrada da célula pelo sensor de presença. O atuador *stop* permite conter o transporte do material para que os sensores façam a leitura do tipo de peça. Após identificado a peça é liberada pela trava sendo acionado o desvio. O módulo possui três armazéns para processo de ordenação individual de cada peça. Foi definido o primeiro armazém para a vermelha, o segundo para a prata e a última para a preta. Com isso o material é direcionado ao seu respectivo local de armazenamento, reiniciando o módulo as suas posições iniciais quando a peça passa pelo sensor de fim de curso. A tabela 2 demonstra a lógica de acionamento dos desvios conforme a leitura dos sensores.

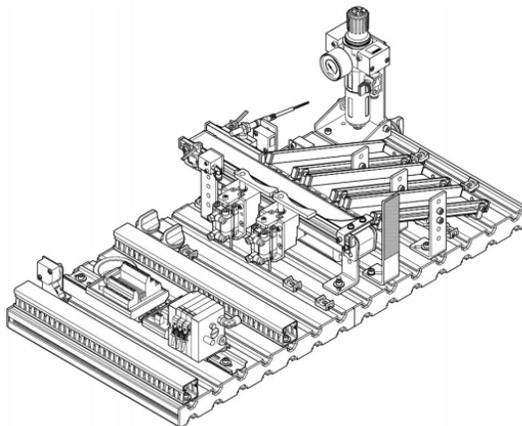
Tabela 2 - Lógica de leitura da peça do Módulo Ordenação

Peça	S. Presença	S. Capacitivo	S. Óptico	Desvio A	Desvio B
<b>Vermelha</b>	1	0	1	1	0
<b>Prata</b>	1	1	1	0	1
<b>Preta</b>	1	0	0	0	0

Fonte: Autor

A Figura 9 é a representação 3D deste módulo.

Figura 9 - Módulo de Ordenação



Fonte: (FESTO, 2006)

## 4.2 Mitsubishi da serie Q03UDECPU

Os Controladores Lógicos Programáveis (CLP) da serie Q03UDECPU são produzidos pela MITSUBISHI. Este é um poderoso CLP modular com tecnologia multiprocessador. Este CLP permite aos usuários misturar e selecionar a melhor combinação de CPUs, dispositivos de comunicação, módulos de controles e I/O. Isso permite que os usuários configurem os sistemas no de acordo com sua necessidade. (MITSUBISH MANUAL, 2007)

Esses controladores contam com comunicação via Ethernet (ModBus/TCP, EasyIP, TCP/IP) e estendem a possibilidade a desenvolvimento de telas para IHM utilizando servidor OPC. Facilidade de conexão entre o CLP e bancada da FESTO

O CLP dispositivo no laboratório de Processos da UEA utilizado para o controle do Modular de Produção da FESTO, foi escolhido devido este oferecer facilidades de conexão

entre o controlador a e bancada, como também foi selecionada para fins de aprendizado e análise no uso deste controlador. A figura10 demonstra o CLP instalado na bancada.

Figura 10 - CLP MITSUBISHI da serie Q03UDECPU



Fonte: Autor

Para o controle dos módulos são utilizadas as entradas e saídas digitais do CLP da Mitsubishi para leitura ou atuação nos sensores e atuadores presentes em cada módulo. Destacando que os sensores têm seu acionamento em nível lógico 0.

O endereço de cada sensor e atuador conectados com as saídas e entradas do CLP são demonstrados nas tabelas 3, 4 e 5 separadas conforme o módulo.

Tabela 3 - Entradas e Saídas do Módulo Distribuição

Entrada		Saída	
End.	Descrição	End.	Descrição
<b>XB</b>	Sensor do vácuo	Y37	Transferidor pegar peça
<b>X1A</b>	Sensor de recuo do atuador Magazine	Y38	Transferidor deixar peça
<b>X18</b>	Sensor óptico de presença do Magazine	Y3A	Aciona sopro
<b>XD</b>	Sensor de avanço do atuador Magazine	Y3C	Aciona vácuo
<b>X9</b>	Transferidor pegar peça	Y3E	Avanço cilindro magazine
<b>X19</b>	Transferidor pegar deixar	-	-

Fonte: Autor

Tabela 4 - Entradas e Saídas do Módulo Teste

Entrada		Saída	
End.	Descrição	End.	Descrição
<b>X0</b>	Sensor capacitivo	<b>Y2E</b>	Colchão de Ar
<b>X1</b>	Sensor óptico	<b>Y31</b>	Cilindro de rejeito
<b>X6</b>	Sensor de Recuo do cilindro rejeito	<b>Y33</b>	Elevador Up
<b>X5</b>	Sensor do elevador estado down	<b>Y35</b>	Elevador Down
<b>X4</b>	Sensor do elevador estado up	-	-
<b>X2</b>	Sensor de segurança	-	-

Fonte: Autor

Tabela 5 - Entradas e Saídas do Módulo Ordenação

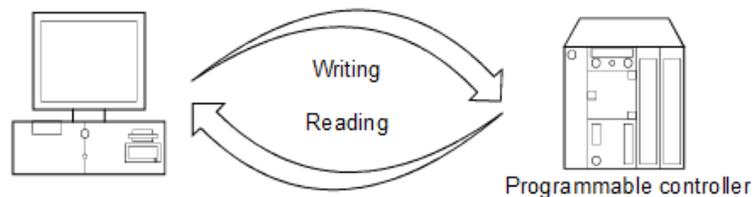
Entrada		Saída	
End.	Descrição	End.	Descrição
<b>X10</b>	Sensor de Presença	Y2A	Motor da Esteira
<b>X12</b>	Sensor Indutivo	Y25	Cilindro <i>Stop</i>
<b>X13</b>	Sensor Óptico	Y27	Cilindro seletor prata
<b>X14</b>	Sensor de fim de curso	Y28	Cilindro seletor vermelho
<b>X16</b>	Cilindro seletor Down, vermelho	-	-
<b>X11</b>	Cilindro seletor Up, vermelho	-	-
<b>X15</b>	Cilindro seletor Down, prata	-	-
<b>X17</b>	Cilindro seletor Up, prata	-	-

Fonte: Autor

#### 4.2.1 GX Developer

O GX Developer é um ambiente para o desenvolvimento dos CLPs da Mitsubishi Electric, no qual suporta a lista de instruções (IL), o diagrama de Ladder (LD) e as linguagens de função sequencial (SFC). Esse software apresenta ferramentas de prática utilização para *backup* e carregamento de programação ao CLP (sendo ilustrado na figura 11), sendo possível a utilização das funções de teste e monitoramento on-line do processo em funcionamento de forma rápida e eficiente, como também simulação off-line. (GX Developer Operating Manual, 2010).

Figura 11 - Comunicação do Software Gx Developer com o CLP



Fonte: (Manual GX Developer, 2010)

Com o CLP da Mitsubishi para o desenvolvimento do projeto, foi necessária a utilização do software Gx Developer, sendo utilizada a linguagem Ladder (LD) para a programação do processo. Sendo adicionadas na programação as funcionalidades de gerenciamento da produção procurando demonstrar as vantagens da integração dessas facilidades. Para isso precisa-se aprofundar nas variáveis relacionadas com gerenciamento da produção.

### 4.3 Cálculos Gerenciais

Mediante a informação da subseção 3.1, foram definidas quais métricas de produção são possíveis de serem calculadas na bancada didática MPS® FESTO considerando as possibilidades e limitações dos recursos da bancada. Considerando as sequências de operações e as metas desejadas no projeto, tem como objetivo simular os princípios de um sistema de manufatura discreta industrial. Por tanto, nesta etapa foram definidas as variáveis que serão obtidas do processo, para que o sistema supervisor faça a aquisição e coleta de dados através do CLP.

O processo foi definido para desempenhar a produção de três tipos de peças, essa definição de tipo foi realizada referente à suas cores, sendo vermelha, prata e preta. De acordo com as necessidades e interesses da empresa o operador define o tipo e quanto de produção será executado. A peça passará por todas as operações presentes no funcionamento da bancada MPS® FESTO discutidos na subseção 4.1. Sendo concluídas todas as operações, consequentemente tem-se a produção de uma peça finalizada. Seguindo este contexto encontra-se a primeira variável para os cálculos de produção, sendo esta a quantidade de produção real, ou melhor, a quantidade de saída. Quando todas as operações foram executadas e o reconhecimento da peça por intermédio do sensor reflexivo presente no final do processo é

identificado que uma peça foi produzida. Isso se dá juntamente com a leitura do sensor e um contador presente na programação em linguagem do CLP.

Quando uma peça for produzida as operações ocorrem dentro de um intervalo de tempo, destacando que quanto menor é esse valor mais eficiente é o processo. O tempo de produção é a segunda variável necessária para o desenvolvimento dos cálculos estatísticos. O tempo de produção é a somatória do tempo de cada operação executada para conclusão da produção da peça. Para isso foram identificadas às operações que ocorreram em cada tipo de peça, destacando a outra variável importante para o gerenciamento, o número de operações.

As operações identificadas são:

- Empurrador magazine libera uma peça;
- Movimento do transferidor para pegar uma peça no magazine;
- Vácuo da ventosa é acionado segurando uma peça;
- Movimento do transferidor para deixar a peça no elevador;
- Sopro da ventosa é acionado liberando a peça;
- Elevador sobe até o nível do colchão de ar;
- Empurrador rejeito é acionado,
- Peça é transportada pelo colchão de ar;
- Leitura da peça;
- Peça é liberada e transportada pela esteira do módulo;
- Desvio é acionado e a peça é ordenada no armazém.

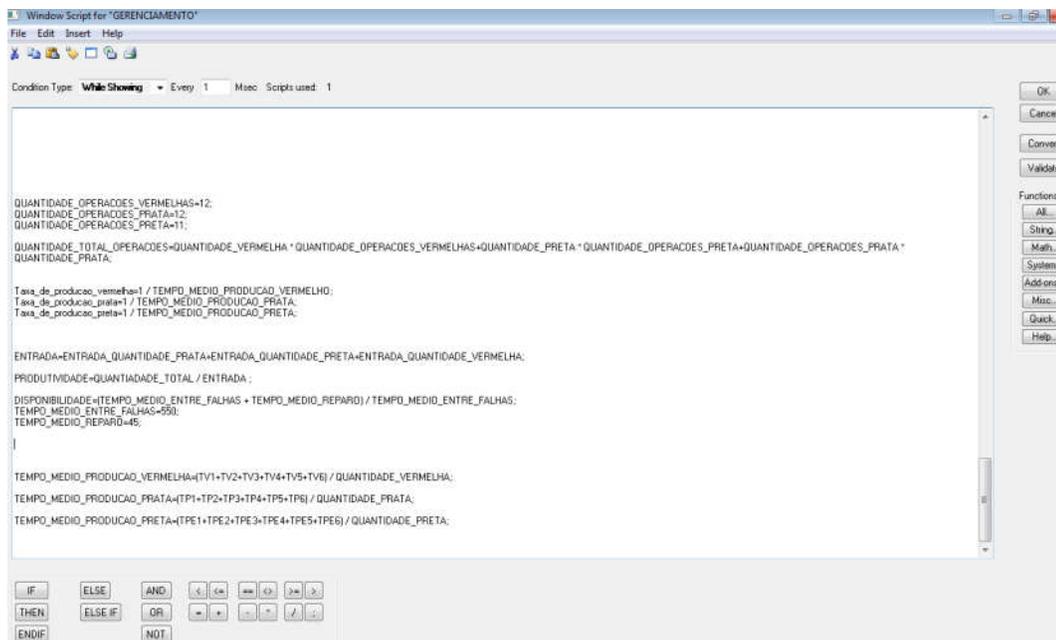
Conclui-se que cada peça executa 11 operações, com exceção da preta, pois esta não necessita que um desvio seja acionado, quando identificado o tipo preta a peça é transportada até o fim da esteira, deslizando pelo desvio embutido no processo. Com isso o número de operações fica definido como 11 operações para vermelha e prata e 10 para preta.

O tempo das operações é medido por intermédio de temporisadores na programação em ladder iniciando a contagem no momento em que uma operação inicia a sua execução sendo finalizado quando a próxima operação for inicializada. Estes valores são guardados e somados, contabilizando o valor de tempo de produção da peça. O método para a soma será abordado a seguir.

Considerando as formulas explicada no referencial teórico e as variáveis obtidas do processo, são possíveis executar os cálculos. O CLP por meio da linguagem ladder transporta os valores das variáveis até as memórias internas do IHM. A comunicação entre o IHM e o CLP ocorre por meio do Protocolo OPC e por meio disso os dados são transportados

diretamente do processo até o supervisor. O software *Wonderware Intouch* foi utilizado para o desenvolvimento do IHM. Essa plataforma oferece a ferramenta de desenvolvimento em Linguagem C, sendo selecionada em *Windows Scripts* do software (a figura 12 ilustra o ambiente que a programação ocorre).

Figura 12 - Programação Linguagem C no Intouch



Fonte: Autor

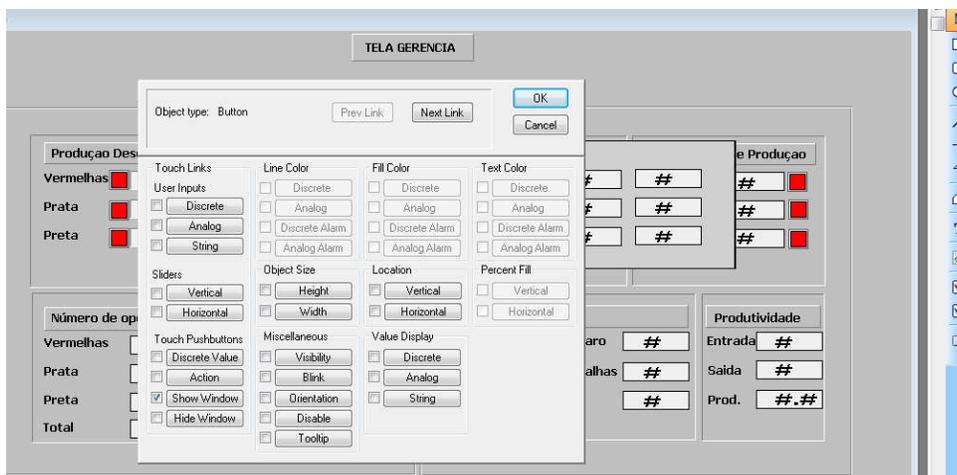
Por meio deste recurso as informações são armazenadas e incluídas nas formulas desenvolvidas na programação. Após o cálculo ser realizado o valor e mostrado na tela do IHM. Esses valores fornecem dados registrados do processo, facilitando o processo decisório do gerenciamento da produção.

## 4.4 Sistema SCADA

O software escolhido para esta aplicação é o *Wonderware InTouch*, pois é um software que atende as necessidades de monitoramento e controle das operações do processo, como também permitem a obtenção dos valores produtivos para o gerenciamento da produção propostos neste projeto. Este software oferece uma praticidade para o desenvolvimento das telas do IHM, disponibilizando diversos recursos virtuais de botoeiras, figuras demonstrativas, tabelas e gráficos para a criação do supervisório.

O software utiliza-se de criação de Tags para a obtenção e manipulação de variáveis. A figura 13 ilustra como é o ambiente de desenvolvimento design do IHM e a tela de especificação de funcionamento de cada ícone criado. Vale ressaltar que de acordo com a sua empresa desenvolvedora, o *Wonderware Intouch* é uma ferramenta utilizada a cerca de um terço nas instalações industriais mundiais, com isso destaca-se a importância de trabalhar com esta ferramenta.

Figura 13 - Ambiente de desenvolvimento do IHM



Fonte: Autor

### 4.4.1 Controle Remoto

Os sistemas supervisórios possuem funcionalidades que permitem uma gestão mais flexível através do acesso remoto. Diferentemente dos IHM locais este recurso em potencial permite supervisionar e controlar um processo industrial completo em locais distantes e de

fácil transporte, tendo como plataforma de sua implementação ferramentas como *notebook*, *tablet* ou até mesmo em celular.

O acesso remoto possibilita a rápida atuação em casos urgentes, além de reduzir custos em viagens para reparos em equipamentos em localidades distantes. Uma das principais funcionalidades da tecnologia de acesso remoto é tornar possível o acesso simultâneo de vários usuários a sistemas SCADA via redes locais ou pela internet.

Em vista de desenvolver um sistema SCADA remoto, a plataforma selecionada foi um *notebook*, por apresentar mais facilidades nos requisitos de desenvolvimento do mesmo, velocidade e segurança na obtenção dos dados, assim como favorecendo na flexibilidade de transporte do supervisório.

#### **4.4.2 Requisitos funcionais do sistema de supervisão integrado**

Esta subseção consiste em explicar detalhadamente os requisitos funcionais adotados durante o desenvolvimento do supervisório SCADA utilizando o Wonderware Intouch.

##### **4.4.2.1 Controle de Acesso**

O controle de acesso é um fator importante nos supervisórios pois torna possível restringir as atividades de acordo com cada cargo. Neste projeto foram definidos três níveis de acesso, sendo eles operador, gerencia e engenharia.

O primeiro tipo tem como acesso para visualizar as informações da interface gráfica e histórico de alarmes, acesso ao sistema automático e manual do processo, assim como as botoeiras de *start*, *stop*, *reset*, e emergência do sistema, ou seja, é responsável por toda parte operacional do processo.

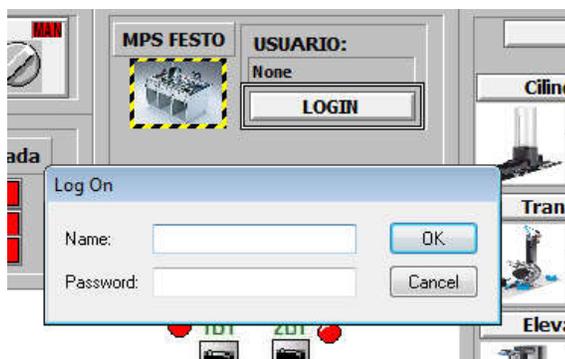
O segundo usuário está ligado aos interesses administrativos, tendo assim acesso às telas de gerenciamento, sendo ele responsável pela coleta de dados referente à qualidade e eficiente do processo, onde se identifica os resultados dos cálculos de produção explicados anteriormente.

O terceiro acesso pode modificar as informações colocadas na interface, tendo como principal função a manutenção do sistema de supervisão e automação local. Este tem como suporte adicional as telas de I/O para análise se os atuadores e sensores estão funcionando

corretamente, como também a visualização dos endereços dos mesmos para programação do sistema, neste caso em linguagem Ladder.

A figura 14 ilustra como é apresentado a tela para *login* do funcionário. Quando é realizado a entrada de um usuário o seu nome fica registrado e as funções são liberadas.

Figura 14 - Tela para *login* do funcionário



Fonte: Autor

O *Intouch* oferece a ferramenta para cadastro dos funcionários sendo definido o nome, a senha e o nível de acesso do mesmo. Para ter acesso a essa ferramenta é necessário entrar com a conta de administrador do próprio *Intouch*. Na qual consiste o *login* Administrator e a senha wonderwareintouch.

#### 4.4.2.2 Tela de Principal

Tela Principal, também conhecida como *Main*, é uma tela compacta onde nela estar apresentada as principais funções da máquina, como o painel com *start*, *stop*, *reset*, emergência, seleção de manual e automático, painel de comandos manuais, contando também com área destinada para realização do login mencionado anteriormente. Outros recursos disponíveis na tela são a possibilidade de visualização dos dados como quantidade de produção real e seleção da produção desejada, contando também com o mapeamento do sistema, indicando os estados de cada operação do sistema, sendo visualizado através de lâmpadas. A estrutura da tela de principal está ilustrada na figura 15.

No painel de manual é possível movimentar todos os atuadores do processo, esse painel é de grande importância para um sistema produtivo pois facilita a manutenção e diminui o tempo de parada de produção.

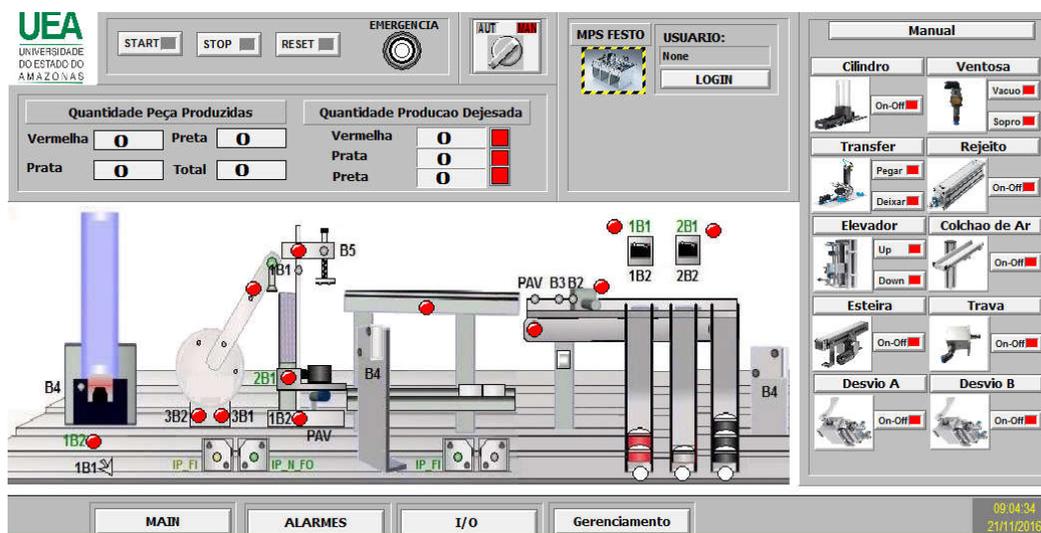
A comunicação para que esses comandos tenham atuação direta com o processo será explicada mais detalhadamente mais a frente, mas basicamente falando isso se dá devido a definição dos recursos de tags tanto vindas do OPC como as definidas no próprio software do IHM. O ícone como por exemplo o botão start, deve ser definido a tag, de acordo com o tipo (booleana, real, etc) conectando com a tag definida no OPC que por ventura esta conectado com o controlador. Esse processo está presente em todo desenvolvimento das demais tela. A figura 15 ilustra como é parte de definição das tags internas do software de IHM.

Figura 15 - Definição das tags internas do software de IHM



Fonte: Autor

Figura 16 - Tela Principal do Sistema Supervisório



Fonte: Autor

### 4.4.3 Tela Alarmes

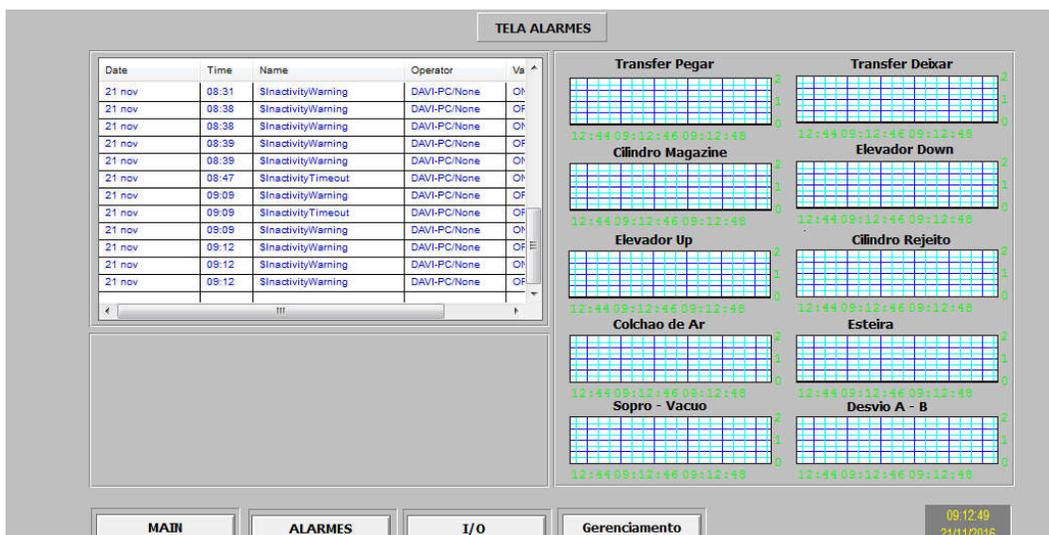
A tela de alarmes é responsável por gerar relatório através de um histórico dos alarmes que ocorreram ao decorrer das atividades, sendo de mais utilidade a identificação de alarmes referentes aos defeitos. A ferramenta de histórico é disponibilizada pelo software *Wonderware Intouch*. Destacam-se os principais alarmes:

- Um das falhas mais frequentes ocorre quando o transferidor não consegue concluir sua operação, o acionamento para deixar a peça no próximo módulo (módulo teste) é efetivado, porém por alguma interrupção a operação não é executada. O alarme é acionado e uma mensagem é enviada para tela principal e ficará armazenada no histórico de alarme.
- Toda vez que o botão virtual de emergência é acionado, todo equipamento para imediatamente uma mensagem é enviada para tela principal e ficará armazenada na tela de histórico de alarme.

A tela de alarmes é composta também por gráficos que indicam quando um atuador executa sua atividade. Esse recurso permite observar a mudança de estado do atuando de *on-off*, analisando se o funcionamento ocorreu da maneira correta.

A estrutura da tela de alarmes está ilustrada na figura 17.

Figura 17 - Tela de Alarmes do Sistema Supervisório



Fonte: Autor

#### 4.4.4 Tela I/O

A tela de monitoramento das entradas e saídas do sistema, chamada de I/O, é uma ferramenta em potencial para resoluções de problemas de manutenção, pois com ela é possível saber se o sensor ou atuador está funcionando corretamente ou não.

O princípio de funcionamento da tela é simples. Caso o sensor ou atuador estiver enviando sinais para o CLP, um LED localizado ao lado da descrição de cada atuador ou sensor mudará o seu estado, melhor dizendo, a cor do LED fica verde. Porém caso não esteja enviando sinal, o LED permanecerá apagado, identificando algum tipo de problema com o equipamento. Assim é possível analisar e identificar rapidamente o problema ocorrido, aperfeiçoando as tomadas de decisões para resolução de problemas de equipamentos.

Na figura 18 mostra o resultado da tela I/O.

Figura 18 – Tela I/O do Sistema Supervisório

TELA I/O		
ENTRADAS	DESCRICAÇÃO	
X1	Sensor capacitivo (Elevador)	■
X6	Sensor de Recuo do cilindro (Elevador)	■
X5	Sensor Down (Elevador)	■
X4	Sensor Up (Elevador)	■
X0	Sensor Óptico (Elevador)	■
X2	Sensor de segurança (Transfer)	■
X9	Limit Switch na posição get (transfer)	■
X19	Limit Switch na posição leave (transfer)	■
X10	Sensor Óptico (Esteira)	■
X12	Sensor Indutivo (Esteira)	■
X13	Sensor Óptico (Esteira)	■
X16	Cilindro seletor, vermelho (Down)	■
X11	Cilindro seletor, vermelho (up)	■
X15	Cilindro seletor, prata (down)	■
X17	Cilindro seletor, prata (Up)	■
X14	Sensor fim de curso (Esteira)	■
X8	Sensor do vácuo (Transfer)	■
X18	Sensor óptico de presença (Magazine)	■
X1A	Sensor de recuo do atuador (Magazine)	■
X0	Sensor de avanço do atuador (Magazine)	■

SAIDAS	DESCRICAÇÃO	
Y2A	Motor da Esteira (teste)	■
Y25	Cilindro Stopper (teste)	■
Y27	Cilindro seletor prata (teste)	■
Y28	Cilindro seletor vermelho (teste)	■
Y2E	Blower (up/ down elevador)	■
Y31	Cilindro de rejeito (Elevador)	■
Y33	Up (Elevador)	■
Y35	Down (Elevador)	■
Y38	Pega Peça (Transfer)	■
Y37	Deixa Peça (transfer)	■
Y3C	Aciona vácuo	■
Y3A	Aciona sopra	■
Y3E	Avanço cilindro (Magazine)	■

09:14:37  
21/11/2016

Fonte: Autor

#### 4.4.5 Tela de Gerenciamento

A filosofia de gestão é focada em alcançar melhorias nos seus resultados produtivos, por esse motivo as informações de produção devem estar continuamente disponibilizadas para análise, pois com elas se tem parâmetros base para auxílio nas tomadas de decisões. Baseado nessa ideologia que a última tela foi desenvolvida, chamada de tela de gerenciamento.

A tela de gerenciamento possui um sistema que permiti o usuário, analisar como estar à produção, é possível colocar a quantidade de produção desejada, e acompanhar em tempo real dados como a quantidade de produção real, o histórico de tempo por peça, média de tempo de produção como também a produtividade.

Ou seja, esta tela é o local que está presente as métricas de produção. Quando o processo está em execução, as variáveis relacionadas à quantidade e tempo de produção são obtidas diretamente do processo pelo CLP. Essas variáveis são transportadas para as formulas definidas na linguagem C do IHM. Essas informações são calculadas e disponibilizadas de maneira fácil e prática. Estruturalmente a tela é subdividida em blocos de acordo com o tipo de cálculo. Os valores são disponibilizados em áreas restritas de fácil visualização e identificados de acordo com o que representa cada valor. O valor tempo médio entre falhas MTBF e o tempo médio de reparo MTTR foram fixos, pois os mesmos representam uma média de ocorrência de falhas do processo.

Na figura 19 mostra o resultado da tela de gerenciamento.

Figura 19 – Tela de Gerenciamento do Sistema Supervisório

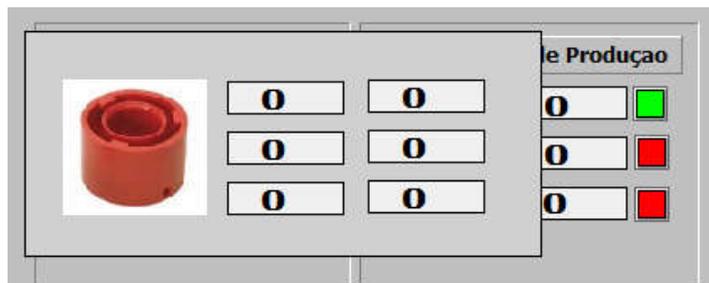


Fonte: Autor

Um pequeno espaço é reservado para a demonstração do histórico do ciclo de produção de acordo com o tipo de peça. Este recurso se encontra no tempo médio de produção. Quando o usuário acionar o botão a tela juntamente com seis últimos valores medidos são disponibilizados na tela. Quando não for mais necessário este recurso cabe ao usuário apenas desacionar o botão. Este recurso auxilia o monitoramento do desempenho de produção de cada peça.

A figura 20 ilustra subtela que disponibiliza o histórico de tempo de produção de cada peça.

Figura 20 - Histórico de tempo



Fonte: Autor

## 4.5 Comunicação

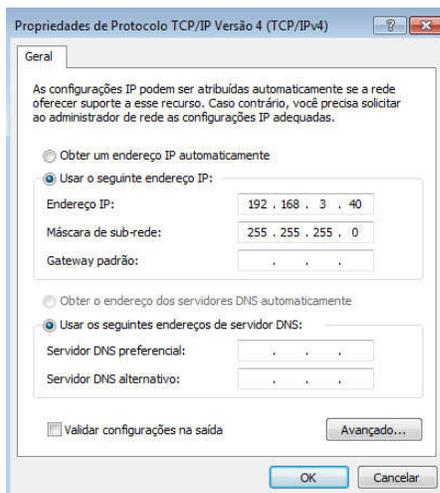
A integração de sistemas tem por objetivo interligar os vários níveis de automação em unico sistema, no caso deste projeto, interligar a um sistema supervisório. É neste contesto que as redes insdustriais têm por finalidade integrar todas ou parte das informações presentes em uma indústria (Semele, 2011).

A estrutura de rede utilizada para implementação deste projeto corresponde a uma rede industrial Ethernet, onde os módulos do MPS® FESTO tem seus sensores e atuadores conectados ao CLP da Mitsubishi, que desempenha as ações de controle segundo a sequencia em LADDER. O CLP está conectado a um roteador wireless com configuração de rede Ethernet TCP/IP. O TCP/IP representa, de certa maneira, o conjunto das regras de comunicação Ethernet baseia-se na noção de endereçamento IP, isto é, fornecer um endereço IP a cada máquina da rede a fim de poder encaminhar pacotes de dados.

Foi escolhido esse tipo de rede pela facilidade de implantação e utilização, tanto na criação da mesma quanto nas ações de controle e aquisição de dados pelo sistema supervisório utilizando servidor

Inicialmente para que ocorra a comunicação do CLP com o computador é necessário alterar o IP do computador, deixando tanto CLP quanto o PC em uma mesma rede. Destacando que o IP do CLP é 192.168.003.039. Com isso o IP do computador foi definido como 192.168.003.040. E como máscara de sub-rede ficou 255.255.255.0. A figura 21 ilustra o processo da configuração.

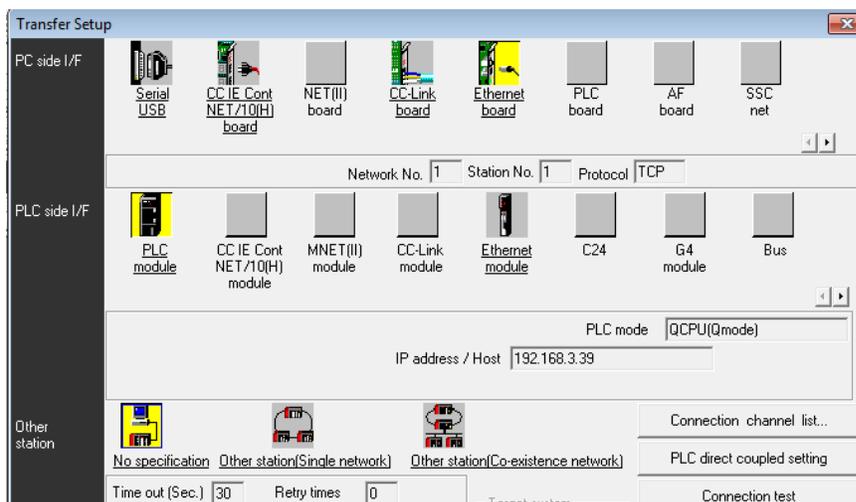
Figura 21- Mudança IP do PC



Fonte: Autor

Continuando a configuração para a comunicação do controlador com o computador, foi necessário realizar os procedimentos para comunicação Ethernet nas configurações do software GX Developer. A figura 22 demonstra os itens a serem selecionados para realização desse processo nas configurações do software GX Developer.

Figura 22 - Configuração para comunicação Ethernet



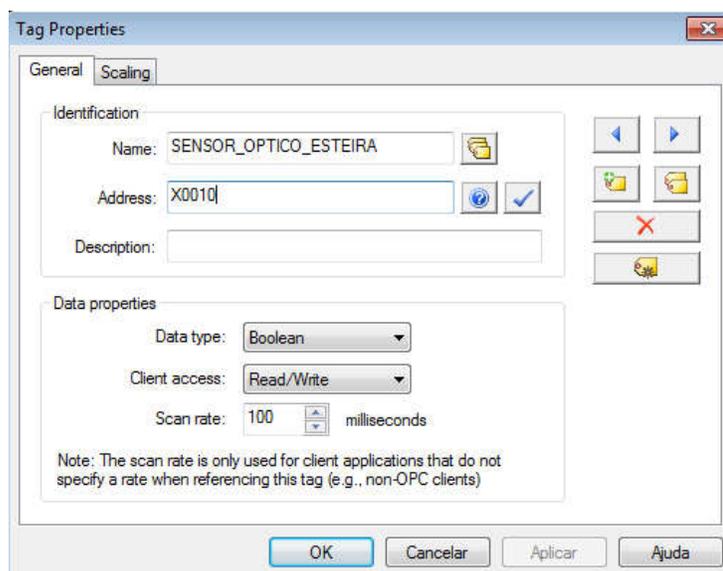
Fonte: Autor

Para a comunicação do sistema supervisório com o CLP é necessário a utilização da ferramenta OPC, para intercâmbio seguro e confiável de dados. O OPC é responsável por coletar as informações do sistema que está sendo controlado e atualizar esta informação no

IHM. O software utilizado como plataforma de conectividade foi escolhido o *KepServerEx*. Este software foi utilizado devido este atender as necessidades para o projeto, como permitir conectar, gerenciar, monitorar e controlar a bancada MPS FESTO, utilizando os protocolos de comunicação OPC.

Com isso para que o fluxo de informações seja possível é necessário a criação do recurso chamado Tags no software *KepServerEX*. Essas Tags são as variáveis que irão comunicar o IHM com o CLP. Para isso é preciso definir essas variáveis, tendo que ser nomeada a Tags e devidamente endereçada. A figura 23 ilustra como é o ambiente no qual é definido as Tags.

Figura 23 - Definições das Tags no KepServer



Fonte: Autor

As variáveis criadas são armazenadas nos ícones do IHM como mencionado anteriormente. Com os procedimentos de comunicação concluídos, é possível ser realizado o intercâmbio de informações de maneira instantânea entre o CLP e o supervisor.

## **5 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Este capítulo consiste em apresentar os resultados obtidos a partir da utilização da metodologia detalhada no capítulo 4.

### **5.1 Programação em Ladder**

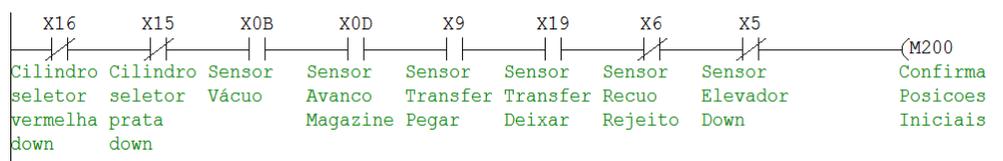
A programação do sistema foi desenvolvida em base dos conhecimentos explicados no capítulo 4, estes relacionados aos componentes que integram a bancada (sensores, atuadores e controlador), os endereços de entrada e saída e os princípios de funcionamento padrão de cada módulo do sistema. Além do funcionamento padrão, a linguagem de programação foi desenvolvida em vista a alcançar os objetivos propostos neste projeto, ou seja, a implementação do controle gerencial do processo.

Devido à programação ser bastante extensa, porém as partes de mais relevância para a obtenção dos resultados serão detalhadas nas subseções seguintes.

#### **5.1.1 Condições Iniciais**

Para o início das atividades do processo o operador deve acionar o modo automático e apertar o botão o *Start* presentes no painel de controle virtual do IHM. Porém para que a produção inicie de fato, foi desenvolvida na programação uma varredura por meio dos sensores da bancada identificando se os atuadores estão obedecendo às condições iniciais. Isto nada mais é que a condição que os atuadores devem estar posicionados para que o processo possa iniciar as operações, isso é feito como forma de garantir a segurança do sistema, pois se o componente não estiver devidamente posicionado a possibilidade de falhas, como colisões, é consideravelmente alta. A programação da varredura é simples porém de extrema importância, a figura 24 demonstra como foi estabelecido este recurso.

Figura 24 – Lógica para varredura da posição inicial



Fonte: Autor

Caso o atuador não está posicionado corretamente o operador pode mover através do recurso do controle manual.

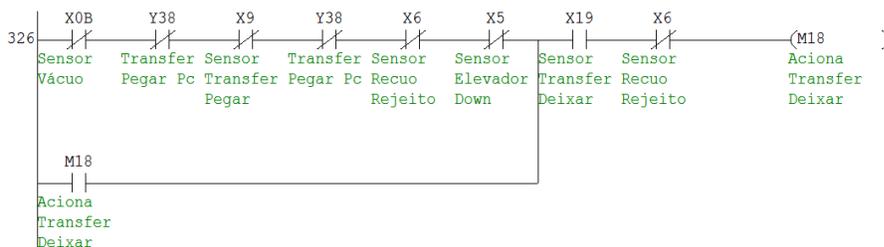
### 5.1.2 Controle Manual e Automático

Todo processo industrial possui duas maneiras de operação, manual ou automático, tendo a primeira opção com finalidade mais voltada a recurso de manutenção.

Para utilizar a função manual é preciso que o modo automático esteja desacionado. O painel para controle manual é disponibilizado no IHM, onde possui as botoeiras destinadas para cada ordem de operação, ou seja, ligar ou desligar o atuador. Na programação o comando é ligado diretamente com a saída, sendo interrompida se o modo automático estiver acionado.

As atividades no modo automático devem aos conjuntos de condições para acionamento ou desacionamento de cada operação. Para entendimento como foi estabelecida a programação para controle automático, tem-se como exemplo a operação em que o transferidor locomove uma peça de um módulo a outro. As principais condições para este ser acionado são: sensor do vácuo (entrada X0B) deve estar acionado, constatando que pegou uma peça; a posição do transferidor deve estar em pegar uma peça (sensor de entrada X9); o elevador do módulo este deve estar em baixo (sensor de entrada X5), as demais condições são estabelecidas mais por critérios de segurança. Para desacionamento, quando a transferidor chegar na posição de deixar peça (sensor de entrada X19) o comando de operação é cancelado. Esta parte da programação pode ser visualizada na figura 25

Figura 25 - Comando de operação

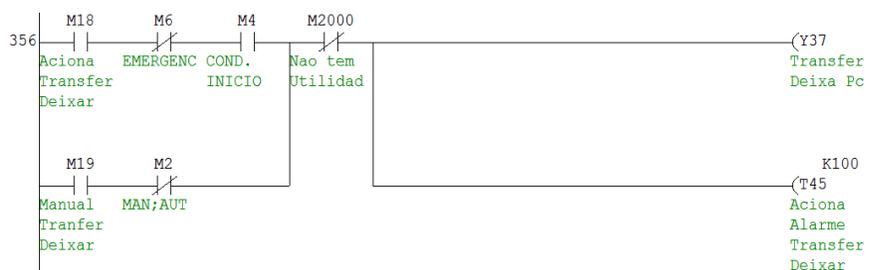


Fonte: Autor

Lembrando, como explicado no capítulo 4, o acionamento dos sensores ocorre em 0V. Por esse motivo que os sensores são acionados contato normalmente fechado.

Seguindo o exemplo da operação acima, a estrutura de acionamento manual e automático do mesmo pode ser visualizada na figura 26.

Figura 26 - Acionamento atuador



Fonte: Autor

Esses princípios de condições de acionamento seguiram por todas as demais operações do sistema.

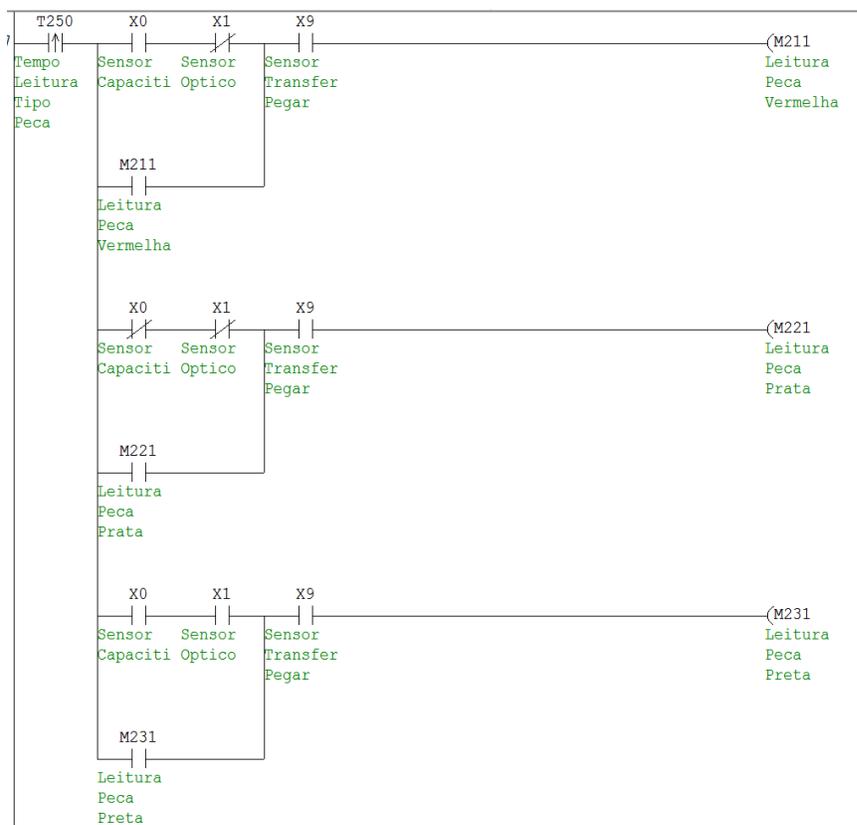
### 5.1.3 Controle de Produção

O controle de produção é um recurso indispensável nos processos de manufatura, com ele é possível produzir conforme as necessidades e interesse da empresa, controlando estoques e consequentemente evitando desperdícios. Neste projeto a quantidade de produção pode ser definido nas telas: principal ou de gerenciamento. O operador digita a quantidade desejada e confirma a operação no botão ao lado da quantidade estabelecida.

Quando uma peça chega ao módulo de teste, mais especificamente no elevador na posição *down*, definindo essa etapa como entrada do processo. Neste momento a contagem de

um tempo é acionada. Este tempo possibilita a leitura de qual tipo de peça entrou em produção. Como mencionado no capítulo 4, no elevador há dois sensores, um capacitivo e outro óptico. Dentre o intervalo de tempo estabelecido, a leitura da peça é realizada e armazenada na memória do IHM, realizando a contagem da quantidade de peça de entrada de acordo com o tipo. A lógica para identificação da peça é semelhante ao que ocorre no último módulo, o módulo de ordenação. A figura 27 ilustra a lógica de identificação do tipo da peça.

Figura 27 - Lógica de identificação do tipo da peça

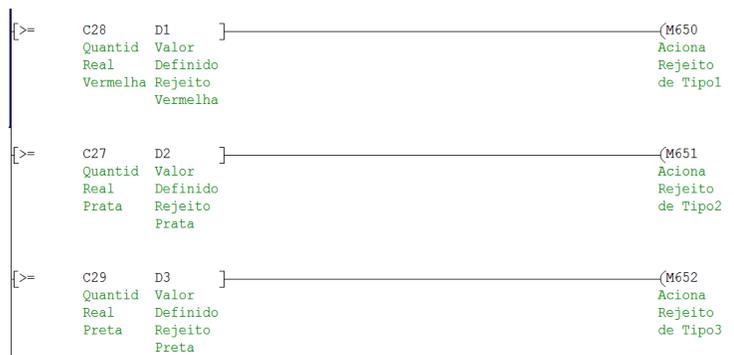


Fonte: Autor

A contagem das peças irá ocorrerem continuamente, em paralelo o valor atual está sendo comparado com o valor estabelecido no IHM. Se o valor de uma quantidade de uma peça chegar a ser igual, a condição de rejeição para as próximas peças deste mesmo tipo é acionada. Com isso é garantido a produção de peças desejadas. As peças produzidas a mais são rejeitadas e armazenadas na parte de rejeitos. As peças que não alcançaram a meta continuam ao longo do processo de produção normalmente.

A lógica para as condições do rejeito ficou com a seguinte composição ilustrada na figura 28.

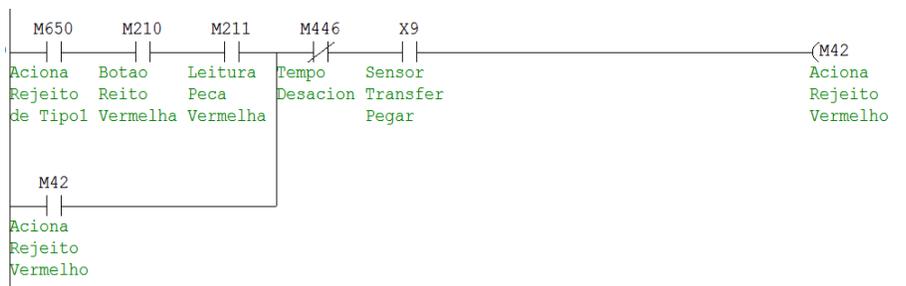
Figura 28 - Lógica para as condições do rejeito



Fonte: Autor

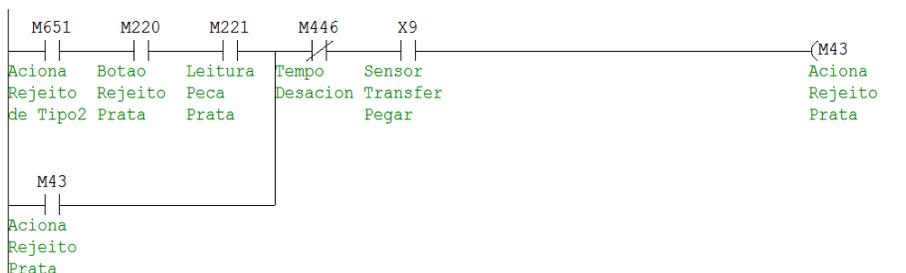
As imagens 29, imagens 30, imagens 31 ilustram a lógica de acionamento de rejeito de cada peça.

Figura 29 - Lógica de acionamento de rejeito peça vermelha



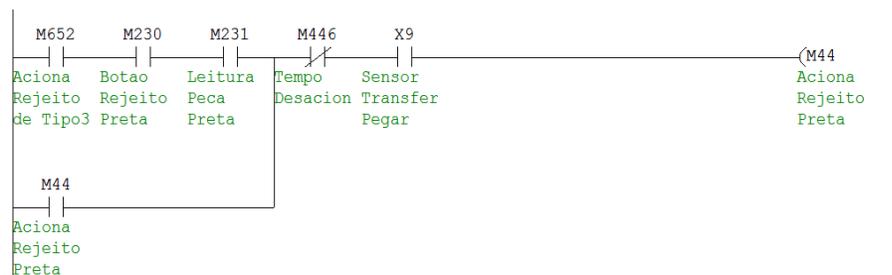
Fonte: Autor

Figura 30 - Lógica de acionamento de rejeito peça prata



Fonte: Autor

Figura 31 - Lógica de acionamento de rejeito peça preta



Fonte: Autor

### 5.1.4 Alarmes

Em meio às atividades da produção industrial as ocorrências de falhas são inevitáveis. Essas falhas prejudicam as metas de produção, proporcionando prejuízo a empresa. Quanto mais tempo persistir o defeito maior é a perda na produção. Por esse motivo é necessário que seja realizado rapidamente a identificação do problema e entrar com as ações de manutenção.

Neste projeto foi desenvolvido, por meio da programação, mecanismos de como identificar um possível problema na produção da bancada MPS da FESTO. Uma das falhas mais decorrentes no processo ocorre quando o transferidor está operando para deixar a peça no módulo de teste, porém a atividade não é concluída, pois o transferidor fica travado na operação de deixar peça. Na ocorrência dessa falha, a programação no CLP identifica o problema e envia o sinal do defeito até o IHM, que por fim no supervisório uma mensagem indicando o problema é disponibilizando uma possível solução na tela de alarme, sendo armazenada a ocorrência no histórico de falhas. No ambiente industrial o histórico de falhas auxilia na análises dos pontos críticos do processo, com isso possibilitando a empresa tomar medidas de prevenção para futuras falhas.

Na lógica em Ladder um temporizador foi colocado para medir o tempo em que o transferidor demora em deixar uma peça. O temporizador tem como limite a média de tempo em que a operação executaria normalmente. Caso o valor do temporizador alcance o limite e o atuador esteja acionado é identificado o defeito, sendo ativado o alarme. A figura 32 ilustra como foi feito o alarme em caso deste defeito.

Figura 32 - Lógica defeito transferidor Pegar



Fonte: Autor

### 5.1.5 Tempo e quantidade de produção

Tão quanto importante é o monitoramento e controle da quantidade das peças para o desempenho da empresa como também é a supervisão dos tempos de operação de cada produção. Baseado nos princípios de manufatura enxuta os tempos possibilitam identificar se um processo está operando de maneira eficiente.

As variáveis de tempo e quantidade são as principais responsáveis pelos cálculos de gerenciamento deste projeto. A quantidade de peça é obtida toda vez que esta é identificada. No processo da bancada possui dois momentos de identificação da peça, a primeira como foi definida como entrada, na qual consiste quando a peça está no elevador (estado *down*), e o outro momento consiste quando uma peça chega no início do módulo de ordenação, considerando como peça de saída.

O tempo ciclo de operação de uma peça consiste desde o início das atividades até a conclusão da produção da peça. No momento que a peça é liberada pelo atuador magazine, a contagem do tempo é acionada tendo o fim apenas quando a peça passar pelo sensor de fim de curso (entrada X14). Caso a peça seja rejeitado o tempo é cancelado.

Peça identificada no processo de saída e com a conclusão das atividades, o valor do tempo é armazenado de acordo com o tipo de peça detectado. Esse valor é transportado para o IHM, sendo realizado um histórico de produção por peça.

## 5.2 Sistema Supervisório

Em um processo produtivo a quantidade de operações e informações vindas destes processos é demasiadamente alta. Por esse motivo é necessário a implementação do sistema supervisório, no qual centraliza as informações, possibilitando o a supervisão através da IHM. Simulando um processo real de manufatura na bancada MPS® da FESTO, foram analisadas quais as necessidades de operação para garantir um funcionamento de qualidade e eficiências

das atividades do mesmo. Os recursos necessários foram implementados no IHM possibilitando o controle e monitoramento das operações do processo.

Nesta subseção serão apresentadas as telas do sistema supervisorio desenvolvidos de modo a cumprir os requisitos apresentados na subseção xx.

Foi simulado um processo na qual se deseja produzir duas peças vermelhas, duas pratos e três pretas. Através da execução deste processo pode-se analisar o funcionamento de cada tela de IHM.

### 5.2.1 Tela de Principal

A tela principal é a primeira tela exibida ao operador, porém os recursos da tela estarão desabilitados aguardando que o login do usuário seja efetuado, como demonstrado o ambiente de *login* na figura 14 da seção 4.4.2.1 . Através do *login* é identificando qual funcionário e seu respectivo nível de acesso ao sistema supervisorio.

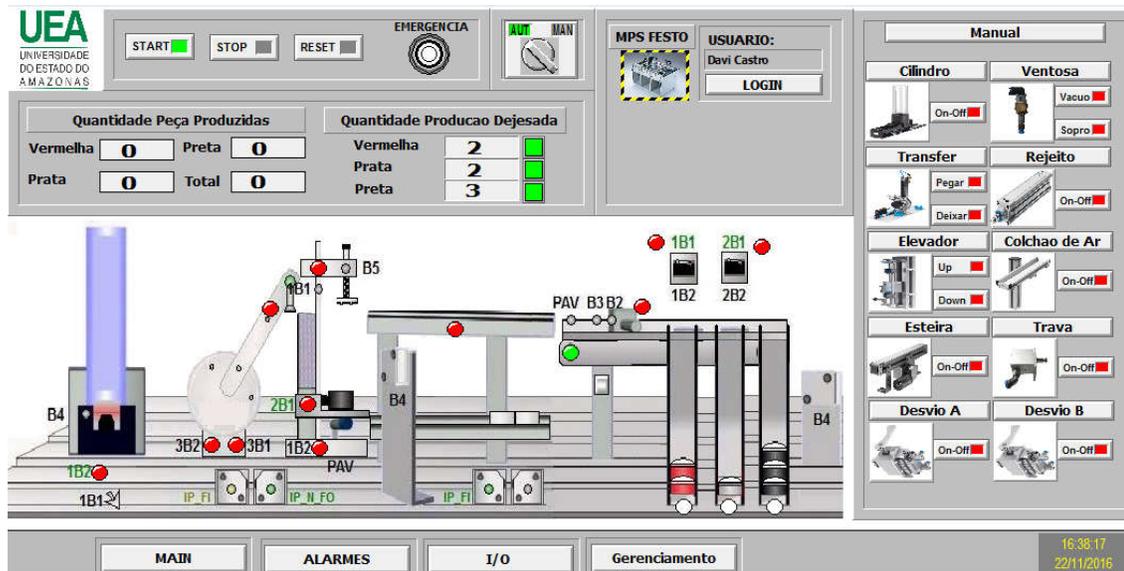
Sendo um operário, todo o painel de controle contendo os comandos *start*, *stop*, *reset*, emergência e chave de seleção manual e automática são disponibilizados, assim como os recursos de visualização das informações da quantidade de produção, seleção de quantidade de produção desejada, e *layout* do processo para indicação do acionamento por meio de *leds*. Com o painel de controle o operador tem controle do acionamento ou parada da produção, por meio dos comandos *start* e *stop*, e reiniciar valores obtidos anteriormente pelo botão *reset*. Se uma falha ocorrer no processo o botão virtual de emergência está disponível, acionando este comando todo o sistema para instantaneamente, aguardando as ações de reparo. Quando desacionado a botoeira, tem que ser realizado o procedimento de acionamento do processo novamente.

O processo possui duas maneiras de executar suas operações, o modo manual e automático. O painel para controle do modo manual também é disponibilizado na tela principal ao operador. Em uma necessidade como um posicionamento indesejado de algum atuador, o operador deve selecionar o modo manual e utilizar o painel para mover o atuador de acordo com o seu interesse.

Para iniciadas atividades em modo automático, o operador deve selecionar a chave para automático, estabelecer a quantidade de produção deseja e pressionar o botão *start*.

As operações de cada atuador são monitoradas através dos *leds* no *layout*, sendo demonstrados em tempo real os valores de quantidade de cada peça. A figura 33 demonstração da tela principal em atuação.

Figura 33 - Tela Principal em execução

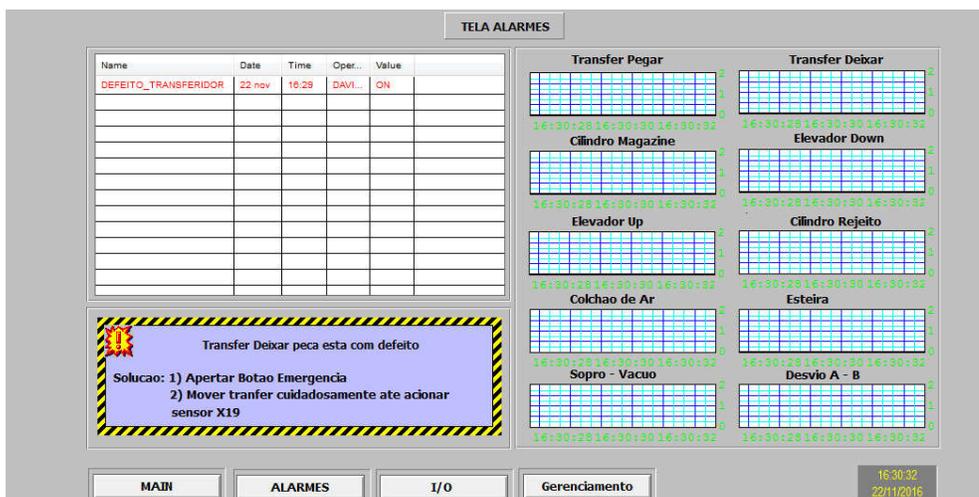


Fonte: Autor

## 5.2.2 Tela Alarmes

A tela de alarmes composta por um histórico de alarmes realiza o registro das ocorrências de falhas. Junto a este recurso gráfico para representação do tempo que um atuador é acionado. A figura 34 demonstra o alarme de defeito mais frequente, na qual consiste o momento do travamento do transferidor quando está se movendo para deixar uma peça no módulo de teste é o defeito mais frequente.

Figura 34 - Tela de Alarmes em execução



Fonte: Autor

Esta tela auxilia na análise das principais falhas presentes no processo, junto à tabela de ocorrências é possível realizar as tomadas de decisões para ações de reparo dos acontecimentos de defeitos.

### 5.2.3 Tela de I/O

A tela I/O representado pela figura 35 tem como objetivo demonstrar os estados dos sensores e atuadores do todo o processo. Estas mudanças são identificadas através dos leds, sendo um ótimo recurso para a manutenção do processo.

Figura 35 - Tela I/O em execução

ENTRADAS	DESCRICAO	SAIDAS	DESCRICAO
X1	Sensor capacitivo (Elevador)	Y2A	Motor da Esteira (teste)
X6	Sensor de Recuo do cilindro (Elevador)	Y25	Cilindro Stopper (teste)
X5	Sensor Down (Elevador)	Y27	Cilindro seletor prata (teste)
X4	Sensor Up (Elevador)	Y28	Cilindro seletor vermelho (teste)
X0	Sensor Optico (Elevador)	Y2E	Blower (up/ down elevador)
X2	Sensor de segurança (Transfer)	Y31	Cilindro de rejeito (Elevador)
X9	Limit Switch na posição get (transfer)	Y33	Up (Elevador)
X19	Limit Switch na posição leave (transfer)	Y35	Down (Elevador)
X10	Sensor Optico (Esteira)	Y38	Pega Peça (Transfer)
X12	Sensor Indutivo (Esteira)	Y37	Deixa Peça (Transfer)
X13	Sensor Optico (Esteira)	Y3C	Aciona vácuo
X16	Cilindro seletor, vermelho (Down)	Y3A	Aciona sopra
X11	Cilindro seletor, vermelho (up)	Y3E	Avanço cilindro (Magazine)
X15	Cilindro seletor, prata (down)		
X17	Cilindro seletor, prata (Up)		
X14	Sensor fim de curso (Esteira)		
X8	Sensor do vácuo (Transfer)		
X18	Sensor optico de presença (Magazine)		
X1A	Sensor de recuo do atuador (Magazine)		
X0	Sensor de avanço do atuador (Magazine)		

MADI ALARMES I/O Gerenciamento 18:36:55 12/11/2016

Fonte: Autor

### 5.2.4 Tela de Gerenciamento

Considerando o processo definido na seção 4 pode-se observar a funcionalidade da tela de gerenciamento. Ao decorrer das atividades o CLP envia os variáveis e junto a linguagem de programação c do IHM, os cálculos das métricas de produção são calculados e disponibilizados na tela, como se pode observar na figura 36.

Figura 36 - Tela de Gerenciamento em execução

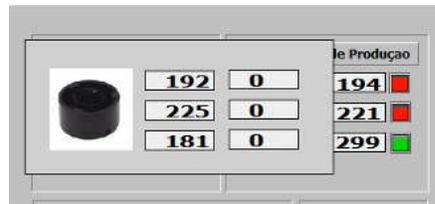
Tela Gerencia			
Produção Desejada		Quantidade Produção	
Vermelha	2	Vermelha	0
Prata	2	Prata	1
Preta	3	Preta	0
		Total	1
Número de operações		Tempo Ciclo Operações	
Vermelhas	11	Vermelhas	0
Prata	11	Prata	244
Preta	10	Preta	0
		Total	0
Taxa de Produção		Tempo Médio de Produção	
Vermelha	0.000	Vermelha	0
Prata	0.004	Prata	244
Preta	0.000	Preta	0
Disponibilidade		Produtividade	
Tempo Medio de Reparo	45	Entrada	1
Tempo Medio Entre Falhas	550	Saída	1
Disponibilidade	1	Prod.	1.0

MADI ALARMES I/O Gerenciamento 18:38:10 12/11/2016

Fonte: Autor

O histórico de ciclo de produção execução pode ser observado pela figura 37

Figura 37 - Histórico de Ciclo de Produção



Fonte: Autor

As informações são obtidas instantaneamente do processo, sendo um forte recurso para as tomadas de decisões para melhoria da produção da bancada MPS da FESTO.

## 6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento e implementação de um sistema supervisório remoto integrando recursos de cálculos para o gerenciamento produtivo da bancada de manufatura flexível MPS® FESTO foi o principal objetivo almejado neste projeto.

Para que fosse possível o desenvolvimento do supervisório capaz de realizar controle e monitoramento das operações do sistema como também calcular os índices de desempenho de produção, primeiramente foi preciso estabelecer a conexão entre o CLP e o computador, sendo utilizado a comunicação por intermédio da rede industrial Ethernet. A comunicação possibilitou o carregamento da programação ao CLP e controle das entradas e saídas do processo.

Tendo o conhecimento instrumental e funcional da bancada didática em conjunto com as metas do projeto foi definido a sequência das operações do processo, possibilitando o desenvolvimento da lógica de programação em Ladder. A programação foi desenvolvida para atender as sequências das operações simulando um processo de manufatura, assim como desenvolver uma lógica capaz de fazer o controle de produção e gerenciamento do processo que serão integrados ao sistema supervisório.

Para a comunicação entre as entradas e saídas do CLP com a interface homem máquina foi utilizado o protocolo de comunicação OPC, na qual foi possível a manipulação de variáveis assim como realizar o intercâmbio de informações de maneira rápida e segura do CLP para as telas de IHM.

O software *Wonderware Intouch* foi a plataforma selecionada para a criação das telas do supervisório, pois esta ferramenta oferece uma praticidade de uso e assim como recursos de telas gráficas e componentes virtuais como botoeiras, chaves, leds são disponibilizados neste pacote de supervisório. Os quesitos funcionais e estrutura das telas foram desenvolvidas buscando assemelhar aos supervisórios usados em ambiente industrial. O sistema supervisório contou com recursos de controle de acesso por meio de login do usuário, painel de controle principal, seleção de manual e automático, telas de alarmes e acionamento das entradas e saídas, assim como a visualização dos dados resultante da produção auxiliando nos procedimentos de gestão do processo.

Foram realizados vários testes para análise do funcionamento do sistema SCADA, com isso o resultado do projeto passou por várias versões, passando por processos de

auteração no protótipo do projeto até alcançar os resultados mais satisfatórios. Com o projeto concluído foram simulados alguns processos de produção observando na prática os conceitos teóricos assim como os benefícios de uso do sistema supervisório com gerenciamento produtivo. Portanto, o projeto concluído atendeu aos objetivos centrais propostos.

## **6.1 Dificuldades Encontradas**

Em andamento com as atividades deste projeto a ocorrência de alguns dificuldade e problemas foram inevitáveis.

Algumas modificações na estrutura original da bancada pois outros projetos foram realizados no mesmo, a principal mudança está na instalação do CLP da Mitsubishi. Com isso teve-se que ser feito novos voltados aos novos recursos.

Teve-se dificuldades no processo de comunicação entre o CLP e o IHM, para envio e recebimento dos dados do processo ao sistema supervisório SCADA. Isso ocorreu devido a falta de experiência com os softwares envolvidos.

Outra dificuldade foi na escolha da plataforma onde seria desenvolvido o sistema superviósio, pois este deveria oferecer todas recursos necessárias para alcançar os objetivos de supervisionamento e gerenciamento propostos neste projeto, assim como selecionar um software de prática utilização.

No processo do desenvolvimento da programação em linguagem ladder algumas dificuldades foram encontradas, outro fato decorrente da falta de experiencia.

Problemas relacionado as condições físicas da bancada foram decorrentes. Houve desgastes em alguns componentes, como no medidor de tamanho, que por mais que não tenha utilidade para medição mas ainda esta presente no processo. Com o desgastes do medidor de tamanho as peças travavam proporcionando falhas no processo mas medidas foram tomadas para resolver esta questão. Outro problema foi a parada de funcionamento do sensor do transferidor, mas foi identificado o problema e devidamente solucionado.

## **6.2 Trabalhos Futuros**

Nesta seção são apresentadas as propostas de trabalhos futuros, visando explorar novos recursos ao sistema supervisório juntamente com novas simulações de operações na bancada didática MPS da FESTO.

A possibilidade de figuras animadas para simulação do processo seria um dos recursos a ser implementado, pois estes facilitam a visualização em tempo real do estado dos atuadores do processo.

O projeto atual tem como comunicação o recurso Ethernet, porém para trabalhos futuros visa desenvolver o sistema supervisória via rede, para controle e monitoramento do processo a distância.

Os conceitos voltados aos cálculos de gerenciamento de produção industrial é consideravelmente amplo, alguns cálculos não foram possíveis serem executados devido as atuais condições da bancada didática da FESTO. Atualmente o único mecanismo de avaliação do material, ou melhor, da peça é por meio da identificação das cores. Porém há um recurso na bancada, o medidor de tamanho, presente no módulo de teste capaz de fazer uma nova identificação do material, ou seja, pelo o seu respectivo tamanho. Na bancada este componente é o único que trabalha com valores contínuos, mais este esta ligado em um conversor de sinais analógicos para binários, por isso não está sendo utilizado para medições. Com isso para projetos futuros será modificado as conexões, conectando o medidor de tamanho nas entradas analogicas do CLP. Podendo assim fazer novos critérios de avaliação do processo.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, Arminio. **Protótipo de um sistema supervisório para um experimento de desidratação de frutos em nível de bancada.** Disponível em: <http://dsc.inf.furb.br/arquivos/tccs/monografias/2005-1arminioalexandrearnsvf.pdf>. Acesso em 10 Abril 2016.

SELEME, Robson; SELEME, Roberto. **Automação da Produção.** 2 ed. São Paulo: X Editora IBPEX Dialógica, 2011.

FABIO, Isabelle Stoco. **Sistema SCADA para cálculo de indicadores de desempenho empregando ferramentas de confiabilidade em um sistema modular de produção.** Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2015.

FESTO. *Distribution Station: Modular Production System.* Alemanha, 2006.

FESTO. *Sorting Station: Modular Production System.* Alemanha, 2006.

FESTO. *Testing Station: Modular Production System.* Alemanha, 2006.

FRANÇA, Tiago. **Projeto de um Sistema Supervisório para uma Planta Mecatrônica de Estocagem de Peças.** Projeto de Graduação apresentado ao Corpo Docente do Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro Eletricista, 2015.

Gx Developer Operating Manual. JAPAN, 2010.

GROOVER, Mikell. **Automação industrial e sistemas de manufatura.** 3 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

GONÇALVES, Alexandre José; SILVA, Jair Rodrigues; BATISTA, João Carlos. **Sistemas didático de automação baseado em computador para seleção de esferas**. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4003>. Acesso em 10 Abril 2016.

JUNGUEIRA, Gustavo. **Análise das Possibilidades de Utilização de Sistemas Supervisórios no Planejamento e Controle de Produção**. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, 2003.

KRUTZ, Ronald. **Securing SCADA Systems**.3d. Indianapolis: Wiley Published, In. 1988

LIMA, Renan Araújo. **Sistema supervisorio com conceito de internet das coisas para estações de sistema modular de produção em escala laboratorial**. Monografia apresentada como pre-requisito para conclusão do Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2015.

LIMA, F. de S.; CORDEIRO, L. C.; SOUZA; R. C. R. **Sistema de Monitoramento a Distância para Unidade de Célula a Combustível**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 8., 2012. Curitiba.

LÉVY, P.; COSTA, C. I. da. *tecnologias da inteligência, As*. [S.l.]: Editora 34, 1993. 30

Melsec System Q. Programmable Logic Controllers Beginner's Manual. JAPAN. 2008

MERCURI, JOSÉ; OTAVIO, Martins; TRAUTMANN, Paulo. **Desenvolvimento de um sistema supervisorio para análise de motores elétricos através da vibração mecânica**.<[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/319/1/CT\\_COELE\\_2011\\_2\\_24.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/319/1/CT_COELE_2011_2_24.pdf)> Acesso em 12 Abril 2016.

PEREIRA, Felipe. **CLPs Programação de equipamentos de acordo com as especificações dos processos**. Revista Mecatrônica Atual. 48 ed. São Paulo:SaberLtda

Wonderware® FactorySuite™ InTouch™ User's Guide. 2002.

ROSARIO, João Maurício. **Automação Industrial**. 1d. São Paulo: Barauna, 2009.