



Universidade de Taubaté
Autarquia Municipal de Regime Especial
pelo Dec. Fed. nº 78.924/76
Recredenciada Reconhecida pelo CEE/SP
CNPJ 45.176.153/0001-22

Departamento de Engenharia Elétrica
Rua Daniel Danelli s/nº Jardim Morumbi
Taubaté-Sp 12060-440
Tel.: (12) 3625-4190
e-mail: eng.eletrica@unitau.br

SABRINA AMORIM DE CASTRO

**SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO DE MÁQUINAS EM UMA
INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

Taubaté
2018



Universidade de Taubaté
Autarquia Municipal de Regime Especial
pelo Dec. Fed. nº 78.924/76
Recredenciada Reconhecida pelo CEE/SP
CNPJ 45.176.153/0001-22

Departamento de Engenharia Elétrica
Rua Daniel Danelli s/nº Jardim Morumbi
Taubaté-Sp 12060-440
Tel.: (12) 3625-4190
e-mail: eng.eletrica@unitau.br

SABRINA AMORIM DE CASTRO

**SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO DE MÁQUINAS EM UMA
INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

Trabalho de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Taubaté, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Abud Marcelino

Taubaté
2018

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

C355s Castro, Sabrina Amorim de
Sistema de controle e monitoramento de máquinas em uma indústria
automotiva / Sabrina Amorim de Castro. -- 2018.
63 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de
Engenharia Mecânica e Elétrica, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Márcio Abud Marcelino, Departamento de
Engenharia Elétrica.

1. Controle de produção. 2. Gestão de processo. 3. Monitoramento de
máquinas. 4. Sistema de Execução de Manufatura (MES). I. Título.
II. Graduação em Engenharia Elétrica e Eletrônica.

CDD – 658.5

Ficha catalográfica elaborada por **Shirlei Righeti – CRB-8/6995**



Universidade de Taubaté
Autarquia Municipal de Regime Especial
pelo Dec. Fed. nº 78.924/76
Recredenciada Reconhecida pelo CEE/SP
CNPJ 45.176.153/0001-22

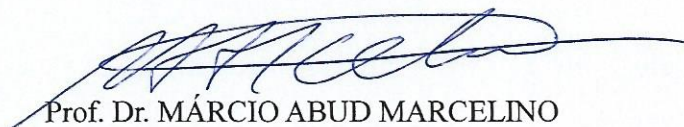
Departamento de Engenharia Elétrica
Rua Daniel Danelli s/nº Jardim Morumbi
Taubaté-Sp 12060-440
Tel.: (12) 3625-4190
e-mail: eng.eletrica@unitau.br

SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO DE MÁQUINAS EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

SABRINA AMORIM DE CASTRO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “GRADUADO EM
ENGENHARIA ELÉTRICA”

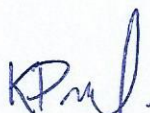
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. MÁRCIO ABUD MARCELINO
Orientador/UNITAU-DEE



Prof. Me. EDER SALIM MINHOTO
Professor/UNITAU-DEE



Eng. KAIQUE FRANÇA ALVES PEREIRA
Engenheiro/Ford Motors Company

Dezembro de 2018

Dedico especialmente aos meus pais que estiveram presentes em todos os momentos me encorajando a buscar meus sonhos, e a meus amigos que fazem parte da minha história.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por seu amor incondicional, por me guiar todos os dias e por me dar forças para seguir em frente em busca de concretizar meus sonhos e conseguir chegar até aqui.

Agradeço ao meu orientador Dr. Márcio Abud Marcelino por sua disposição em me ensinar, corrigir e incentivar neste trabalho. À todos os professores pela disposição em transmitir tanto conhecimento e fizeram possível este trabalho se concretizar. Aos funcionários da Universidade de Taubaté que deram todo o suporte necessário.

Agradeço à minha mãe Evani, que em toda sua garra e carisma me deu suporte para superar os obstáculos e me iluminou a pensar positivo sempre. Ao meu pai Francisco, que em toda sua sabedoria me deu os mais valiosos conselhos e me fortaleceu para continuar a seguir o caminho certo.

Por fim, à todos os meus familiares, amigos e colegas que estiveram ao meu lado e me ajudaram nessa caminhada.

“Acredite no melhor, tenha um objetivo para o melhor, nunca fique satisfeito com menos do que o teu melhor, dê o teu melhor, e no longo prazo as coisas correrão pelo melhor.”

Henry Ford

CASTRO, S. A. **Sistema de controle e monitoramento de máquinas em uma indústria automotiva**. 2018. 63 p. Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Taubaté, Taubaté, 2018.

RESUMO

O mercado global tem exigido que as empresas se dediquem constantemente ao aprimoramento de novas tecnologias para serem empregadas como ferramentas de controle de processos visando a melhora contínua, a fim de atender com excelência uma demanda que requer cada vez mais produtos de qualidade, com menor custo e o mais rápido possível. Este trabalho apresenta a tecnologia de um Sistema de Execução de Manufatura (MES - *Manufacturing Execution System*) que estabelece a integração entre o nível gerencial e o chão de fábrica de uma empresa, permitindo a coleta e a análise de dados em tempo real das atividades e informações de um processo produtivo, medindo os indicadores da linha, tais como tempo de ciclo, tempos de *setup*, índice de manutenção, índice de refugo, disponibilidade de máquinas, contagem de peças produzidas, falhas, mensagens de aviso, entre outros. O trabalho aborda as tecnologias envolvidas de hardware e software e demonstram os resultados que podem ser alcançados, entre eles a eficácia de sua utilização, as vantagens em relação ao sistema manual, a confiabilidade dos dados gerados e a melhoria nos resultados operacionais. O sistema foi implantado em uma empresa automobilística, especificamente no controle e monitoração de máquinas em linhas de usinagem.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de Execução de Manufatura (MES). Monitoramento de máquinas. Gestão de processo. Controle de produção.

CASTRO, S. A. **System of control and monitoring of machines in an automotive industry.** 2018. 63 p. Graduate Work in Electrical Engineering – Electrical Engineering Department, University of Taubaté, Taubaté, 2018.

ABSTRACT

The global market has required companies to constantly focus on the improvement of new technologies to be used as a tool of process control, with continuous improvement aiming, in order to achieve with excellence a demand that requires more and more quality products with lower cost and with higher productivity. This study aims to present the technology of a Manufacturing Execution System (MES) that establishes the integration between the management level and the productive level of a company, allowing the collection and analysis of data in real time of the activities and information of a production process, measuring the line indicators, such as cycle time, setup times, maintenance index, scrap index, availability of machines, counting of produced parts, faults, warning messages, among others. The study addresses the technologies involved (hardware and software) and demonstrates the results that can be achieved, including the effectiveness of its use, the advantages of the MES over the manual system, the reliability of the data generated and the improvement in operating results.

KEYWORDS: Manufacturing Execution System (MES). Monitoring of machines. Process management. Production control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Arquitetura básica do CLP	19
Figura 2: Topologia do sistema MES	25
Figura 3: Topologia de redes no software do CLP	26
Figura 4: Configuração da CP no hardware	27
Figura 5: Configuração do endereço IP	28
Figura 6: Blocos de programação do CLP.....	29
Figura 7: Chamada do bloco de programação MES.....	30
Figura 8: Visualização geral da fábrica pelo site do sistema.....	34
Figura 9: Visualização de uma operação no site do sistema.....	34
Figura 10: Gráfico de tempo de inatividade da linha	35
Figura 11: Gráfico top 10 falhas da linha	36
Figura 12: Tabela gerada pelo MES do top 10 falhas.....	37
Figura 13: Gráfico de disponibilidade semanal.....	38
Figura 14: Andon board na linha de produção	38
Figura 15: Exemplo de linha de usinagem automatizada.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Requisitos de comunicação na automação industrial	20
Tabela 2: Dados do MES	31
Tabela 3: Estados do processo	32
Tabela 4: Tempos do processo	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANSI	Instituto Nacional Americano de Padrões (<i><u>American National Standards Institute</u></i>)
CLP	Controlador lógico programável (<i><u>Programmable logic controller</u></i>)
CP	Processador de Comunicação (<i>Communication Processor</i>)
CPU	Unidade Central de Processamento (<i>Central Process Unit</i>)
CSMA/CD	<i>Carrier Sense Multiple access with Collision Detection</i>
DB	Bloco de dados (<i>Data block</i>)
ERP	Planejamento de Recursos Empresarial (<i>Enterprise Resource Planning</i>)
FB	Bloco de Função (<i>Function block</i>)
FC	Função (<i>Function</i>)
FTT	Fazer Certo na Primeira Vez (<i>First Time Through</i>)
Gbps	Gigabits por segundo
IEC	Comissão Eletrotécnica Internacional (<i>International Electrotechnical Commission</i>)
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>)
IHM	Interface Homem Máquina
IP	Protocolo de Internet (<i>Internet Protocol</i>)
IRT	<i>Isochronous Real Time</i>
ISA	Sociedade Internacional de Automação (<i>International Society of Automation</i>)
LAN	Rede de área local (<i>Local Area Network</i>)
mA	Miliamperes
Mbps	Megabits por segundo

MES	Sistema de Execução da Manufatura (<i>Manufacturing Execution System</i>)
MESA	Associação Corporativa de Soluções em Manufatura (<i>Manufacturing Execution Systems Association</i>)
MTBF	Tempo Médio entre Falhas (<i>Mean Time Between Failures</i>)
MTTR	Tempo Médio Para Reparo (<i>Mean Time To Repair</i>)
ms	Milissegundos
Non-RT	<i>Non-Real Time</i>
OB	Bloco de Organização (<i>Organization Block</i>)
SRT	<i>Soft Real Time</i>
TCP	Protocolo de Controle de Transmissão (<i>Transmission Control Protocol</i>)
TI	Tecnologia da Informação
WEB	Rede Mundial de Computadores (<i>World Wide Web</i>)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos.....	15
1.2	Motivação	15
1.3	Justificativa	15
1.4	Descrição dos capítulos	16
2	ESTADO DA ARTE	17
2.1	Sistema de Execução da Manufatura.....	17
2.2	Padronização ISA-95	18
2.3	Controlador Lógico Programável	19
2.4	Redes Industriais.....	20
2.4.1	Classificação	21
2.4.2	Ethernet.....	21
2.4.3	Profinet	22
2.4.4	Profibus.....	23
2.5	Indicadores.....	23
3	DESCRIÇÃO.....	24
3.1	Hardware.....	24
3.2	Software	26
3.2.1	Comunicação	26
3.2.2	Programação	29
3.3	Aquisição de dados	31
3.4	Visualização dos dados	33
4	SISTEMA PROPOSTO	40
4.1	Competitividade.....	41
4.2	Credibilidade.....	41

4.3	Custos	42
4.4	Manutenção.....	42
4.5	Produtividade.....	43
4.6	Qualidade	44
4.7	Relacionamento com os clientes.....	44
4.8	Segurança.....	45
4.9	Oportunidades de melhorias	45
5	CONCLUSÃO	47
	REFERÊNCIAS	49
	APÊNDICE.....	51

1 INTRODUÇÃO

A concorrência entre as empresas no mercado mundial é cada vez maior e o desenvolvimento econômico, em um cenário de ampla globalização, gera novas demandas e novos desafios às empresas. Se faz necessário para se manter a altura da concorrência, ou ainda ultrapassar, oferecer o melhor produto, com garantia de qualidade, custo mais baixo e no menor tempo possível, visando atender a demanda a cada dia mais exigente.

Principalmente no ambiente fabril, em uma busca incessável por melhorias na automação do processo, com eficiência e segurança, se torna cada vez mais notável a importância de um bom gerenciamento dos índices de produção para acompanhar o desempenho da manufatura dentro das estratégias de competição. Neste contexto aplica-se o método da Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*) que destaca-se por dar foco na redução de desperdícios na produção.

Para o controle e análise de dados operacionais com precisão e realizar uma gestão adequada é essencial a utilização de um sistema que possibilite visualizar e monitorar processos em tempo real e armazenar os dados dos indicadores do chão de fábrica (disponibilidade de máquinas, tempos de ciclos, índice de manutenção, tempos de setup, índice de refugo, falhas, mensagens, entre outros). Com isso surgiu o Sistema de Execução de Manufatura (MES - *Manufacturing Execution System*), que efetua a gestão da produção, preenchendo assim a lacuna existente entre os sistemas específicos no chão de fábrica e o sistema Planejamento de Recursos Empresarial (ERP - *Enterprise Resource Planning*) (KLETTI, 2007).

O presente trabalho visa contribuir no entendimento e desenvolvimento de um sistema MES, abordando o seu conjunto de ferramentas de software e hardware que permite fornecer as informações, demonstrando tanto os resultados que visam ajudar nas tomadas de decisões como projetos de melhorias e prevenções concretizadas a partir dos dados adquiridos e sugerir novas alternativas que possam contribuir com a qualidade e segurança do sistema.

Os principais resultados que serão apresentados sugere a confiabilidade dos dados gerados, medição do desempenho da produção, capacidade de análise da situação do processo, rastreabilidade, reavaliar e melhorar metas, planejar ações e, conseqüentemente, aumento da produção. Segundo MEYER (2009), o sistema MES se tornou a ferramenta estratégica central para implementar os requisitos da fábrica do futuro.

1.1 Objetivos

O objetivo deste trabalho consiste em especificar, desenvolver e avaliar um sistema MES voltado ao controle e análise da produção, demonstrando sua contribuição em diversos fatores de desempenho importantes para uma linha de usinagem como manutenção, disponibilidade, segurança, custo, qualidade, produtividade e os resultados gerais de uma empresa automobilística. Ao descrever suas características, foi feita uma análise da implementação em uma linha de processo de uma empresa automotiva e tirou-se as devidas conclusões quanto aos benefícios, as facilidades e as dificuldades. Também foram sugeridas melhorias para o sistema e para o processo analisado.

1.2 Motivação

Mesmo com tamanhos avanços na tecnologia da informação, em muitas empresas o controle da produção ainda é feito em tabelas impressas ou em planilhas do Excel. Esses apontamentos manuais não conseguem fornecer uma imagem instantânea do sistema produtivo e podem resultar em uma produção insuficiente ou excessiva de serviços, falta de sincronismo entre as atividades e a alocação de recursos irregular. Segundo LAUDON (2007) cada vez mais empresas estão utilizando sistemas de informação para uma melhor gerência e controle da organização. Sua utilização dentro das organizações deve trazer uma melhora na gerência e no controle dos processos. Os sistemas MES suprem justamente esta carência que os gestores têm em obter dados precisos e confiáveis do chão de fábrica, pois usam de meios automatizados e eletrônicos para a obtenção das informações.

1.3 Justificativa

Este trabalho pretende contribuir tanto para a área empresarial como para a área acadêmica. Em relação a área empresarial os dados disponibilizados podem trazer uma base confiável e colaborar para trazer mais estabilidade a empresa, aumentando o desempenho operacional. Tem-se facilidade para uma rápida detecção e correção de problemas com o monitoramento do processo em tempo real. Isto traz ganhos na redução de tempo de ciclo, diminuição de manutenção, menos tempo gasto para registros manuais de dados e a veracidade nos dados usados nos planejamentos da empresa torna mais susceptíveis as chances de sucesso. Embora ferramentas de tecnologia da informação sejam muito utilizadas

no ambiente fabril, em muitas empresas, os controles dos processos ainda são feitos manualmente, dificultando o entendimento dos processos. No aspecto acadêmico, este trabalho tem um caráter de inovação por mostrar que uma empresa que tem como filosofia de produção uma Manufatura Enxuta pode ser auxiliada por ferramentas de tecnologia da automação como o MES. Além disso, esta monografia aborda um tópico moderno, relacionado à indústria 4.0, e ainda pouco desenvolvido.

1.4 Descrição dos capítulos

O texto desta monografia está estruturado em cinco capítulos que abordam o tema da seguinte forma:

Capítulo 1 – Introdução: Neste primeiro capítulo apresenta a contextualização do trabalho, seus objetivos, justificativa da realização, a motivação do trabalho e uma breve descrição do conteúdo de cada capítulo;

Capítulo 2 – Estado da Arte: Neste capítulo são apresentados os fundamentos teóricos em que se baseiam o estudo, abordando os seguintes assuntos: Sistema de Manufatura de Execução (MES), Controlador Lógico Programável (CLP - *Programmable Logic Controller*), Redes Industriais, relacionando as mais utilizadas na fábrica automobilística em questão, e os principais indicadores utilizados para obter as conclusões sobre o trabalho;

Capítulo 3 – Descrição: Com base nos conceitos apresentados no capítulo 2, neste capítulo é abordada a metodologia utilizada no trabalho e descreve a forma como a proposta de solução foi desenvolvida;

Capítulo 4 – Resultados: Aqui são apresentados os resultados que foram obtidos com a aplicação do sistema proposto, entre eles: competitividade, credibilidade, custos, produtividade, manutenção, produtividade, qualidade, relacionamento com os clientes, segurança e possíveis oportunidades de melhoria;

Capítulo 5 – Conclusão: O último capítulo expõe as conclusões sobre a proposta defendida e apresentada neste trabalho, com os pontos positivos e negativos através da análise dos resultados levando em consideração os objetivos esperados e os objetivos alcançados.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Sistema de Execução da Manufatura

As empresas têm se dedicado constantemente ao aprimoramento de tecnologias a fim de serem empregadas como uma ferramenta de controle de processos visando melhorias em sua produtividade. O sistema ERP foi criado com o principal objetivo de integrar todos os dados e informações dos setores financeiro, recursos humanos, qualidade, logística, produção, produto, vendas, entre outros. Esse sistema é equivalente a um software para automatizar a contabilidade da empresa e sistemas administrativos (KLETTI, 2007). No entanto, apesar de prometer unir toda a empresa em um abrangente plano de recursos, o sistema ERP não era capaz de se comunicar diretamente com o sistema das máquinas no processo fabril. As informações necessárias para o gerenciamento de produção eram coletadas manualmente em chão-de-fábrica para alimentar várias planilhas eletrônicas. Mas esse excesso de informação era considerado não confiável, pois os dados eram desatualizados, volumosos, difíceis de assimilar e sujeitos a erros devido às distrações humanas e falta de conhecimento, afetando todo o processo.

Para preencher essa lacuna entre o ERP e o chão de fábrica surgiu o MES, um sistema integrado e informatizado, *on-line*, que faz o gerenciamento das atividades na produção e estabelece uma ligação direta entre a gerência e o chão de fábrica, recebendo dados atualizados de máquinas, robôs e empregados, mantendo registro de todas as informações de produção em tempo real.

A Associação Corporativa de Soluções em Manufatura (MESA - *Manufacturing Execution Systems Association*) é uma comunidade global de fabricantes, produtores, líderes do setor, e provedores de soluções focados em dirigir os resultados do negócio, da fabricação e da informação. Em 1997 a MESA apresentou sua definição para MES:

Manufacturing Execution System (MES) fornece informação que possibilita a otimização das atividades produtivas desde a emissão da ordem de produção até o produto acabado. Usando dados atuais e confiáveis o MES guia, inicia, responde e reporta as atividades da planta da forma como elas ocorrem. O resultado é uma resposta rápida para as mudanças de condições, combinada com um foco na redução das atividades que não agregam valor, direcionando-o para os processos e operações mais importantes da planta. O MES aumenta o retorno sobre ativos da produção bem como os giros de estoque de produtos acabados, margem bruta e desempenho de fluxo

de caixa. O MES proporciona informação crítica para a missão da empresa sobre as atividades de produção através de toda a organização e cadeia de suprimentos via comunicações bidirecionais e em tempo real (MESA, 1997).

Segundo uma pesquisa conduzida por essa comunidade realizada em empresas que utilizam o MES, os ganhos gerados pela utilização de MES são: redução de tempo de ciclo, redução ou eliminação do tempo de entrada dos dados, redução do estoque em processo, redução ou eliminação da papelada entre turnos de trabalho, redução de *lead-time* (tempo de atravessamento), melhoria da qualidade do produto, melhor capacitação das pessoas do chão-de-fábrica, melhoria no planejamento de processo e melhoria nos serviços aos consumidores (MESA, 1997).

2.2 Padronização ISA-95

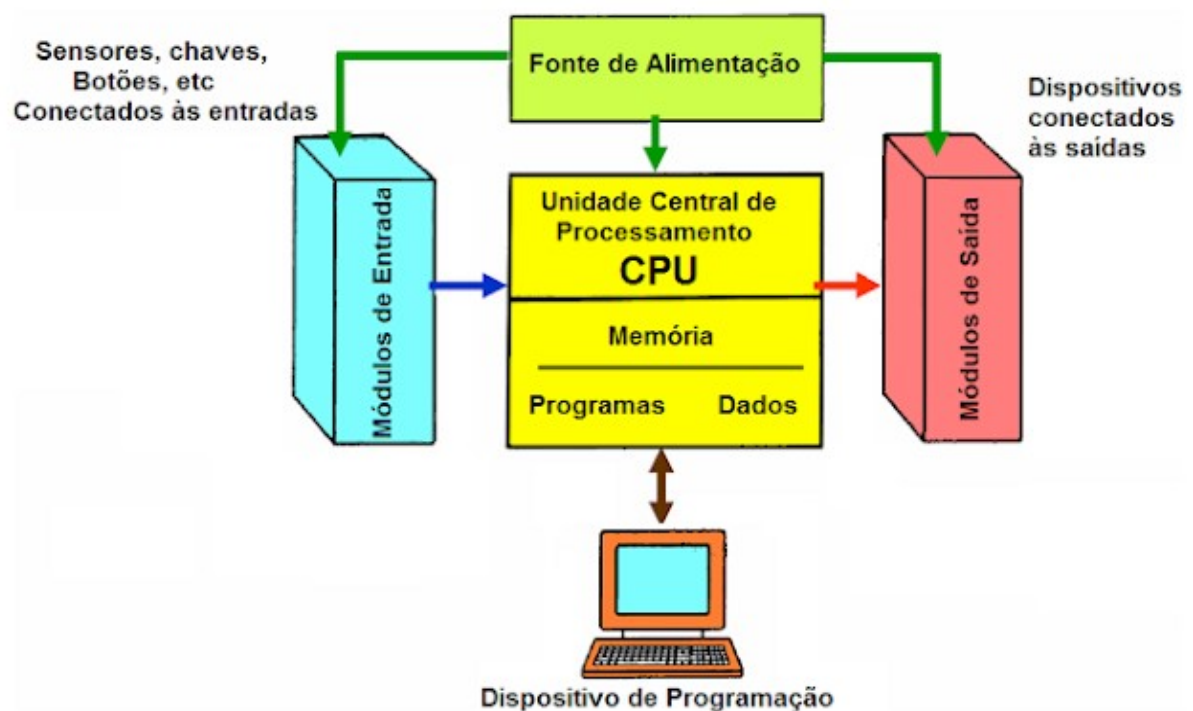
A norma da Sociedade Internacional de Automação (*International Society of Automation*), ISA-95, idealiza as orientações para implementação de modo consistente de um sistema MES, levando como premissa a integração entre os sistemas corporativos e os de manufatura, servindo de modelo às empresas como padrão de referência para a organização das atividades de manufatura e automação, incluindo aspectos de integração, terminologias e modelos de processos. O padrão foi declarado como norma pelo Instituto Nacional Americano de Padrões (ANSI - *American National Standards Institute*) e conhecida internacionalmente desde 2003 pela diretiva da Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC - *International Electrotechnical Commission*) 62264. Segundo MEYER (2009), esta norma divide-se em três partes: A parte 1 foi publicada no ano 2000 e contém a terminologia básica e modelos para definir interfaces entre negócios, processos e o sistema de gestão de processos e produção. A parte 2, datada de 2001, define em conjunto com a primeira parte do conteúdo sobre interfaces entre funções de controle em produção e gestão de empresas. A parte 3, publicada em 2005, fornece definições detalhadas das principais atividades de produção, manutenção, armazenamento, qualidade e controle.

A norma divide os sistemas da fábrica em níveis. Os sistemas de controle do hardware como sensores, relés, acionamentos e máquinas eletromecânicas estão no nível 0, os sistemas de controle do software como CLPs e outros controladores de dados são de nível 1, a tecnologia do servidor para arquivamento de dados é considerado nível 2, o MES é considerado como nível 3 e os pacotes ERP são considerados como sistemas de nível 4.

2.3 Controlador Lógico Programável

O CLP foi desenvolvido nos anos 70 a partir de uma demanda existente na indústria automobilística norte-americana. Na definição de WEBB e REIS (2002) o CLP é um computador baseado em um microprocessador de fácil utilização que executa funções de controle de muitos tipos e níveis de complexidade. Sua finalidade é monitorar os parâmetros do processo e de acordo com eles ajustar as operações a serem realizadas. Eles executam um programa armazenado em sua memória, para processar os sinais de entrada (digitais e/ou analógicas) provenientes de diferentes tipos de elementos físicos (sensores, chaves e botoeiras, entre outras) e fornecem sinais de saída para diversos atuadores. Dentre as diversas vantagens, pode-se citar a facilidade em realizar alterações e correção de erros, reprogramação on-line, baixo custo, velocidade de operação, possibilidade de backup, incidência menor de defeitos, capacidade de comunicação com diversos equipamentos, dentre outras (OLIVEIRA, 2013). A figura 1 apresenta um diagrama básico dos componentes do CLP.

Figura 1: Arquitetura básica do CLP



Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, 2013

A leitura do programa é feita de maneira cíclica, onde a Unidade Central de Processamento (CPU – *Central Process Unit*) consiste principalmente em realizar três tarefas: A CPU faz uma checagem do estado dos sinais de entrada e atualiza a tabela-imagem de processo de entrada, continua a executar o programa com suas respectivas instruções e escreve os valores da tabela-imagem de processos de saída nos módulos de saída (FRANCHI e CAMARGO). Este ciclo é muito rápido, mas o tempo varia de acordo com a velocidade de execução do modelo da CPU utilizada e a extensão da programação. Interfaces de comunicação são indispensáveis para possibilitar ao CLP uma ampla gama de facilidades para a troca de informações e também para trafegar os dados essenciais ao processo, visando manipulá-los em um sistema computacional de supervisão.

2.4 Redes Industriais

Existem distintos tipos de sistemas de comunicação industrial adequados a cada caso, devido aos diferentes requisitos de comunicações industriais. Para satisfazer a necessidade de comunicação entre o CLP e os diversos dispositivos industriais dos mais variados fabricantes se faz necessário equipamentos e módulos de comunicação que abrangem diversos tipos de redes e protocolos. As redes industriais devem facilitar e assegurar a aquisição dos dados, comunicar eficientemente, melhorar o desempenho da produção adequando o tempo de resposta do envio dos dados (SMAR, 2018). A reunião de tantas tecnologias nas áreas de comunicação e controle visa o melhoramento do desempenho da qualidade, produtividade e capacidade. A Tabela 1 apresenta os requisitos de comunicação de sistemas de automação industrial que cada tipo de rede deve obrigatoriamente atender.

Tabela 1: Requisitos de comunicação na automação industrial

LEVEL	VOLUME DE DADOS	TEMPO DE TRANSMISSÃO	FREQUÊNCIA DE TRANSMISSÃO
ENTERPRISE LEVEL	MBytes	Hora / Minuto	Dia / Turno
CELL LEVEL	Kbytes	Segundos	Horas / Minutos
FIELD LEVEL	Bytes	100us ... 100ms	10ms ... 100ms
SENSOR LEVEL	Bits	1 ... 10ms	Milissegundos

Fonte: SMAR, 2018.

2.4.1 Classificação

As redes industriais são estruturadas em níveis hierárquicos, onde cada nível possui comunicação com exigências próprias para o funcionamento. São divididas em *sensorbus*, *devicebus*, *fieldbus* e *databus* (NOGUEIRA, 2009).

- *Sensorbus*: É encontrada no nível mais inferior e usada para conectar equipamentos simples e pequenos, como sensores e atuadores, diretamente à rede. Geralmente os sensores são projetados para serem produtos de baixo custo. O sistema de controle recebe os dados dos sensores na ordem de *bits*. Um exemplo desse tipo é a rede ASI.
- *Devicebus*: Em geral, possuem equipamentos com mais dados analógicos, pontos discretos, ou uma mistura dos dois. Permite transferir blocos (mensagens de dados de bytes ou words) em algumas dessas redes em prioridade menor. Como na rede Sensorbus, ela também possui os requisitos de transferência rápida de dados, possuindo a capacidade de lidar com mais equipamentos e dados. Exemplos dessa rede são DeviceNet e Profibus DP.
- *Fielbus*: Essa rede faz a interligação entre equipamentos de entrada e saída mais inteligentes que desempenham funções de controle específicas como o controle de fluxo de informações e processos, sistemas de segurança intrínseca e sistemas com redundância. Os tempos de transferência são longos mas a rede é capaz de se comunicar usando vários tipos de dados (discreto, analógico, parâmetros, programas e informações do usuário). São exemplos as redes Modbus Plus, Profibus FMS.
- *Databus*: Possibilita a comunicação entre os sistemas de supervisão e os sistemas informáticos de gestão (produção, etc). Os tempos de reação são da ordem de segundos até 37 minutos e a natureza das informações trocadas são arquivos com grande volume de informação. Utiliza rede Ethernet.

2.4.2 Ethernet

O nível operacional possui variados tipos de protocolos e para conectar todos os níveis de informações da indústria em tempo real para o nível gerencial em um único e padrão de rede surgiu, a partir da união de dois protocolos de comunicação de computadores de rede, o Protocolo de Controle de Transmissão / Protocolo de internet (TCP/IP - *Transmission Control Protocol / Internet Protocol*).

O protocolo Ethernet atua na camada de enlace do modelo TCP/IP e tem por objetivo realizar a comunicação das redes locais, também conhecido como rede de área local (LAN - *Local Area Network*). Em 1985 a Ethernet foi aceita oficialmente como padrão 802.3 do Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE - *Institute of Electrical and Electronics Engineers*). Segundo COUTO (2010) esta rede é baseada no envio de pacotes com detecção de colisão chamados *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection* (CSMA/CD). Ela define quais dados de qual equipamento será enviado primeiro, de acordo com a requisição de envio, e evita que haja colisão entre as informações.

A rede Ethernet passou por uma longa evolução nos últimos anos se constituindo na rede de melhor faixa e desempenho para uma variada gama de aplicações. As Redes Ethernet iniciaram operando a velocidades de 3Mbps e atualmente há redes operando a 10Gbps, o que a constitui numa rede de melhor faixa e desempenho para uma gama de aplicações. Quanto à rede física, existem três possibilidades: par trançado e blindado, cabo coaxial de 75Ω ou fibra óptica.

2.4.3 Profinet

O Profinet é o padrão aberto para Ethernet industrial especificado nas normas IEC 61158 e IEC 61784. Divide-se em dois tipos: O PROFINET CBA, utilizado para comunicação entre máquinas, baseada em componentes que trabalham via TCP/IP e destina-se a comunicação em tempo real em linhas de produção de inteligência distribuída, permitindo atribuições de parâmetros com grande quantidade de dados e automação uma interface direta ao nível de TI. (SIEMENS, 2010), e o PROFINET I/O é utilizado em aplicações em tempo real para trocas de dados de I/O extremamente rápidas (CASSIOLATO, 2011).

Três modelos diferentes de operação existem atualmente: *Non-real time (Non-RT)* é o tempo de processamento dele é de aproximadamente 100 ms. O *Soft Real Time (SRT)* é caracterizado por ser um canal direto entre a aplicação e a camada da Ethernet. Como vários níveis de protocolo são eliminados como resultado há uma diminuição no tamanho dos telegramas transmitidos, o que requer tempo de transmissão de dados na rede menor e torne melhor a capacidade de resposta e confiabilidade do processo. E o *Isochronous Real Time (IRT)* é usado em aplicações em que seja crítico o tempo de resposta e precisa ser menos do que 1ms.

2.4.4 Profibus

O Profibus é utilizado em uma ampla gama de aplicações em automação da manufatura por ser um padrão aberto e que possibilita a comunicação entre dispositivos de diferentes fabricantes, além de ter transmissão de dados em alta velocidade para tarefas extensas e complexas de comunicação. Essa padronização é garantida segundo as normas EN 50170 e EN 50254.

O Profibus DP foi otimizado em especial para comunicações entre os sistemas de automações e equipamentos descentralizados. É utilizado em sistemas de controle, principalmente ao acesso de dispositivos I/O distribuídos e controles de tempo crítico. Foi criado para substituir os convencionais sistemas 4 a 20 mA ou transmissão com 24 Volts (CASSIOLATO, 2011). Os meios físicos RS-485 ou fibra ótica podem ser utilizados e exigem menos de 2 ms para transmitir 1 Kbyte de entrada e saída.

2.5 Indicadores

Na manutenção, são utilizados indicadores de desempenho para a análise e compreensão do ritmo que ocorrem as falhas, os tempos de reparação, a disponibilidade dos equipamentos, bem como o sucesso da política de manutenção da empresa. Os indicadores de gestão de manutenção mais conhecidos são o Tempo Médio Entre Falhas (MTBF - *Mean Time Between Failures*) e o MTBF e o Tempo Médio Para Reparo (MTTR - *Mean Time To Repair*) MTTR.

O MTBF indica a frequência de intervenções na máquina durante determinado tempo específico (MARTINS, 2012). O tempo total trabalhado engloba o tempo em que efetivamente houve produção mais o tempo de parada não planejada do equipamento. Quanto maior esse índice mais disponibilidade a máquina possui.

O MTTR indica o tempo médio em que a máquina deixa de operar devido à uma ação relacionada à manutenção. Quanto menor esse índice demonstra maior o grau de eficiência, indicando que a empresa tem respostas rápidas para problemas em seus processos.

3 DESCRIÇÃO

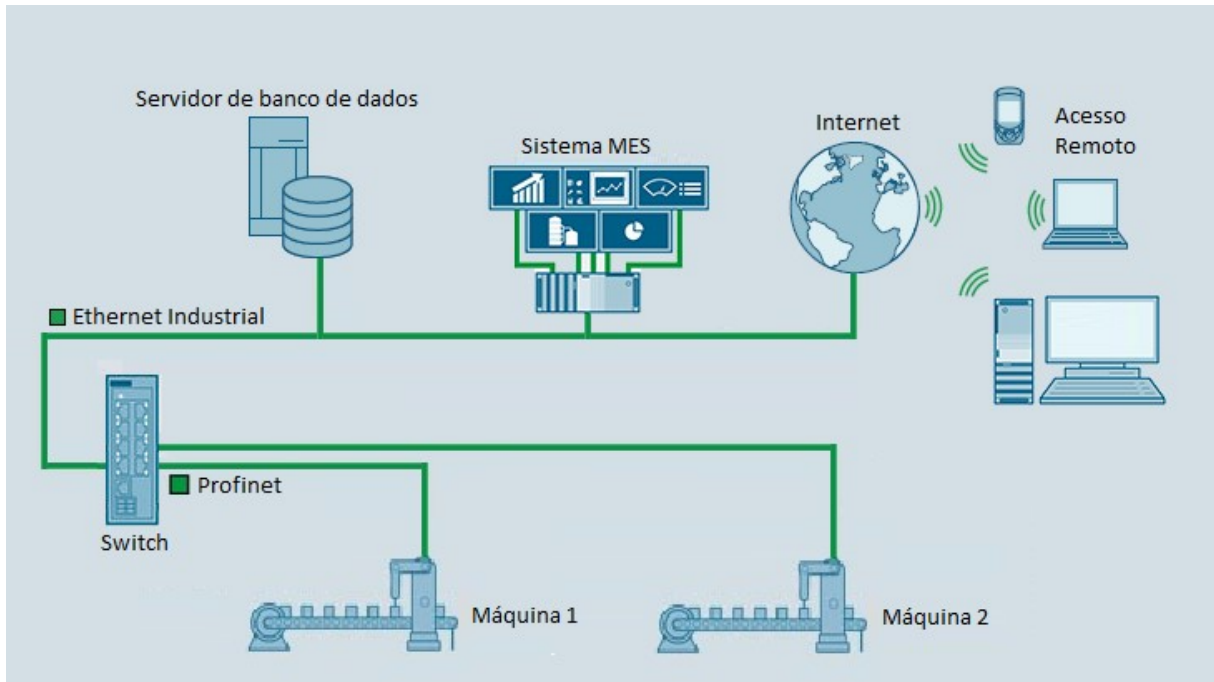
Para estabelecer a comunicação entre as máquinas e o MES é necessário configurar no projeto do CLP. Neste trabalho foi utilizado como base um CLP da Siemens e sua configuração realizada no software Simatic Manager STEP 7, que é o software da Siemens utilizado para gerenciar o programa do CLP, contendo a programação de hardware (CPU, módulos de I/O e outros dispositivos), redes (Profinet e Profibus DP) e software (blocos de programação como OB, FB, FC e DB) para fazer o entrosamento do hardware com o software.

3.1 Hardware

A incorporação técnica de um sistema MES exige uma rede corporativa (LAN) com a qual os níveis de gerenciamento e de produção podem intercomunicar por interfaces padronizadas. As informações sobre o nível de produção são adquiridas automaticamente pela máquina via conexões. Há vários tipos de redes que compõem a comunicação dos componentes de uma máquina industrial. As mais utilizadas são Profibus e, mais recentemente, Profinet. Mas a conexão estabelecida com o sistema é feita através de uma rede Ethernet Industrial. A figura 2 apresenta a topologia desta comunicação.

As necessidades do chão de fábrica exigem que os controladores acessem os dados a partir dos CLPs. E esses dados são sensíveis ao tempo e requerem comunicação em tempo real em uma temporização precisa em relação ao acesso de um arquivo em um servidor remoto ou em uma página *web*. Tanto a disponibilidade de informações quanto o acesso a elas são atualmente conseguidos por software padrão. A padronização das interfaces de dados entre as diferentes aplicações possibilita a continuidade necessária. A rede Ethernet como padrão, em conjunto com o protocolo TCP/IP, possibilita a comunicação através de todos os níveis, sem interrupções. Exigências especiais às redes e aos barramentos em nível de processo são: capacidade de operação em tempo real, elevada disponibilidade, rápida e automática reconfiguração após falhas, segurança da transmissão de dados, redundância, elevadas exigências ambientais em caso de compatibilidade eletromagnética e resistência à temperatura e vibrações (COUTO, 2010).

Figura 2: Topologia do sistema MES



Fonte: Produção do próprio autor

As máquinas entre si comunicam através de um *switch* industrial que possui várias portas de entradas do tipo RJ45 e realiza a interligação entre as máquinas e também com o servidor do MES. É importante a utilização deste equipamento para o sistema MES caso haja transmissões simultâneas de dados, por ele ter portas independentes, transmite a informação de uma porta e retém a da outra em um buffer para transmitir depois, assegurando que a informação foi transmitida e chegará ao seu destino sem perdas.

A rede Ethernet Industrial conecta as informações da máquina diretamente ao banco de dados da fábrica, que reúne e mantém organizados uma série de informações, fornecendo um ambiente eficiente para o uso na recuperação e no armazenamento da informação. Esse banco de dados é constituído por uma parte física, que são os equipamentos de hardware necessários para o armazenamento e processamento das informações e acesso aos dados, como por exemplo: processadores, discos rígidos, dispositivos de entrada e saída (servidores e clientes), e também é necessário um conjunto de softwares que possibilitam o funcionamento do sistema MES, o controle de acesso aos usuários, à compilação das instruções e todo o gerenciamento do banco de dados.

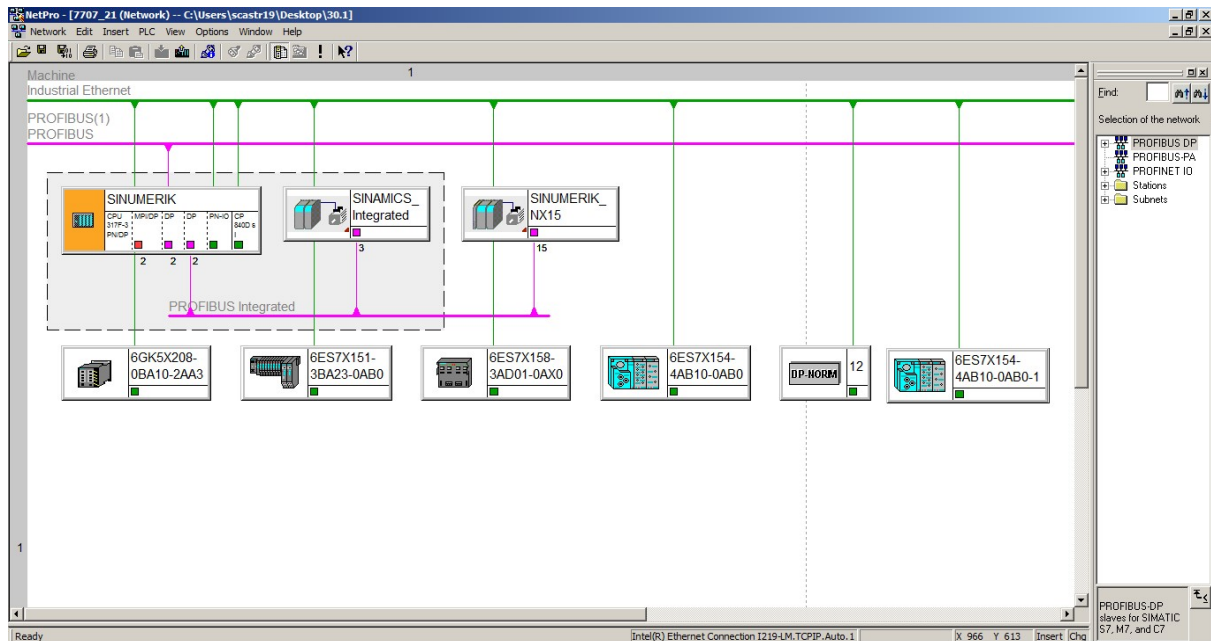
3.2 Software

3.2.1 Comunicação

O CLP é o responsável por ler todas as informações referentes ao maquinário das linhas de usinagem em que situa em tempo real, armazenando estes dados no ponto de coleta. O servidor do MES por sua vez coleta os dados enviados do CLP. Desta forma a rede do CLP necessita ter conexão com a rede do servidor.

A primeira parte para a programação do MES no software foi a configuração de uma nova rede Ethernet Industrial para a comunicação. Esta configuração foi realizada na aba de gerenciamento das redes existentes na máquina, chamada NetPro. Nesta aba realizou-se a ligação da rede Ethernet Industrial na porta disponível do CLP. A figura 3 a seguir representa essa topologia configurada no STEP 7.

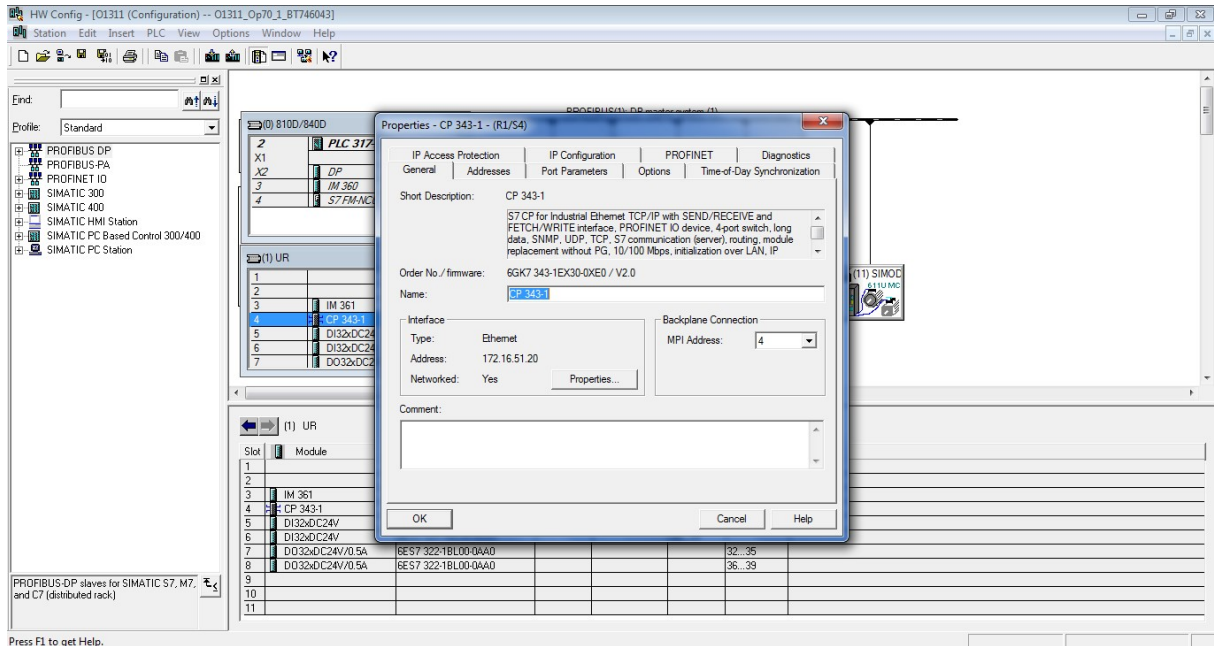
Figura 3: Topologia de redes no software do CLP



Fonte: Produção do próprio autor

A comunicação da rede Ethernet Industrial pode ocorrer por diferentes meios de comunicação, tais como a interface integrada de comunicação da CPU ou por um processador de comunicações separado (CP). Dependendo do modelo da CP, este equipamento também faz a conversão de outro tipo de rede para estabelecer a comunicação como o Profibus por exemplo. A figura 3 apresenta a configuração da CP no hardware da máquina.

Figura 4: Configuração da CP no hardware



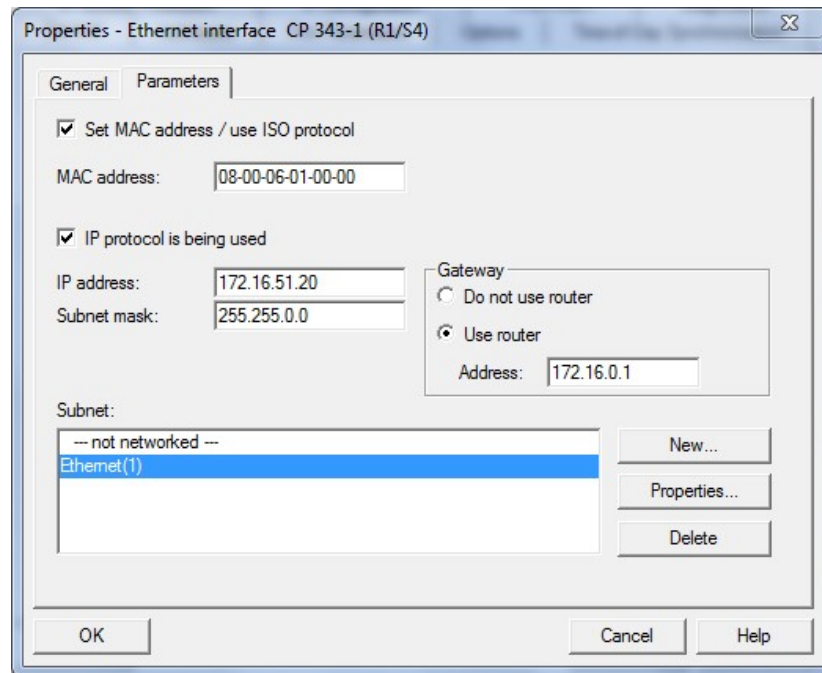
Fonte: Produção do próprio autor

Os endereços inseridos dependem do tipo de conexão através da qual a comunicação deve ocorrer. Como a conexão usada para o MES é Ethernet, foi necessário atribuir o endereço MAC e o endereço IP do cartão, bem como as máscaras de sub-rede como critério de organização da rede.

O endereço MAC (Controle de Acesso de Mídia - *Media Access Control*) é um endereço físico e único gravado pelo fabricante que é associado a toda interface de comunicação utilizada em dispositivos de rede. O endereço MAC é dividido em 3 bytes com o ID do fabricante e mais 3 bytes com o ID do dispositivo.

O endereço Ipv4 é composto por 4 números decimais com uma gama de valores de 0 a 255 e sempre consiste em dois componentes: o endereço da sub-rede e o endereço do componente de rede (nó de rede). O endereço IP depende do tipo de conexão da comunicação, bem como as máscaras de sub-rede como critério de organização. Cada equipamento possui um endereço individual. Se houver também uma transição de rede através de um roteador no sistema também deve-se atribuir o endereço IP ao roteador. A figura 5 mostra a configuração do endereço IP.

Figura 5: Configuração do endereço IP



Fonte: Produção do próprio autor

A figura 5 apresenta a caixa de diálogo Propriedades para configurar a CP no hardware. Uma das principais tarefas da camada IP é selecionar as rotas através das quais os dados serão transportados. Como há uma variedade de redes e equipamentos diferentes interligados, eles precisam estar conectados uns aos outros para fins de transporte. O gateway é a atribuição do endereço IP ao roteador, que é o *host* que o sistema vai procurar. Ao configurar os equipamentos na rede, quando o endereço IP de origem na fábrica e o endereço IP de destino no sistema coincidir, o *host* de destino é localizado na mesma rede, estabelecendo a conexão e o caminho por onde os dados irão trafegar, assim o pacote é enviado diretamente ao servidor.

A comunicação entre o CLP e a CP é feita através de blocos de função de comunicação e a CP transmite a comunicação do bloco via Ethernet industrial. Com a utilização de blocos padrões em toda a fábrica, o sistema de tecnologia da informação (TI) é capaz de acessar as informações em tempo real da máquina, disponibilizando-os em seu portal, de forma mais intuitiva, de fácil visualização e de maneira que todos tenham acesso ao status da linha.

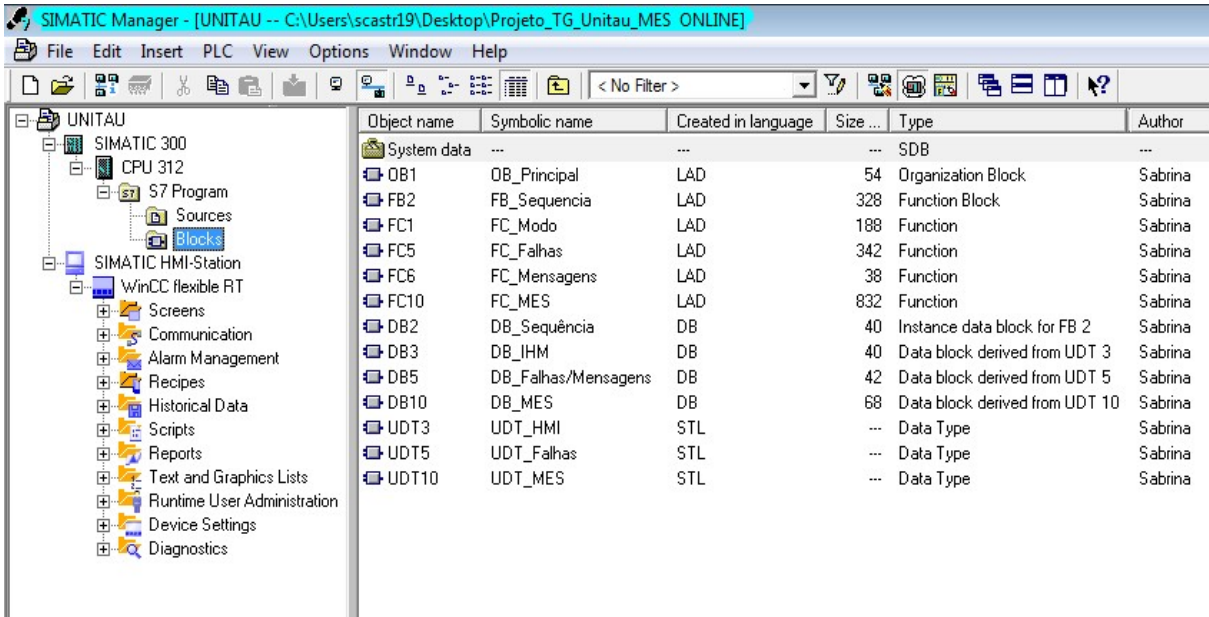
3.2.2 Programação

O CLP é estruturado de maneira que oferece vários tipos de blocos para atender a diferentes necessidades do programa. Os principais blocos para estruturar a programação são:

- Blocos de Organização (OB): É o bloco principal e obrigatório de programação e tem por função programar sequencialmente as chamadas dos outros blocos.
- Bloco de Função (FC): Possui a programação das funções que a máquina irá exercer. É possível programar funções parametrizáveis e isso faz com que as funções possam ser reutilizadas no programa.
- Bloco de Função (FB): Além da mesma funcionalidade do FC, também possuem uma área de memória própria, sob a forma de bloco de dados instantâneos. Com isso o FB é ideal para ser reutilizado no programa e para realizar tarefas complexas como controle em malhas fechadas.
- Bloco de Dados (DB): área de dados do programa nas quais os dados são gerenciados de maneira estruturada. Pode estar direcionado para um bloco FB especificamente ou uma área livre de armazenamento para qualquer tipo de bloco.

A figura 6 é um exemplo de programação dos blocos no software STEP 7.

Figura 6: Blocos de programação do CLP



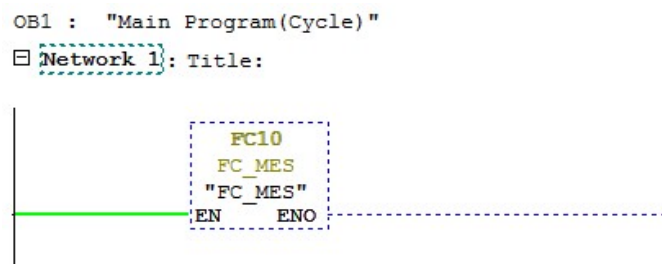
Object name	Symbolic name	Created in language	Size ...	Type	Author
System data	---	---	---	SDB	---
OB1	OB_Principal	LAD	54	Organization Block	Sabrina
FB2	FB_Sequencia	LAD	328	Function Block	Sabrina
FC1	FC_Modo	LAD	188	Function	Sabrina
FC5	FC_Falhas	LAD	342	Function	Sabrina
FC6	FC_Mensagens	LAD	38	Function	Sabrina
FC10	FC_MES	LAD	832	Function	Sabrina
DB2	DB_Sequência	DB	40	Instance data block for FB 2	Sabrina
DB3	DB_IHM	DB	40	Data block derived from UDT 3	Sabrina
DB5	DB_Falhas/Mensagens	DB	42	Data block derived from UDT 5	Sabrina
DB10	DB_MES	DB	68	Data block derived from UDT 10	Sabrina
UDT3	UDT_HMI	STL	---	Data Type	Sabrina
UDT5	UDT_Falhas	STL	---	Data Type	Sabrina
UDT10	UDT_MES	STL	---	Data Type	Sabrina

Fonte: Produção do próprio autor

Existem diferentes linguagens de programação que podem ser utilizadas no software Simatic Step 7, mas a utilizada neste trabalho para a programação dos dados a serem enviados foi a ladder, isto porque é a linguagem mais utilizada pelos programadores por ser simples e de fácil entendimento por ser similar a um diagrama de circuito elétrico.

A programação no CLP é feita de maneira que o bloco de organização principal OB é o primeiro bloco a ser executado. Este bloco tem como função possuir as chamadas dos outros blocos que constituem o programa de maneira sequencial. Estes outros blocos, como o FC e o FB, possuem a programação das funções que a máquina irá executar. Depois de executado um bloco, o ciclo volta à chamada dele no OB e continua a próxima linha para executar o próximo bloco chamado nele. Ao terminar de executar todos os blocos, o ciclo volta ao início do bloco principal e atualiza as informações, para começar uma nova varredura novamente. A figura 7 apresenta mostra a chamada do bloco com a programação dos dados para o sistema MES.

Figura 7: Chamada do bloco de programação MES



Fonte: Produção do próprio autor

A configuração dos dados para monitoração do processo a serem enviados para o servidor do MES foi realizada em um bloco de funções FC10. O bloco principal OB1 constitui a chamada do bloco FC10, sem nenhuma circunstância para ser ativado, e seus dados foram armazenados em um bloco de dados DB10. No apêndice deste trabalho, há o exemplo de programação em ladder do FC10 para o envio dos dados de uma suposta máquina de uma linha de usinagem e os dados armazenados do servidores no DB10. A figura abaixo mostra os dados configurados para serem enviados ao sistema no exemplo deste trabalho. Deve-se ressaltar que esses dados são atualizados a todo o momento na máquina e contabilizados no MES.

Tabela 2: Dados do MES

ENDEREÇO	NOME	TIPO	ESTADO INICIAL	COMETÁRIO
0.0		STRUCT		
+0.0	Manual	BOOL	FALSE	Máquina em manual
+0.1	Automatico	BOOL	FALSE	Máquina em ciclo Automático
+0.2	Ciclando	BOOL	FALSE	Máquina produzindo peça
+0.3	Bloqueado	BOOL	FALSE	Peça terminada e máquina bloqueada para descarregar
+0.4	Espera	BOOL	FALSE	Sem peça na entrada para carregar
+0.5	Carga	BOOL	FALSE	Carregando peça bruta
+0.6	Descarga	BOOL	FALSE	Descarregando peça acabada
+0.7	Falha	BOOL	FALSE	Interrupção do ciclo automático
+1.0	Emergencia	BOOL	FALSE	Parada de emergência
+1.1	Auxilio	BOOL	FALSE	Espera de auxílio do operador
+1.2	Bypass	BOOL	FALSE	Máquina em bypass enquanto está em automático
+1.3	Calibracao	BOOL	FALSE	Em estado de medição do padrão
+1.4	Reparo	BOOL	FALSE	Máquina em manutenção
+1.5	Setup	BOOL	FALSE	Troca de modelo de peça
+1.6	Troca_de_Ferramenta	BOOL	FALSE	Troca de ferramenta
+1.7	Spare	BOOL	FALSE	Contato livre
+2.0	Peca_Ok	BOOL	FALSE	Peça boa
+2.1	Peca_Nok	BOOL	FALSE	Peça ruim
+4.0	Tipo_peca	INT	0	Tipo de peça selecionado
+6.0	Codigo_Falha	INT	0	Tipo de falha gerada
+8.0	Tempo_Ciclo_Padrao	REAL	0.000	Tempo de ciclo padrão estipulado pelo fabricante
+12.0	Tempo_Bloqueado	REAL	0.000	Tempo da máquina bloqueada
+16.0	Tempo_Espera	REAL	0.000	Tempo da máquina em espera
+20.0	Tempo_Carga	REAL	0.000	Tempo para carregar peça bruta
+24.0	Tempo_Descarga	REAL	0.000	Tempo para descarregar peça acabada
+28.0	Tempo_Usinagem	REAL	0.000	Tempo para produção da peça
=32.0		END_STRUCT		

Fonte: Produção do próprio autor

3.3 Aquisição de dados

Os dados recebidos pelo servidor são armazenados organizadamente, entre eles contam os estados do processo, tempos de ciclo, contagem de peças e, se ativos, os códigos de falhas e mensagens.

Os estados da máquina / estação indicam se a mesma está ou não disponível para o processo e ação que está sendo realizada no momento. Esses estados podem ser divididos basicamente em dois tipos principais: os estados em automático são aqueles em que a máquina está operando automaticamente e pode produzir ou mover peças se as condições do ambiente permitirem, e os estados em manual são aqueles em que a máquina é incapaz de produzir ou mover peças.

Todo o tempo deve ser contabilizado em um dos estados, nenhum tempo pode ser jogado fora. Fica ativo apenas um estado por vez e não depende do estado de nenhuma outra máquina da linha. Cada estado tem uma cor representativa para facilitar a visualização. Os principais estados de processo estão demonstrados na tabela 3.

Tabela 3: Estados do processo

ESTADOS DO PROCESSO	DEFINIÇÃO
Sem comunicação	Máquina desligada ou com problema de comunicação
Ciclando	Máquina em automático e realizando trabalho na peça
Carregando	Peça está sendo carregada da máquina
Descarregando	Peça está sendo descarregada da máquina
Espera	Máquina pronta mas não há peça na máquina e não há peça na entrada
Bloqueado	Máquina completou seu ciclo, mas não pode descarregar, de modo que sua peça não foi liberada
Auxilio	Máquina com peça pronta para o ciclo, mas está aguardando condições adicionais que não foram atendidas
Bypass	Modo selecionado manualmente pela IHM para pular a operação
Calibração	Máquina realizando comparação dos parâmetros nominais (exemplo: dressagem do rebolo em uma retífica; medição de padrão etc)
Falha	Máquina apresentou falha durante ciclo automático
Emergência	Pressionado botão parada de emergência ou falha no sistema de segurança
Reparo	Ocorreu uma falha em ciclo automatico e foi detectado uma intervenção humana para realizar manutenção
Setup	Troca de modelo da máquina
Troca de Ferramenta	Finalizado vida útil da ferramenta ou selecionado manualmente pelo IHM

Fonte: Produção do próprio autor

A tabela 4 apresenta os tempos (em segundos) coletados pelo MES e suas definições. Os tempos coletados são de grande importância para fazer uma análise detalhada do comportamento de uma máquina especificamente e da linha no geral para descobrir oportunidades de melhorias. Os tempos são contabilizados a partir da mudança dos estados no processo.

Tabela 4: Tempos do processo

TEMPO	DEFINIÇÃO
Tempo de carga	Tempo para carregar a peça
Tempo de ciclo	Inicia ao terminar de carregar e termina ao concluir a usinagem da peça
Tempo de descarga	Tempo para descarregar a peça
Tempo total	Soma dos tempos de carga, ciclo e descarga de uma peça
Tempo em espera	Tempo em que a máquina esteve a espera de peça bruta
Tempo em bloqueio	Tempo em que a máquina esteve para descarregar peça acabada
Tempo de parada	Tempo em que a máquina esteve em manual

Fonte: Produção do próprio autor

A contagem de peças do processo se resume basicamente em: peças boas, na qual os ciclos foram realizados sem falha e estão prontas para seguir para a próxima operação, peças ruins, são os ciclos que tiveram falhas que interferiram na realização da peça e não estão de acordo com o processo, e o total de peças produzidas, que englobam peças boas e ruins.

As falhas (resultam na parada da máquina consequentemente) e mensagens (apenas avisos sem consequências), para serem definidas no sistema, apresentam uma combinação de códigos distintos, que juntos compõe ao sistema o número referente a um aviso específico e aparece no site sua descrição. Se não estiver cadastrada no sistema, irá aparecer como “falha indefinida”. As falhas aparecem em vermelho e as mensagens em preto.

3.4 Visualização dos dados

Os dados coletados e armazenados no servidor podem ser observados de diferentes formas. A principal e mais utilizada, tanto pela parte gerência quanto pela engenharia e manutenção, é o acesso pelo portal do MES via *web*, num site dedicado pela intranet da fábrica. Para o acompanhamento da produção, o Sistema MES pode ser acessado em qualquer parte da empresa por qualquer um com acesso *web*, inclusive via celular se o aparelho estiver conectado a intranet da empresa. A figura 8 mostra a tela de entrada do site com visualização geral dos times da planta inteira, onde são apresentados em ordem as seguintes informações: Peças na entrada da linha, peças na saída da linha, a meta até o momento, diferença da produção projetada e atual, capacidade de peças por hora da linha, meta de peças por hora, diferença de peças por hora projetado e atual, disponibilidade de máquinas e estado atual.

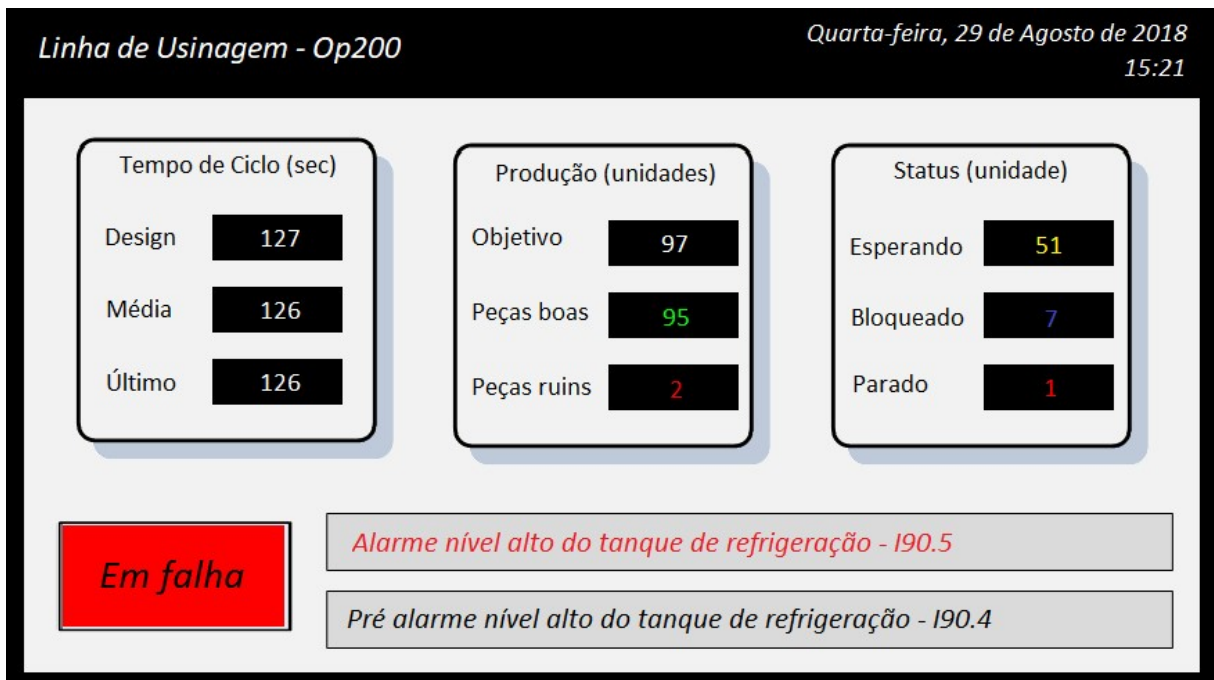
Figura 8: Visualização geral da fábrica pelo site do sistema

Indicadores de Produção - Linha de Usinagem da Planta							Quarta-feira, 29 de Agosto de 2018 15:24			
Produção	Linha de Usinagem						Linha de Montagem			
	Time 1	Time 2	Time 3	Time 4	Time 5	Time 6	Time 7	Time 8	Time 9	Time 10
Entrada	334	841	1052	782	731	978	1577	409	1200	892
Saída	414	892	764	470	766	623	1553	375	913	643
Meta	417	573	1202	336	462	1063	1093	271	1355	408
Atual	-3	319	-438	134	304	-440	460	104	-442	235
Peça hora	39.4	75.3	38.6	39.7	80.2	35.6	144.8	39.3	40.9	44.8
Meta	39.6	48.4	60.7	28.4	48.4	60.7	92.3	28.4	60.7	28.4
Atual	-0.2	26.9	-22.1	11.3	31.8	-25.1	52.5	10.9	-19.8	16.4
Disp	92.3	90.7	80.7	92.0	91.9	81.0	95.9	96.9	86.9	97.2
Estado	Parado	Ciclando	Bloqueado	Ciclando	Parado	Esperando	Ciclando	Parado	Ciclando	Ciclando

Fonte: Produção do próprio autor

No site encontram-se na tela inicial as informações gerais e principais de todas as máquinas, de todas as linhas de usinagem e da montagem, em tempo real do processo. Já na tela de uma máquina em específico, é mostrado todas as informações de acordo com o filtro estabelecido. A figura 9 apresenta um exemplo de tela para visualizar uma máquina em específico.

Figura 9: Visualização de uma operação no site do sistema

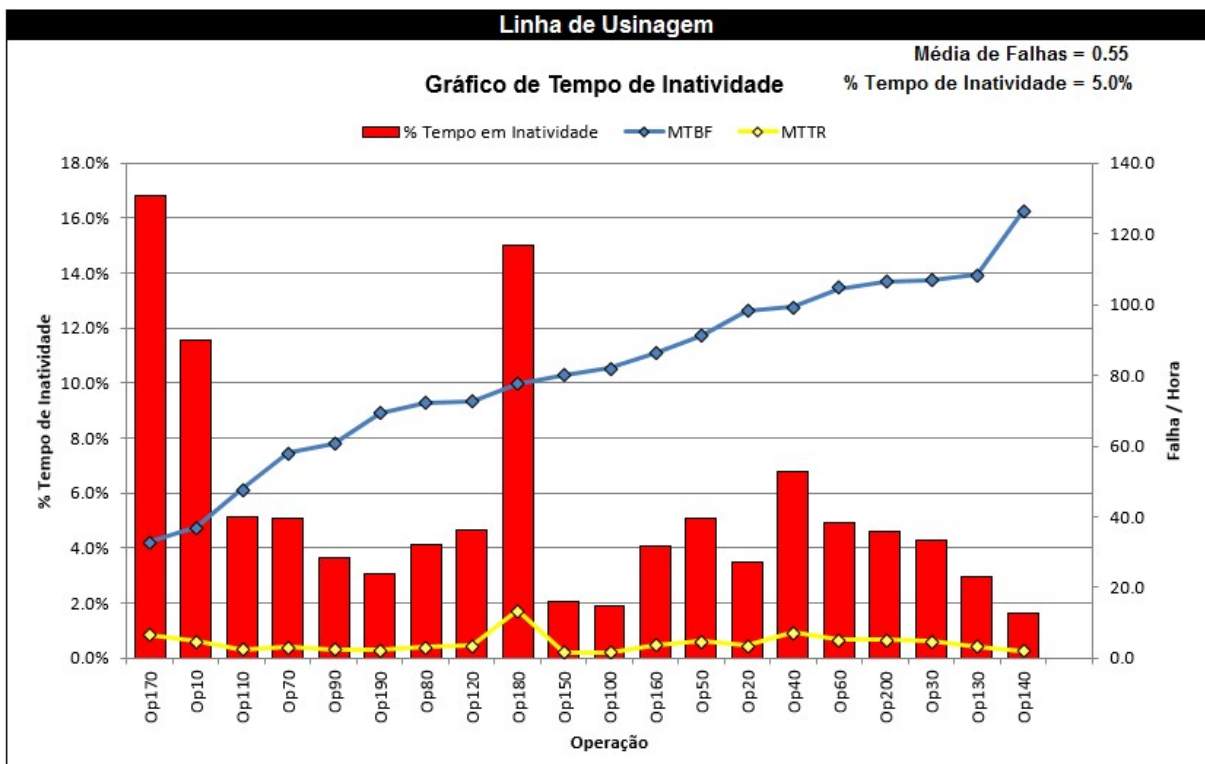


Fonte: Produção do próprio autor

Esta tela permite para a pessoa acessar as informações mais importantes em tempo real e com base no filtro de tempo determinado, tais como: em relação aos tempos de ciclo são apresentados o tempo nominal do equipamento, a média atual e o tempo da última peça produzida; em relação à produção são apresentados o objetivo atual, a quantidade de peças boas e a quantidade de peças ruins realizadas no período; em relação aos estados da máquina são apresentados a quantidade de tempo que o equipamento ficou esperando, tempo bloqueado e tempo parado; estado atual e mensagens e falhas ativas no momento. Além das informações básicas, é possível gerar gráficos e relatórios completos com diferentes filtros, como: MTTR, MTBF, *Downtime*, falhas, mensagens, peças produzidas no total ou de cada modelo, *scraps*, manutenção, tempos de ciclo, porcentagem de metas atingidas, dentre outros.

Segue mais alguns exemplos de dados coletados do MES e gerados gráficos para facilitar a análise. A figura 10 apresenta um exemplo de um gráfico gerado pelo sistema MES, com filtros ativos em relação ao tempo parado das máquinas e indicadores MTBF e MTTR de uma linha de usinagem num período de um mês.

Figura 10: Gráfico de tempo de inatividade da linha

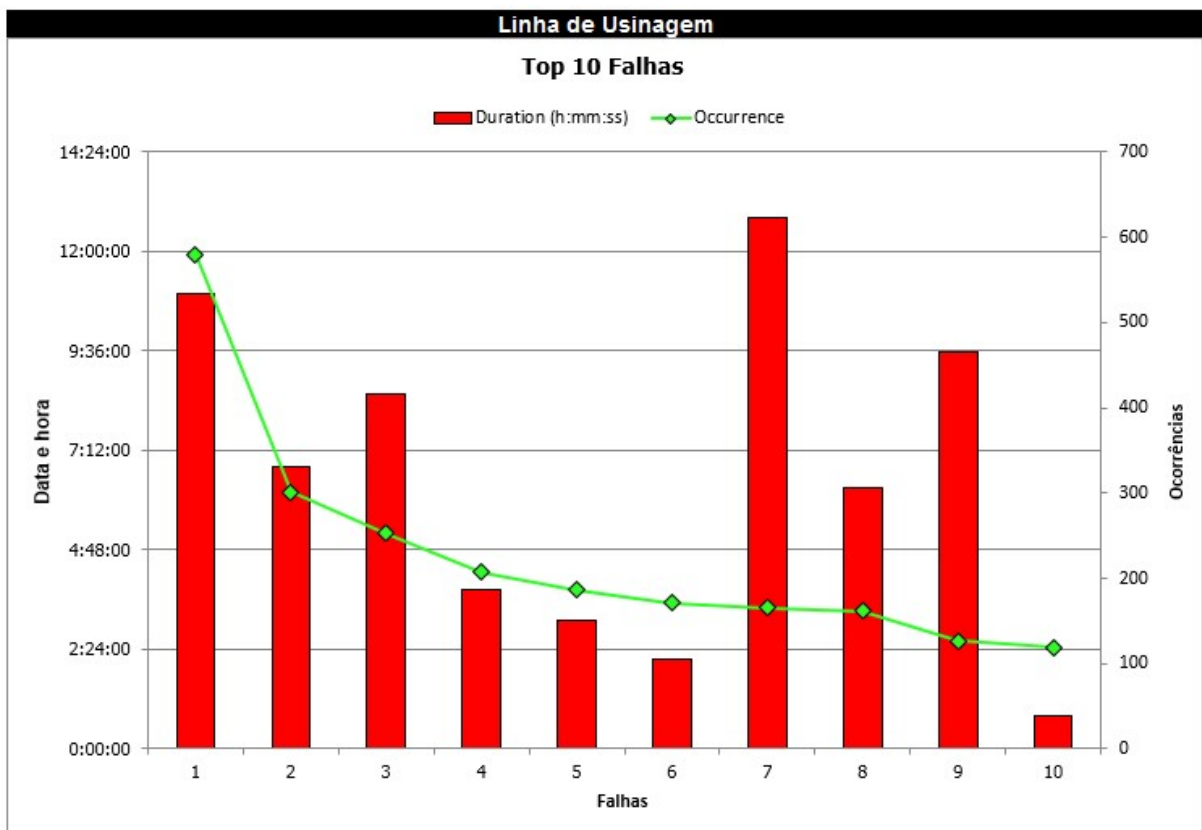


Fonte: Produção do próprio autor

O relatório mostra dados de uma linha de usinagem num período de um mês, no qual o tempo de inatividade das máquinas é o gráfico de barras em vermelho, os indicadores MTBF em uma linha azul e o MTTR em uma linha amarela. A partir desses dados é possível distinguir com clareza onde se faz mais necessário atacar para realizar melhoras relacionadas à paradas de máquinas. No exemplo, o foco deveria ser mantido na Op170 e monitorado seu desempenho depois de implantadas as ações para abaixar seu alto índice de inatividade, passando assim para o próximo caso. Também neste exemplo é indicado uma curva da média de falhas, o que facilita na deliberação.

A figura 11 apresenta a seleção das 10 falhas que mais registraram ocorrência no período e logo abaixo o gráfico destes dados, com filtros ativos em relação às falhas que para análise dos piores comportamentos da linha. A duração total das paradas são as barras em vermelho e o número de ocorrências é a linha da cor verde.

Figura 11: Gráfico top 10 falhas da linha



Fonte: Produção do próprio autor

Os dados estão organizados (filtro ativo) de maneira que o número de ocorrências é decrescente. Ao observar qual máquina está proporcionando o maior número de falhas é possível tomar medidas para que este índice venha a diminuir. Assim também como o tempo de parada originado por elas, que nem sempre é proporcional à quantidade de ocorrências. As medidas tomadas podem ser tanto corretivas para eliminar o problema atual como preventivas para que não volte a ocorrer a mesma situação. Este indicador se encontra relacionado diretamente aos índices mais importantes da empresa, como a disponibilidade de máquinas, manutenção, produção de peças, e causa impacto à estabilidade da linha inteira. A figura 12 apresenta as falhas referentes ao gráfico anterior.

Figura 12: Tabela gerada pelo MES do top 10 falhas

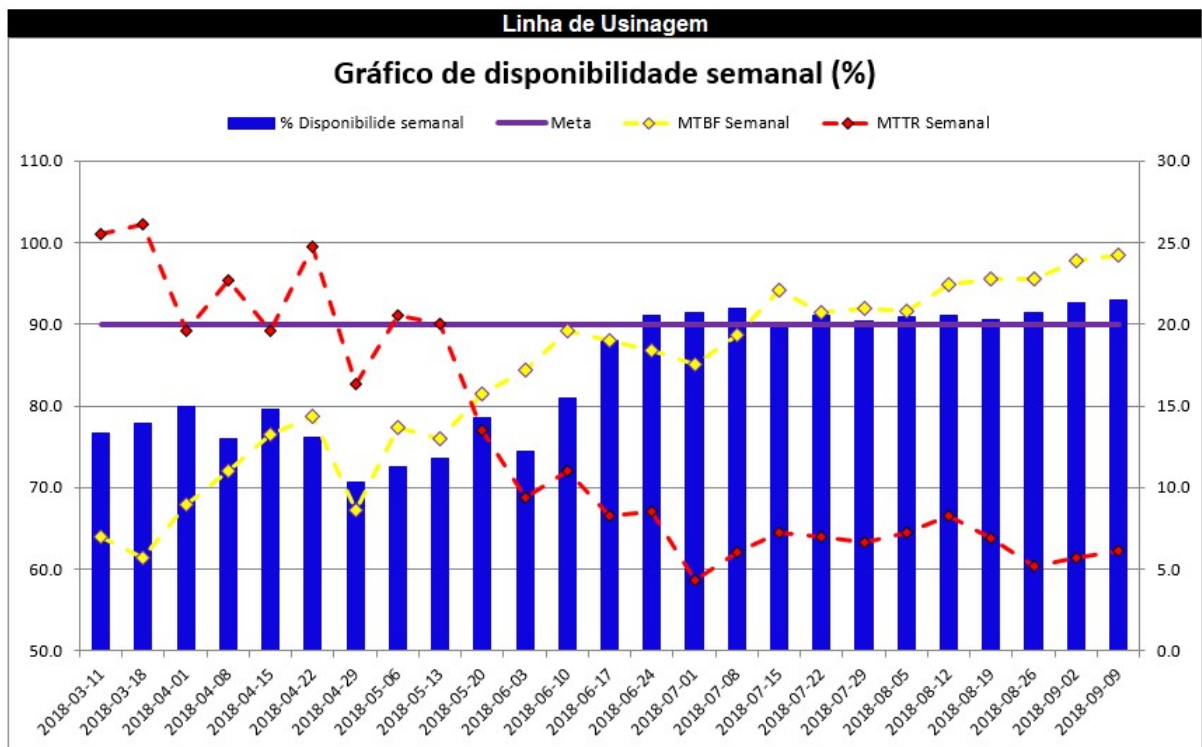
Rank	Descrição das falhas	Operação	Código de falha	Duração	Ocorrências
(posição)		(número)	(número)	(horas)	(qnt)
1	Erro dos dados do incador de medida esquerdo	Op120	539315	10:58:38	580
2	Falha na posição recuada da porta de lavagem / secagem - Verificar Q64.7 e I38.5	Op190	700262	6:49:15	301
3	Fuso 2: Monitoramento de ferramenta quebrada T1004	Op100	700379	8:32:57	253
4	Falha de força na prensagem da chaveta	Op90	539315	3:51:18	207
5	Lixa quebrada na estação 2 - Verificar I27.2	Op180	704240	3:06:08	186
6	Falha no fechamento do braço do moente 4 na estação 1 - Verificar I10 4	Op180	704112	2:11:01	171
7	Esteira de saída: Falha na movimentação de peça	Op110	701318	12:49:40	165
8	Peça não identificada	Op70	700330	6:16:56	162
9	Fuso 1: Monitoramento de ferramenta quebrada T1004	Op100	700369	9:35:20	127
10	Falha de escotilha aberta - Verificar I117.5	Op20	701230	0:49:00	119

Fonte: Produção do próprio autor

O gráfico da figura 13 refere-se à performance de disponibilidade da linha ao longo das semanas e qual era a meta a atingir (ambos em porcentagem), além de apresentar também a performance do MTBF e MTTR. As barras azuis são a performance da linha com o passar das semanas, a linha reta em roxo é a meta a ser atingida, a linha tracejada em amarelo é o MTBF e a linha tracejada em vermelho é o MTTR.

No exemplo, a coleta de dados indica o desempenho da linha ao longo dos meses. É possível notar que conforme as semanas se passaram a disponibilidade da linha teve um aumento significativo e manteve-se estável, conseguindo atingir a meta estipulada. Também é notável que, conseqüentemente, os indicadores melhoraram, onde o MTBF diminuiu e o MTTR aumentou paralelamente.

Figura 13: Gráfico de disponibilidade semanal



Fonte: Produção do próprio autor

Outra possibilidade para visualização do sistema, quando não se tem acesso à intranet, que é o caso principalmente pelos operadores e responsáveis pela linha, é o Andon Board. Sua aplicação é exemplificada na figura 14.

Figura 14: Andon board na linha de produção



Fonte: PakUp, 2018

O Andon Board cria uma visão extremamente transparente do processo de produção, responsabilizando cada operador, departamento e fábrica por seu desempenho (PakUp, 2018). Em cada linha de produção é colocado um painel no centro da linha, no qual são mostrados e atualizados em tempo real todas as estações na linha. Geralmente é programado para serem exibidos os dados mais importantes da produção no turno: a produção projetada, a produção real, as operações da linha e seus estados a partir de uma cor designada para identificação do andamento do processo.

4 SISTEMA PROPOSTO

Este trabalho foi realizado em uma empresa do setor automobilístico onde a unidade fabril é altamente verticalizada, pois possui maquinário para processos de usinagem para fabricação de peças tais como: centros de usinagem CNC, tornos, fresadoras, retíficas, balanceadoras, medidoras entre outras. E nessas linhas de usinagem todo o processo é realizado de maneira automatizada, onde cada etapa de trabalho possui um transportador de peças (gantry) que retira a peça usinada de dentro da máquina para colocar a peça bruta (CFP Company, 2016). O MES gera informações precisas e em tempo real desses processos, auxiliando nas tomadas de decisão e planejamento para as mais diversas aplicações de melhorias nas atividades de produção, desde coleta dos índices de desempenhos, emissão de documentos até a expedição dos produtos acabados, pois gerencia as operações de manufatura e permite organização e a execução da produção. A figura 15 apresenta um exemplo desse tipo de automação.

Figura 15: Exemplo de linha de usinagem automatizada



Fonte: CFP Company, 2016

Usando como fundamento o sistema proposto teoricamente neste trabalho, pode-se avaliar alguns aspectos relativos ao controle de produção com o intuito de demonstrar os resultados devido a contribuição do sistema.

4.1 Competitividade

Em pequenas empresas que buscam conquistar mercado, a implementação do sistema é muito bem vinda, a fim de gerar cada vez mais melhorias e cativar seus clientes com qualidade do produto, agilidade na entrega e preço mais baixo. Em empresas grandes, principalmente se tratando de multinacionais, além do citado anteriormente, cabe ressaltar também o fator da competitividade não só entre as concorrentes no mercado, mas também a disputa entre as fábricas em diferentes localidades do mundo que produzem o mesmo produto. A geração dos resultados do sistema MES pode ser visualizada por qualquer funcionário com acesso ao sistema da empresa, sendo um recurso extremamente utilizado por donos das companhias para comparação de resultados entregues por cada fábrica, usando como ferramenta para decisões de futuros investimentos e fabricação de novos produtos.

4.2 Credibilidade

Ainda hoje, a coleta de dados em muitas empresas é realizada de maneira manual, em tabelas impressas ou planilhas no Excel, relatados por operadores a cada fim de turno, o que pode tornar a qualidade dessas informações precária. Esse gerenciamento manual é vulnerável a erros humanos, o volume gerado é muito grande para ser assimilado de forma correta e prática, além de não ser possível obter uma imagem instantânea do processo e causar atraso na troca de informações, o que resulta em falta de confiança dos dados fornecidos. A confiabilidade nestes dados é muito maior se comparado ao uso do sistema MES, visto que este consegue suprir a carência que os gestores têm em obter dados precisos e confiáveis do chão de fábrica, pois a obtenção de informações por meio eletrônico e automatizado sem perdas elimina os erros ocasionados por apontamentos manuais, gera muito mais variedade de dados importantes para uma análise completa da produção, emite relatórios diários, semanais, mensais ou anuais com os mais diversos filtros que facilitam a análise dos dados, auxiliando as tomadas de decisões e na programação da produção da empresa.

4.3 Custos

Há um custo para o investimento, verificação e operação do sistema. A implementação do MES requer conhecimentos específicos para sua programação e validação, o que pode exigir uma mão de obra qualificada, treinada e capacitada para que o sistema funcione corretamente. Contudo, com a devida avaliação dos diversos benefícios e reduções de custos que podem ser gerados a partir da implementação, é possível determinar se seriam compensados posteriormente.

Dos inúmeros benefícios para reduzir o custo do processo, pode-se destacar as principais: aumento da confiabilidade, diminuição de desperdícios, diminuição da utilização de recursos e materiais, diminuição da manutenção e outros parâmetros, além de maior controle do processo que auxilia no planejamento de melhorias.

4.4 Manutenção

A empresa se beneficia da agilidade, da confiabilidade dos dados e com a contribuição para o controle em tempo real do andamento do processo, facilitando a geração de relatórios de indicadores de desempenho de manutenção industrial como o MTBF e MTTR para o devido planejamento.

No caso da manutenção corretiva, o sistema MES contribui tanto para agir mais rapidamente em eventuais paradas de máquinas como evitar novas ocorrências. Através dele é possível analisar o tempo exato de reparo e o quanto esse tempo de máquina parada para manutenção corretiva impactou no volume de produção. Tendo como base o histórico de falhas, reparos e motivos de manutenção é possível criar planos de prevenção de manutenção, resultando em vários benefícios como a redução de custos devido à diminuição de intervenções corretivas e um aumento considerável nos índices de produtividade.

No âmbito da manutenção preditiva, nota-se que existe contribuição na prevenção de falhas através do monitoramento de diversos parâmetros, permitindo pelo maior tempo possível a operação dos equipamentos. Devido ao monitorando contínuo pode-se notar alguma anormalidade no comportamento das máquinas e ao ser estudado mais profundamente pode se descobrir o motivo de uma determinada falha, ou de um problema de qualidade, ou de um alto tempo utilizado naquele processo.

Já na parte de manutenção preventiva, o sistema ajuda também na identificação de eventos que ocorreram e poderiam ser evitados se for mantido uma checagem periódica de determinados itens no maquinário e no processo e possíveis eventos que podem ser prevenidos de ocorrer com as devidas precauções e criação de mensagens a partir da programação do CLP para avisar de situações que precisam de atenção.

4.5 Produtividade

As informações coletadas pelo sistema MES como contagem de peças, retrabalhos, descrição de falhas e diversos registros de tempo como tempo de ciclo das máquinas, tempo de falhas, tempo de bloqueio, tempo de espera e tempo de ajuste, são essenciais para o controle da produção e podem ser aplicadas para ordenar as atividades financeiras, logísticas e comerciais e aperfeiçoar as técnicas de produção da empresa.

Através de análises como tempo de bloqueio demonstra o período em que uma operação posterior a máquina impediu de enviar a peça terminada para o processo seguinte, tempo de espera demonstra quando a máquina não teve peça na entrada para trabalhar, tempo de ciclo alto devido à alguma alteração recente de parâmetros, tempo necessário para realizar uma troca de modelo de ferramenta, tempo de manutenção, tempo de ajuste de máquina, tempo para trocar o modelo da máquina, entre outras situações, fica mais notável a identificação das áreas de ineficiência do fluxo de processo que é preciso dar mais atenção. As informações de contagem de peças produzidas boas e ruins são importantes para o controle da manufatura para ser realizado o gerenciamento logístico da matéria prima e controle de produtos expedidos.

Utilizando dos recursos do sistema, a empresa consegue visualizar de forma abrangente os acontecimentos que mais atingem a produção e propor soluções. Dentre os diversos resultados gerados a partir de um planejamento eficaz, pode-se citar: redução de custos de materiais, melhor gerenciamento da mão de obra disponível, eliminação de desperdícios, redução de tempos de ciclo, melhor gerenciamento de produtos produzidos em estoque e a produzir, melhoria e garantia da qualidade do produto, melhoria na relação de tempo de entrega dos produtos ao cliente, estabilidade dos equipamentos e da produção. Todos esses ganhos gradualmente aumentam a produtividade da linha de produção.

4.6 Qualidade

A qualidade pode ser vista não simplesmente como uma propriedade do produto fabricado, mas também como qualidade do processo para oferecer maior potencial para maior eficiência operacional na produção. Além disso, os dados de qualidade são analisados em conjunto com as causas de problemas de qualidade no chão-de-fábrica (não conformidades causadas por erro pessoal, material, ferramentas, pressões e temperaturas, tolerância ou limites contornados, paralisações e assim por diante). As informações atualizadas e abrangentes permitem que eles colaborem ativamente no projeto dos processos de produção como no planejamento de dados, prazos do cliente, manutenção de máquina, disponibilidade de pessoal, quantidade já produzida, apresentação de dados, gráficos, listas de peças, instruções de trabalho e inspeção.

Em relação à qualidade de produto, o MES controla os parâmetros de qualidade como rastreabilidade, históricos de produção e retrabalhos no processo. A rastreabilidade é muito importante para gerenciar o andamento do processo e, em caso de crises, quando o produto está com um determinado problema torna-se possível a determinação da exata localização e a devida ação a ser tomada. Um importante indicador de qualidade e produtividade que se pode obter é o Fazer Certo na Primeira Vez (FTT - *First Time Through*), que ao se estabelecer um padrão de medição e identificação de falhas, pode se aplicar melhorias, diminuindo os retrabalhos e scraps e por consequência utilizar o tempo da melhor forma. Logo, o FTT demonstra confiabilidade do processo pode reduzir custo e melhoria na qualidade como resultado.

4.7 Relacionamento com os clientes

De acordo com a garantia de alta estabilidade do processo e qualidade do produto, este fator pode apresentar uma considerável evolução. Os impactos positivos que o sistema pode trazer a empresa podem resultar em diminuição da tensão no relacionamento entre os clientes e a área comercial, explicado pela redução dos atrasos, que permite que os prazos de entregas sejam cumpridos, melhoria da pontualidade e a possibilidade da empresa poder informar o andamento do serviço com precisão. Além de clientes mais satisfeitos, isto também influencia no quesito de conquistar novos clientes, devido à segurança que o sistema passa em atender suas necessidades em relação a cumprimento dos prazos e acompanhamento dos serviços.

Outra possível conquista significativa pode ser o aumento de interesse dos acionistas em investir na empresa, devido à melhoria de resultados e lucros obtidos.

4.8 Segurança

A possibilidade de monitorar e controlar o processo o tempo todo ajuda também na questão da segurança, tanto do maquinário quanto das pessoas. Dependendo da programação no CLP, é possível enviar ao sistema ocorrências de problemas de segurança que já ocorreram ou ainda que podem ocorrer, levando a um levantamento preciso dessas situações para não voltar ou não deixar ocorrer. Problemas como jumpers em portas, escotilhas, sensores e até mesmo no programa para não entrar determinada falha são “comuns e precisos” para fazer a linha funcionar. Então o sistema pode ajudar a garantir que não seja possível esse tipo de prática ou, na pior das hipóteses, fazer apenas com o conhecimento e aprovação dos superiores. Isto garante não só segurança das máquinas, mas também de prevenção de acidentes das pessoas envolvidas.

4.9 Oportunidades de melhorias

Como primeira sugestão, para os interessados no acompanhamento de operações críticas, seria interessante programar o envio de avisos automaticamente no e-mail, mensagem pop-up na tela do computador ou celular, a fim de mantê-los informados a todo tempo da situação no chão de fábrica.

De acordo com o estudado neste trabalho, os relatórios criados pelo sistema são produzidos de acordo com a intenção do usuário entrar no site do sistema e selecionar os filtros para gerar o relatório. Mas seria interessante que este procedimento também fosse automático, semelhante ao item anterior, de maneira que selecionasse os filtros desejados e os relatórios fossem criados e enviados por e-mail para as pessoas selecionadas a cada fim de turno, semanalmente ou mensalmente, o que economizaria ainda mais tempo.

Em relação à parada de máquina, dependendo do problema, o operador precisa abrir uma ordem de serviço e chamar a manutenção. Mas o sistema poderia ajudar de maneira que, na IHM da máquina, se o operador detectasse ser necessário acionar a manutenção, a partir de um botão o próprio sistema gerasse a ordem de serviço e comunicasse a manutenção por meio de mensagem no celular da empresa.

Problemas relacionados a segurança do maquinário e dos funcionários deveriam ser tratados de maneira especial, com alerta imediato de intervenção. Isto porque a alteração de parâmetros, a adição de ingredientes para testes, a troca de ferramentas com especificações diferentes, esquecer alguma etapa relevante em determinado procedimento, burlar procedimentos propositalmente para ganhar tempo, entre tantas outras atividades podem ocasionar em colisões, paradas prolongadas, troca de materias caros e, pior, acidentes leves e/ou graves aos funcionários.

Para tirar proveito máximo de todas as características que o sistema tem a oferecer, percebe-se uma forte tendência na total integração entre os diversos sistemas que constituem a empresa. Por exemplo, a norma ISA S95 trata especificamente sobre fluxos de trabalho e normas para integração do MES aos demais sistemas de informação, podendo citar dentre eles sistemas específicos de rastreabilidade, gerenciamento da qualidade e alocação de recursos. O MES é um conjunto de ferramentas e funcionalidades que complementam um amplo e complexo sistema de gestão e integrá-lo aos demais sistemas da empresa seria indescritivelmente vantajoso.

5 CONCLUSÃO

A integração entre as áreas de tecnologia da automação e tecnologia da informação é tendência no mercado atual. Diante dos requisitos exigidos pela indústria e da complexidade dos sistemas envolvidos, não há como ignorar o fato do avanço tecnológico se tornar indispensável para o aprimoramento das empresas.

Sem a presença do sistema MES implantado nas linhas de usinagem da fábrica, era difícil identificar os problemas na linha e era alto o nível de subjetividade de qualquer informação.

Para alcançar os objetivos que o sistema MES pode trazer é necessário integrar os setores de produção, automação e tecnologia da informação. A produção necessita de um sistema rápido e eficiente para tomar suas decisões baseadas em números e não mais em experiências passadas. A tecnologia da automação fornece os meios corretos para que estas informações possam ser coletadas de forma mais eficiente no chão de fábrica, enquanto a tecnologia da informação, de posse de todas estas informações, desenvolve o sistema propriamente dito. Os resultados apresentados no capítulo 4 apresentaram os possíveis ganhos que podem ser obtidos com auxílio do sistema para o gerenciamento e controle em tempo real do chão de fábrica contendo funcionalidades básicas que atendessem os principais requisitos da produção.

Entre os ganhos obtidos com a implantação da solução MES destacam-se: rastreabilidade de peças, a gestão das linhas através dos dados coletados; veracidade dos dados; importantes indicadores passaram a ser calculados e gerenciados pela solução MES, tais como MTBF, MTTR, scrap, produtividade e tempo de ciclo; possibilidade de priorização de problemas; gestão da qualidade agora é efetuada de maneira integrada à solução; o aumento da produtividade; diminuição de custos relativos a materiais e desperdícios; gestão visual com informações atualizadas instantaneamente. Agora, as melhorias obtidas podem ser mensuradas e futuras melhorias podem ser identificadas e priorizadas de maneira mais clara. Em suma, a abrangência dos benefícios do sistema MES não se restringe ao nível gerencial, mas engloba o processo como um todo. As melhorias evidenciadas pelo MES podem exceder essa vantagem resultando em um processo produtivo mais rentável.

Para futuras pesquisas sobre o assunto, em relação à área empresarial, sugere-se estudar a aplicação do MES não só em linhas de usinagem, mas também em linhas de montagem, onde cada situação exige uma programação específica, e principalmente em empresas nos mais variados ramos, de forma a avaliar as diversas formas de parametrização,

aplicação, desenvolvimentos, benefícios, indicadores, padronização de procedimentos (padronização ISA-95), impactos da utilização de tecnologia da informação em processos manuais, segurança dos dados, custo x retorno do investimento, entre outros. E na área acadêmica, este assunto deve ser mais discutido e estudado com elaboração de artigos e material teórico, visto ainda ser um tema pouco divulgado, mas que vem ganhando força com as novidades da indústria 4.0.

REFERÊNCIAS

CASSIOLATO, C. **Redes Industriais**. Artigo técnico pela empresa SMAR. Disponível em: <<http://www.smar.com/newsletter/marketing/index150.html>>. Acesso em: 16/08/2018.

CFP Company. **Cartesian and Gantry Robots**. Disponível em: <<http://robot.cfp.co.ir/en/robots/cartesian-gantry>>. Acesso em: 04/11/2018.

COUTO, R. T. **Ethernet Industrial**. Monografia (Graduação em Engenharia de Computação). Itatiba: Universidade São Francisco, 2010. 60p.

FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. **Controladores lógicos programáveis: Sistemas discretos**. São Paulo: Érica, 2008. 352p.

KLETTI, J. **Manufacturing Execution Systems – MES**. Mosbach: Springer, 2007. 276 p.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Sistemas de informação gerenciais**. 7 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 452 p.

MARTINS, A. P. R. A. P. **A Influência da Manutenção Industrial no Índice Global de Eficiência (OEE)**. Dissertação (Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial). Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2012. 102 p.

MESA International. **The Benefits of MES—A Report from the Field**. Manufacturing Enterprise Systems Association, Arizona: Chandler, 1997.

MEYER, H.; FUCHS, F.; THIEL, K. **Manufacturing Execution Systems, Optimal Design, Planning and Deployment**. New York: McGrawHill, 2009. 248 p.

NOGUEIRA, T. A. **Redes de Comunicação para Sistemas de Automação Industrial**. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação). Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2009. 83p.

OLIVEIRA. S. **A Arquitetura Básica de um PLC.** Disponível em: <<http://www.plcmax.com.br/2013/03/a-arquitetura-basica-de-um-plc.html>>. Acesso em 04/10/2018

SIEMENS. **Profinet.** Disponível em: <<https://w3.siemens.com/mcems/water-industry/en/Documents/PROFINET.pdf>>. Acesso em 01/10/2018

SMAR. **Redes Industriais.** Disponível em: <<http://www.smar.com/brasil/artigo-tecnico/redes-industriais>>. Acesso em 24/08/2018.

PakUp. **Plant Floor Visual Display & Control Center.** Disponível em: <<http://www.pakup.com/tracker-hub.php>>. Acesso em 04/10/2018.

WEBB, J. W.; REIS, R. A. **Programmable Logic Controllers: Principles and Applications.** 5 ed. Nova Jersey: Prentice-Hall, 2002. 460 p.

APÊNDICE

FC10 - <offline>

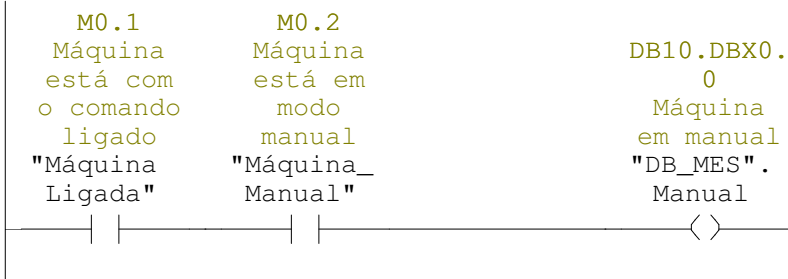
"FC_MES" FC_MES

Name:		Family:	
Author:	Sabrina	Version:	0.1
		Block version:	2
Time stamp Code:			11/05/2018 02:31:29 PM
	Interface:		07/12/2018 10:30:08 AM
Lengths (block/logic/data):	00972	00800	00002

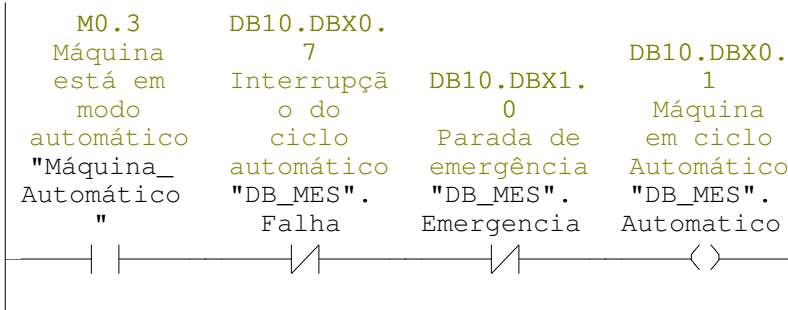
Block: FC10 FC_MES

Programação dos dados enviados ao sistema MES

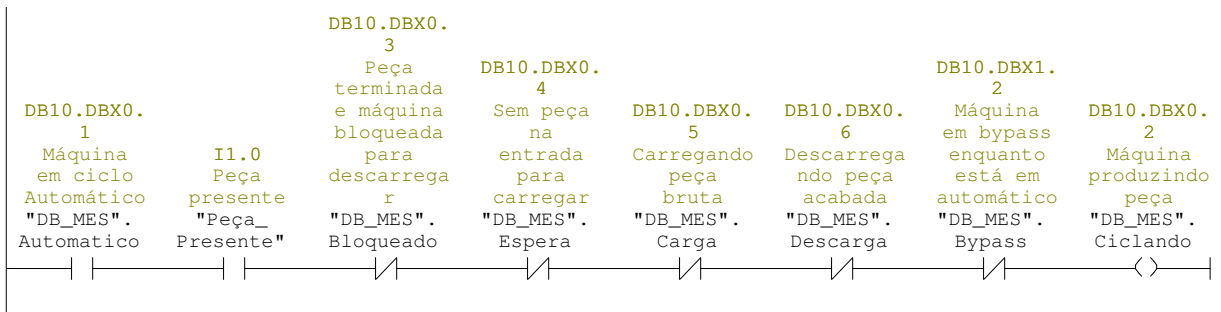
Network: 1 Manual



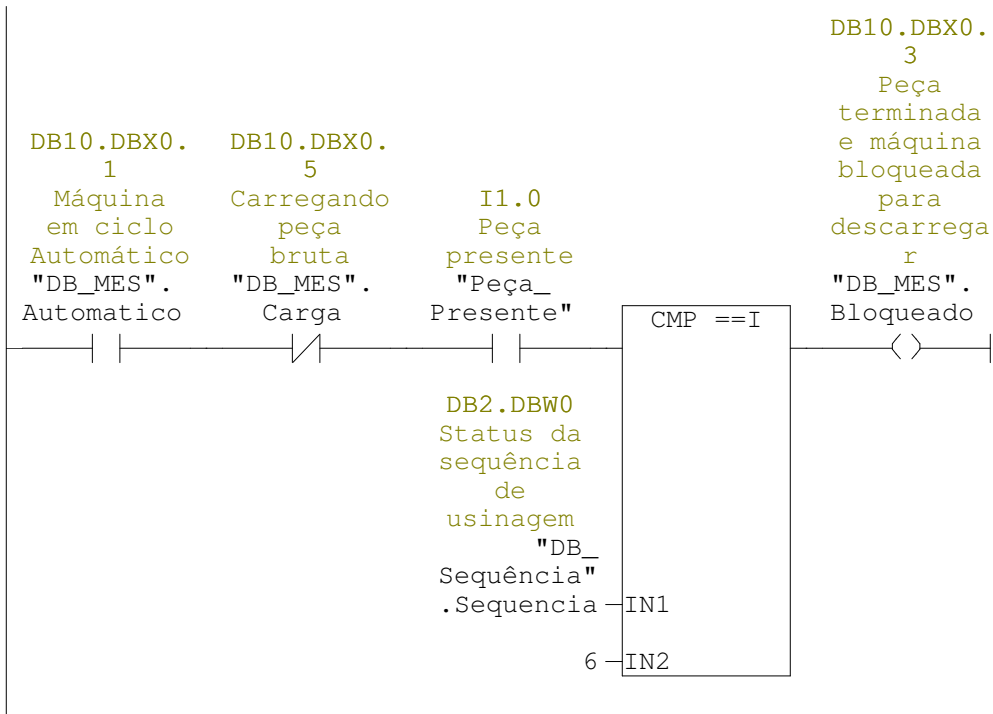
Network: 2 Automático



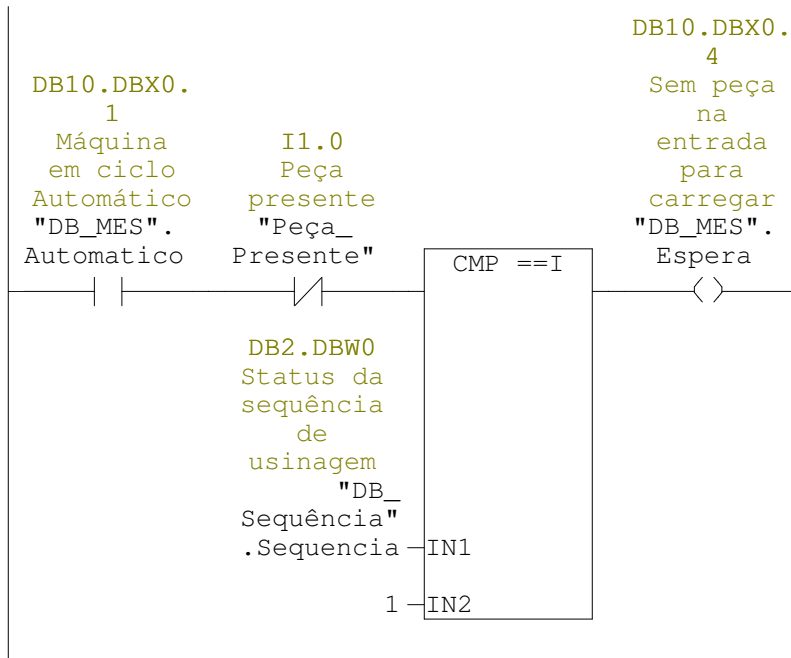
Network: 3 Ciclando



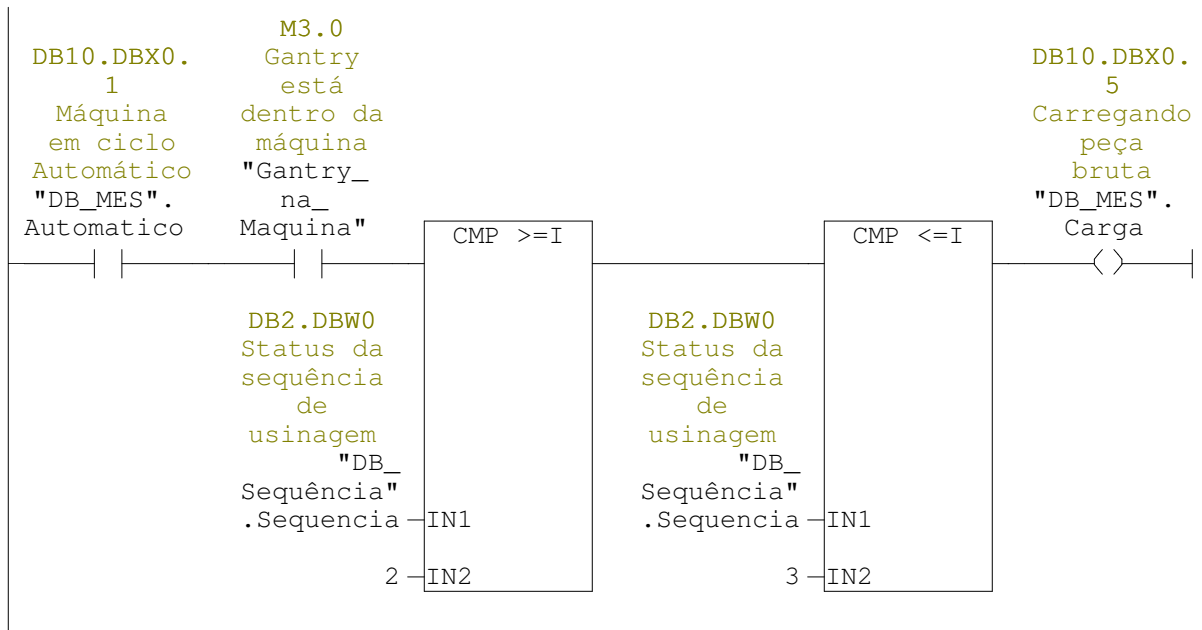
Network: 4 Bloqueado



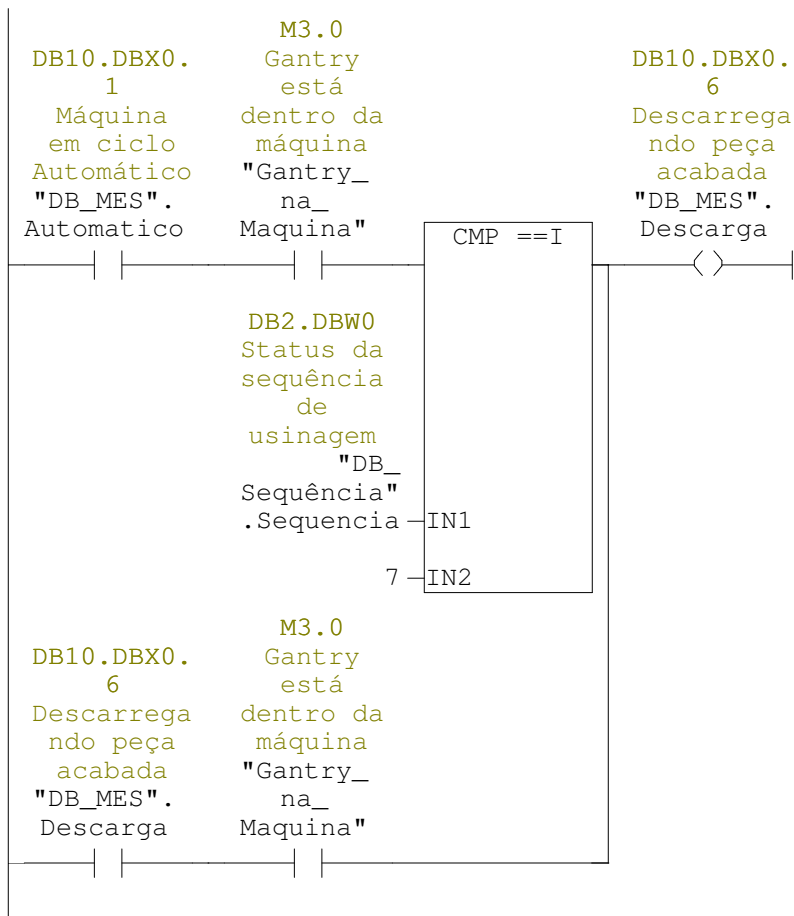
Network: 5 Espera



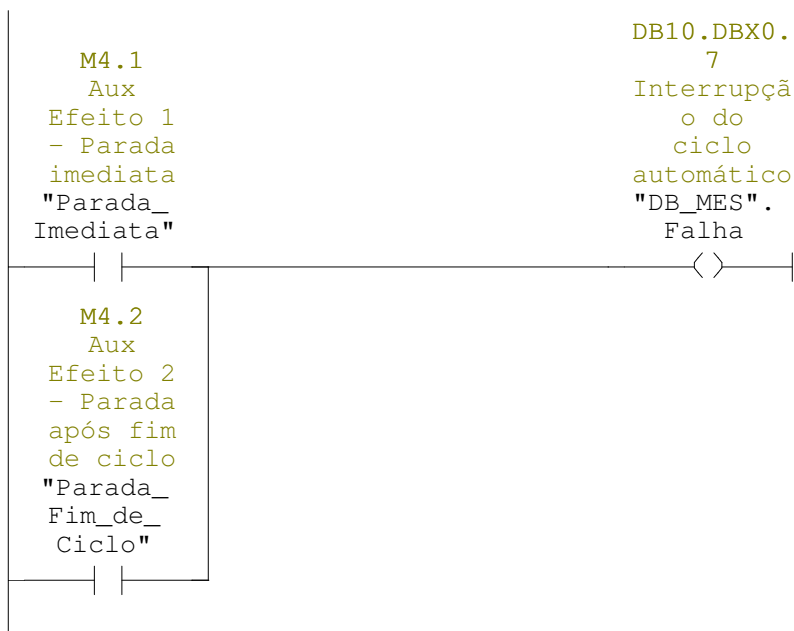
Network: 6 Carga



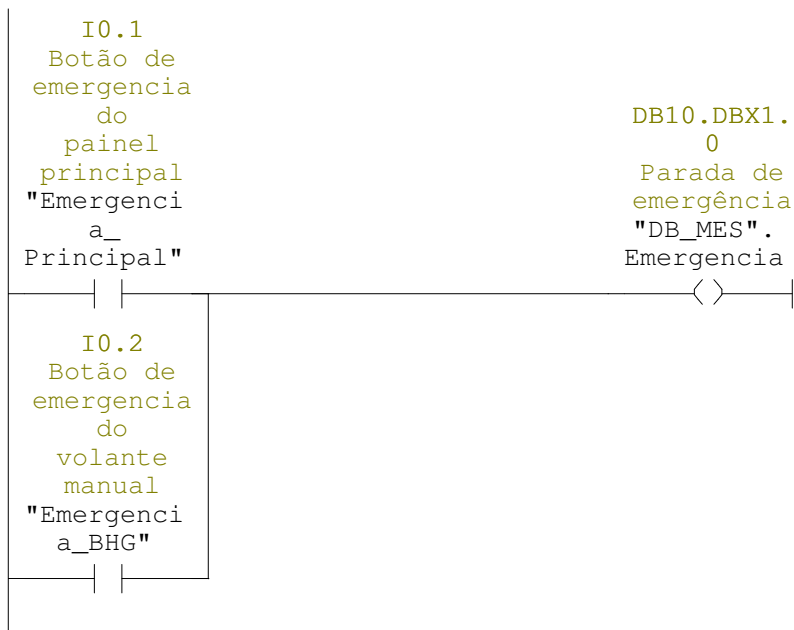
Network: 7 Descarga



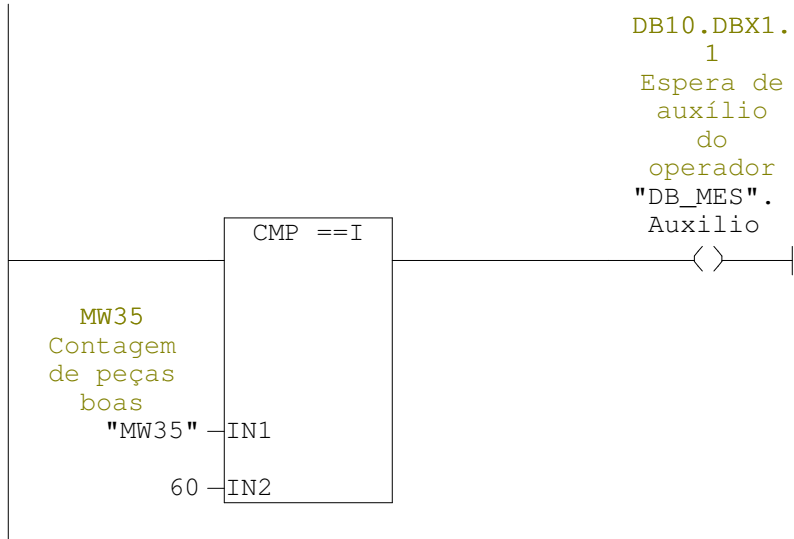
Network: 8 Falha



Network: 9 Emergência



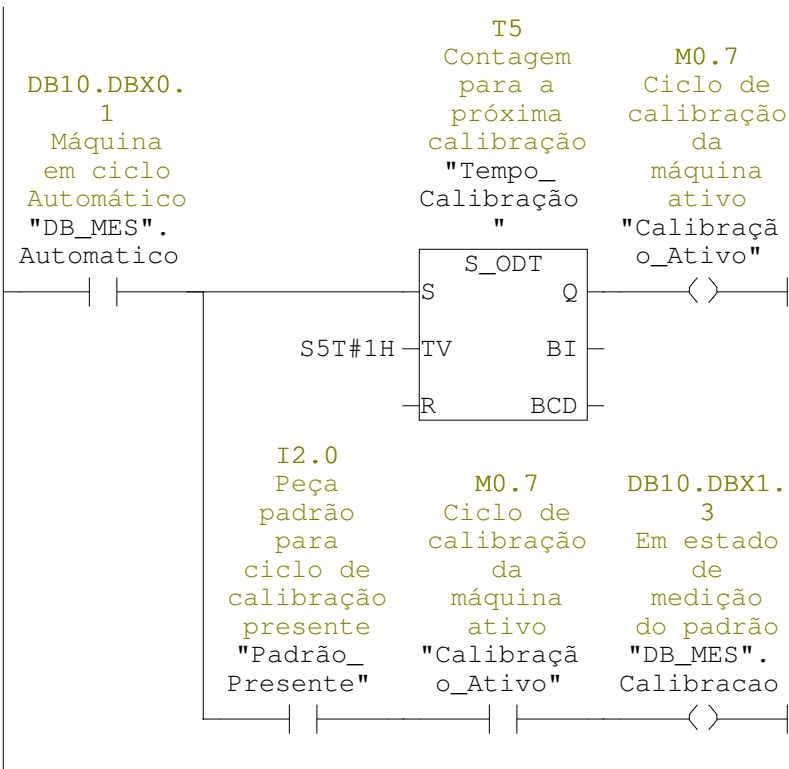
Network: 10 Esperando auxílio: Medição de peça



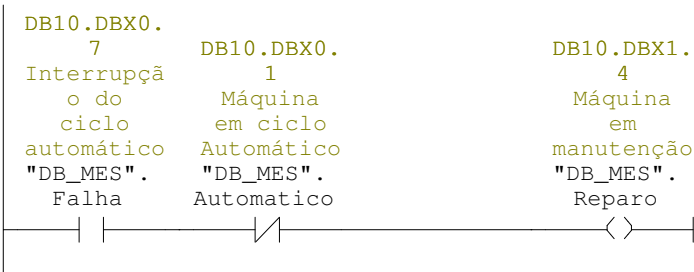
Network: 11 Bypass



Network: 12 Calibração



Network: 13 Máquina em manutenção



Network: 14 Troca de modelo de peça

<p>DB3.DBX1.0 Seleciona modo troca de modelo "DB_IHM". Setup</p>	<p>DB10.DBX1. 5 Troca de modelo de peça "DB_MES". Setup</p>
--	---

|-----|< >|-----|

Network: 15 Troca de ferramenta

<p>DB3.DBX1.1 Seleciona modo troca de ferramenta "DB_IHM". Troca_ Ferramenta</p>	<p>DB10.DBX1. 6 Troca de ferramenta "DB_MES". Troca_de_ Ferramenta</p>
---	--

|-----|< >|-----|

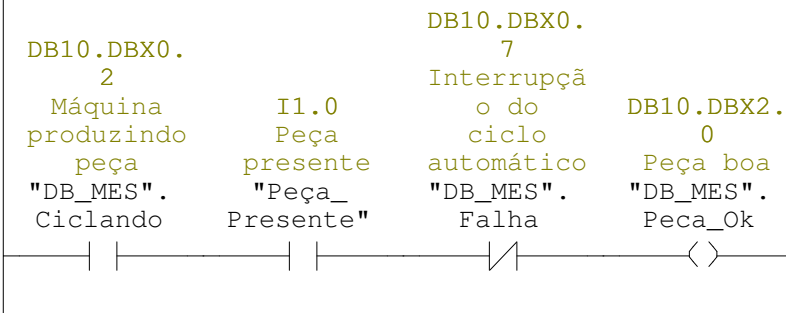
<p>M7.3 Fim de vida util da ferramenta "Fim_de_ vida_util"</p>	<p> ----- < > ----- </p>
--	--------------------------------

Network: 16 Contato livre (Spare)

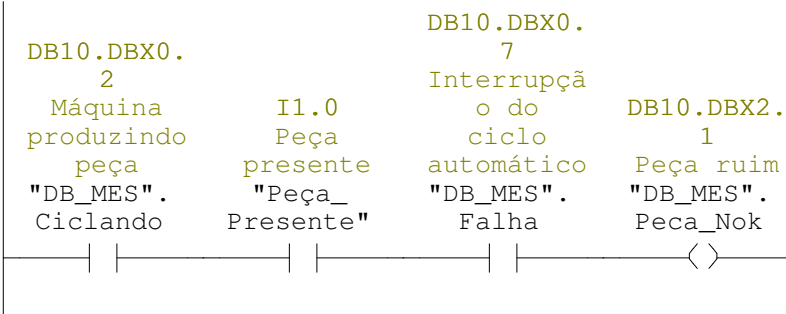
<p>M0.0 Sempre em Zero "M0.0"</p>	<p>DB10.DBX1. 7 Contato livre "DB_MES". Spare</p>
--	--

|-----|< >|-----|

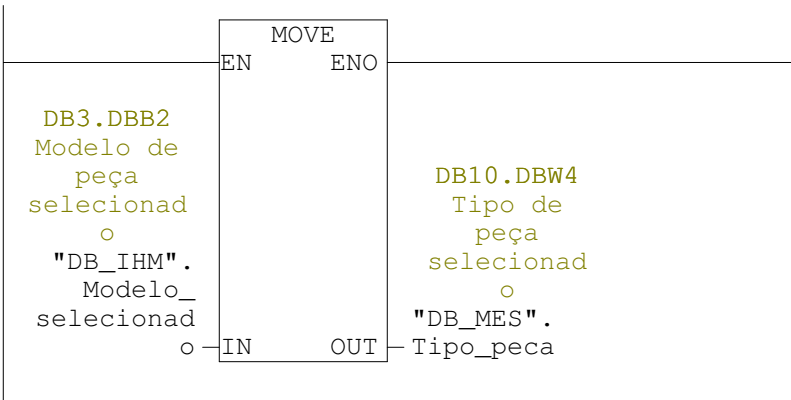
Network: 17 Peça Ok



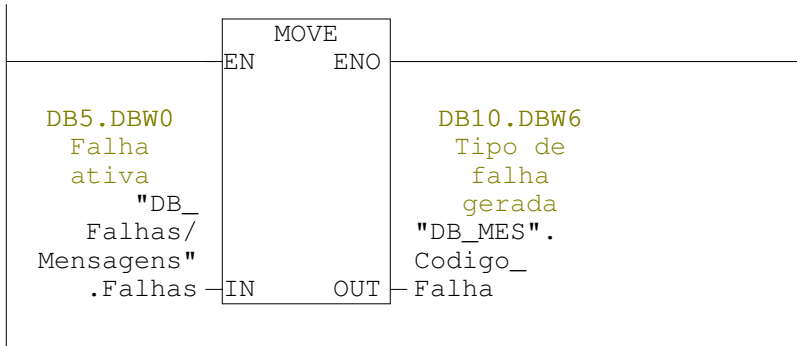
Network: 18 Peça Nok



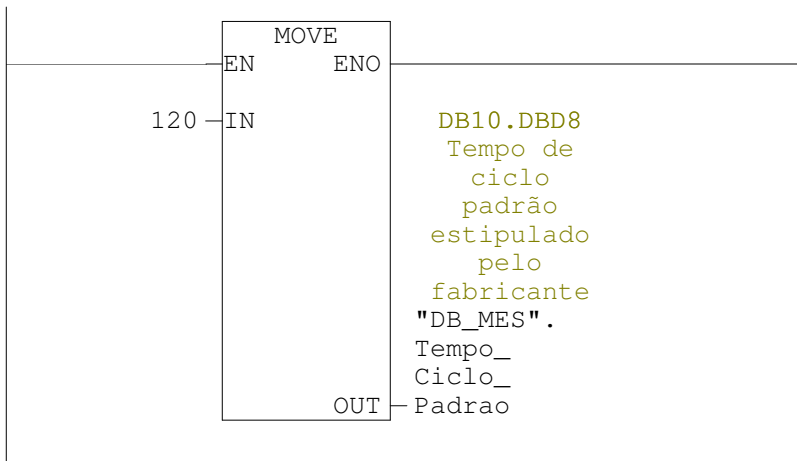
Network: 19 Tipo de Peça



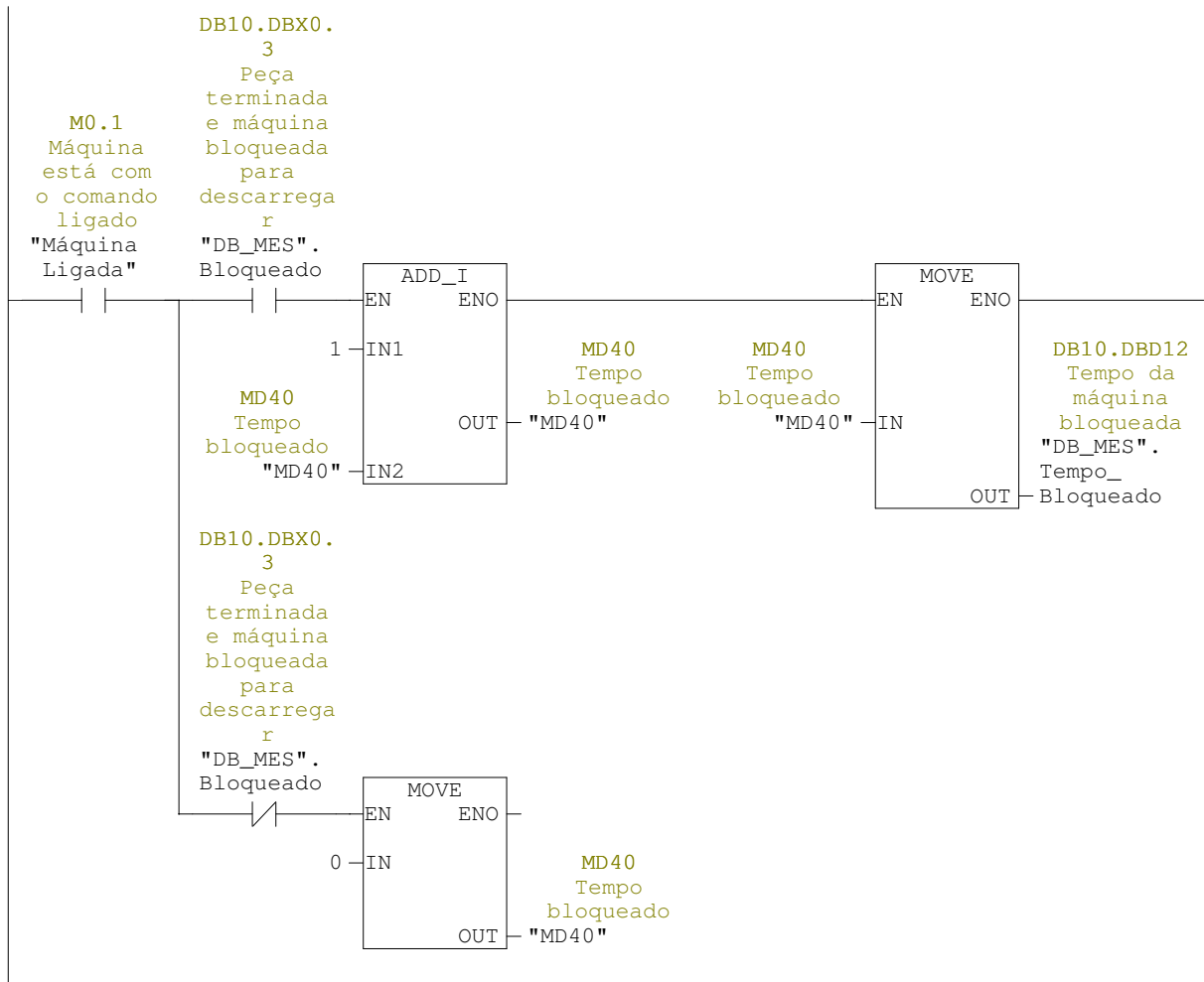
Network: 20 Código de falha presente



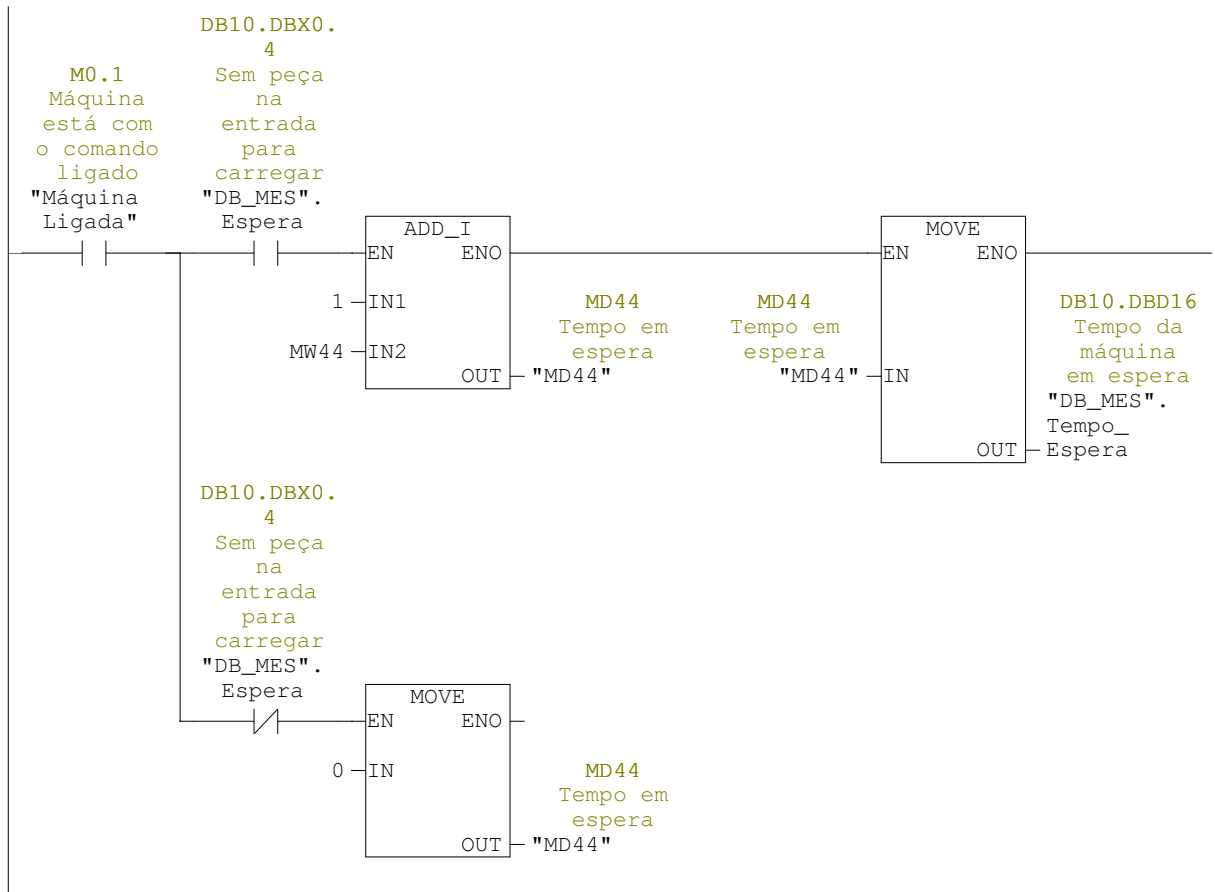
Network: 21 Tempo de ciclo padrão



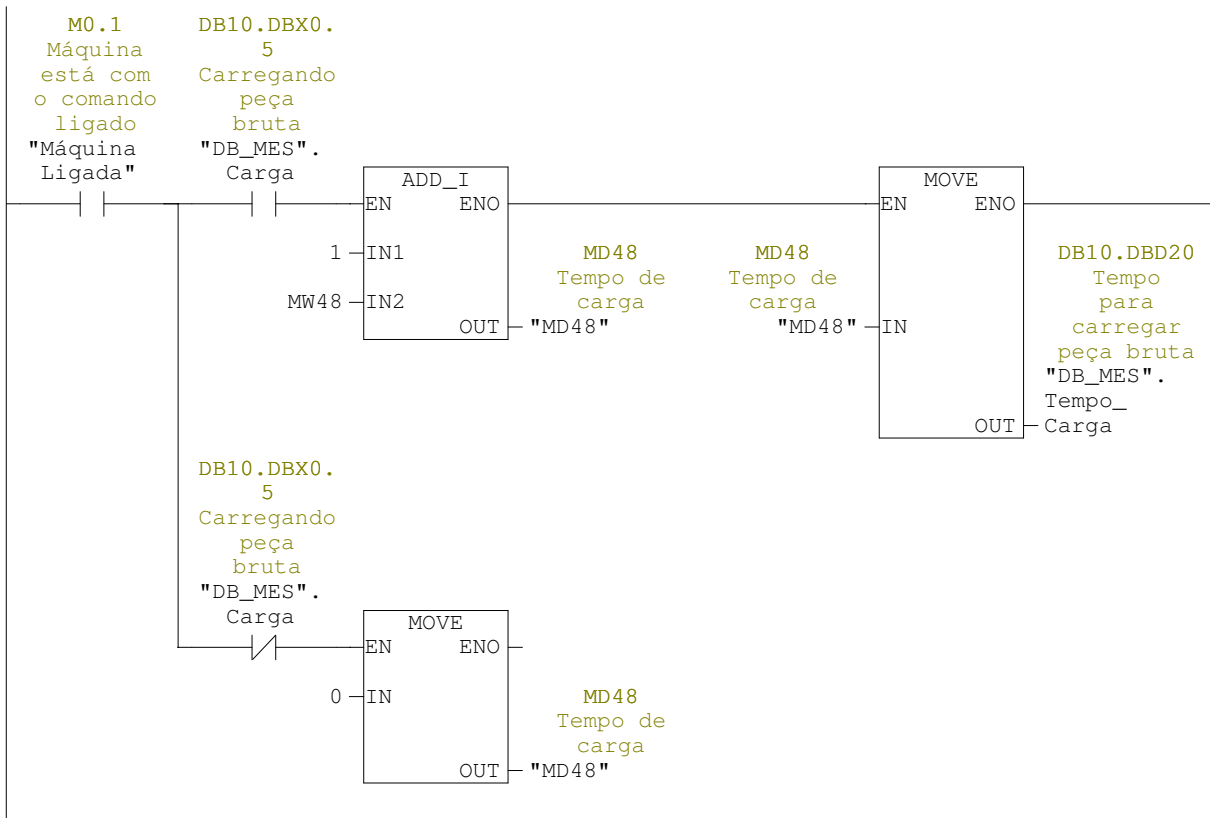
Network: 22 Tempo de máquina bloqueada



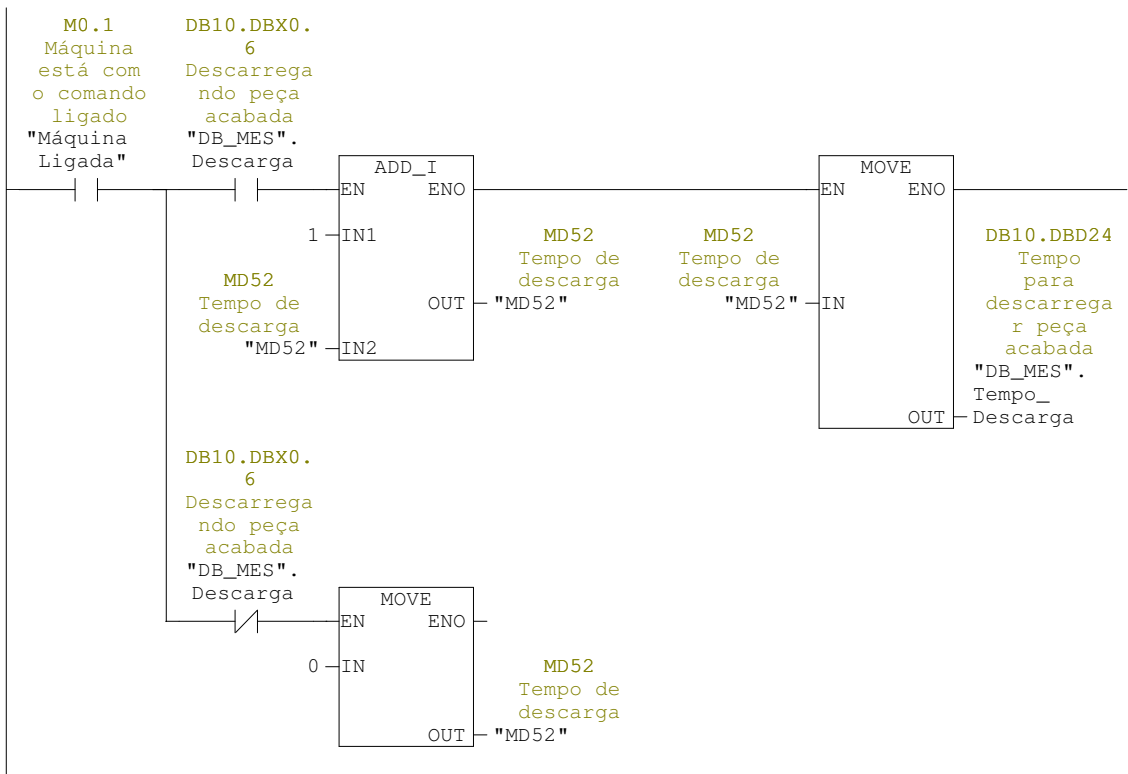
Network: 23 Tempo de máquina em espera



Network: 24 Tempo de carga



Network: 25 Tempo de descarga



Network: 26 Tempo da usinagem

