

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SCADA BASEADO NO SERVIDOR WEB SIMATIC - ESTUDO DE CASO EM PROCESSO DE ENVASE DE LÍQUIDO.

Anderson Silva ¹, Pâmela Lúcio ², Renato Campos ³, Rafael Oliveira ⁴,
Luís Quintino ⁵,

RESUMO

A quarta revolução industrial já está em curso, em meio a essa nova realidade tecnológica, a aplicação do sistema de supervisão e aquisição de dados, gerencialmente fortalece o plano de atuação das empresas, a geração de informações rápidas, precisas e principalmente úteis, garantindo uma estruturação de gestão diferenciada. Com isso, o objetivo deste artigo é mostrar os benefícios e vantagens, baseado no sistema supervisório SCADA automatizado, juntamente com CLP para controle e servidor web, apresentando o referencial teórico, ressaltando o seu conceito, importância, categorias, relações e o seu uso, com níveis hierárquicos superiores, por meio de uma rede local (interna). Foi realizado um estudo de caso, automatizando uma linha de envase de líquidos de uma empresa situada na cidade de São Paulo, através do sistema supervisório SCADA, expondo possíveis melhorias, flexibilidade, redução de custos na produção, disponibilidade da máquina e constatação de erros manuais na coleta de dados.

Palavras-Chave: SCADA, revolução industrial, web Server, envase, sistema supervisório, CLP.

¹Graduando em Engenharia Eletrônica pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade – SP, andersonchowchow@hotmail.com.

² Graduando em Engenharia Eletrônica pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade – SP, eng.pamelag@gmail.com.

³Graduando em Engenharia Eletrônica pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade – SP, renato.engenharia.itautech@hotmail.com.

⁴ Professor Orientador do curso de Graduando em Engenharia Eletrônica pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade – SP, profrafaeloliveira@gmail.com

⁵ Professor Orientador do curso de Graduando em Engenharia Eletrônica pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade – SP, luis.quintino@drummond.com.br

1. INTRODUÇÃO.

O comércio de cosméticos é bastante competitivo, e a tendência é que fique cada vez mais acirrada esta competição, no ano de 2011 alguns produtos foram responsáveis pela movimentação de US\$ 43 bilhões na economia brasileira. [ABRE]

Muitos dos produtos do comércio de cosméticos utilizam o processo de envase de líquidos, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE cerca de 5.195.250 empresas utilizam o processo de envase de líquidos [IBGE, 2012].

Visando um mercado cada vez mais competitivo e exigente, a inovação tecnológica tem que ser de grande importância nas indústrias, pois, qualquer descuido com a inovação pode levar uma organização a ruínas. [VICTOR, 2007].

Atualmente vivemos a quarta revolução industrial, a indústria 4.0 uma evolução que é definida por máquinas inteligentes, produção e sistemas que estão conectados, tendo assim um nível de organização e controle em todo ciclo de produção. Este novo modelo de indústria tem grande capacidade de armazenar, comunicar e analisar informações.

Um sistema que se enquadra em diversas aplicações e ferramentas da indústria 4.0 é o SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition - Controle supervisorio e aquisição de dados), um sistema que permite uma supervisão e controle do sistema, integrada com sensores, atuadores comunicando através de uma interface gráfica que se comunicam via rede industrial.

Sistemas de supervisorio possui uma combinação de pelo menos quatro subsistemas, sendo um computador central que atua como host ou servidor do sistema, um sistema de controle e aquisição de dados, uma rede de comunicação e uma interface operacional. Em questão aos controladores o CLP - Controlador Logico Programado, são os equipamentos chaves em uma aplicação na automação industrial. [APREPRO,2017]

O CLP integrado ao SCADA se enquadra ao novo perfil industrial, que permite o monitoramento na linha de produção, fazendo o levantamento de dados em sua produção, com tais informações se tem uma tomada de decisão mais adequada.

Este artigo mostra um estudo de caso de uma linha de produção de envase de liquido, sendo automatizada através do CLP, proporcionando a vistoria e o controle do processo pela interface web Server, utilizando o SCADA para os levantamentos de dados proporcionando maior flexibilidade, disponibilidade, rapidez em caso de constatação de falhas, reduzindo custos na produção.

2. REVISÃO TEÓRICA

Segundo Parede (2011), o conceito de automação encontra-se em processo de revolução, onde criar mecanismos que sejam capazes de atender a diferentes tipos de demanda, requer um conhecimento desenvolvido, envolvendo aplicação de tecnologias, métodos e ferramentas para acelerar processos e aumentar a eficiência do negócio com supervisão, enfatizando a redução da interferência humana durante a caminhada. (PAREDE, 2011, p.14).

“A automação num processo produtivo tem a finalidade de facilitar esses processos, acarretando na realização de sistemas otimizados capazes de produzir bens com menor custo, com maior quantidade, em menor tempo e com maior qualidade”. (ROSÁRIO; 2009, p.15)

A figura 1 é uma representação visual que visa organizar e ilustrar, de forma hierárquica, os cinco níveis de controle e de trabalho existentes no setor industrial e como tudo se relaciona na prática.

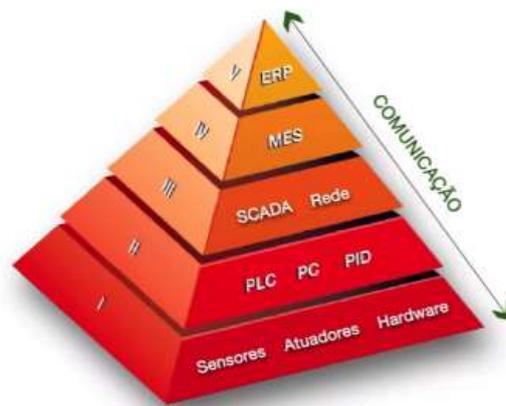


Fig.1. Pirâmide da Automação.

Fonte: <https://i0.wp.com/www.logiquesistemas.com.br/wp-content/uploads/2017/07/piramide-automacao.png?zoom=2&resize=503%2C396>

Toda empresa que procura estar atualizada em diversas informações, avaliando novos produtos ou mesmo, aqueles já existentes e que sejam concorrentes do seu produto, certamente se diferenciará. Para essas empresas o grande desafio é buscar tecnologias e transformá-las em

inovação, isso começa dentro do próprio ambiente de negócio, portanto, identificar as oportunidades e fazer destas uma janela para o sucesso, (SIEMENS; 2018).

Atualmente, a automação industrial desempenha um papel cada vez mais importante nas empresas, pois atendem em curto prazo, grande quantidade de produtos solicitada pela área de produção. É também com o seu uso, que empresas conseguem manter-se em um ambiente cada vez mais acirrado com a concorrência, pois inserida em um ambiente totalmente globalizado, garante uma qualidade cada vez maior aos seus produtos, com uma considerável redução de custo, em relação ao trabalho realizado por uma pessoa. (IBGE, 2012).

Um aspecto muito preocupante em qualquer linha de produção, sem dúvida é a segurança de seus funcionários, e a automação atua neste caso como um grande e poderoso aliado, pois interfere em trabalhos mais perigosos ou exaustivos executados por pessoas, que por sua vez podem desenvolver na empresa outra atividade, seja por uma reciclagem ou capacitação profissional para o seu enquadramento em um novo posto de trabalho. Isso agrega valor ao produto, pois muitos certificados de qualidade como a certificação ISO (International Organization for Standardization - Organização Internacional de Normatização), que imputa a empresa certificada, uma serie de normas que devem ser cumpridas em todos os processos da empresa.

A certificação ISO 9001; 2015 é uma norma de sistema de gestão da qualidade (SGQ) reconhecida internacionalmente, utilizada por organizações que desejam comprovar sua capacidade de fornecer produtos e serviços que atendem às necessidades de seus clientes e requisitos legais e regulatórios aplicáveis, com o objetivo de aumentar a satisfação do cliente por meio de melhorias de processo e avaliação da conformidade. (ISO:9001; 2015)

Automatizando tarefas de inspeção e melhorando o tempo de execução com ferramentas tecnológicas, as empresas evitam o grande número de retrabalho na linha de produção, pois tais tarefas executadas manualmente possibilitam erros ou esquecimentos que por sua vez causam perdas e atrasos no processo produtivo.

Outra vantagem de automatizar uma linha de produção é a sua flexibilidade, que permite adaptações em seu layout para atender uma determinada demanda, ou seja, explorando outros nichos no mercado, aumentando assim o número de produtos e de clientes.

O sistema de supervisão de dados de uma empresa pode ser feito por meio da aquisição de dados gerados pela integração do uso do CLP, integrado ao sistema SCADA que se comunica através de um PC com outras interfaces de comunicação da linha de produção para que seja reunida em uma única plataforma gerencial onde serão tomadas todas as decisões para aquisição, parada ou mudança em qualquer processo produtivo.

As tarefas executadas na linha de produção geram diversos dados, que são provenientes da integração do CLP com o software de supervisão SCADA e o monitoramento através do IHM- (Interface Homem Máquina) e servidor web/PC, ou seja, interfaces que fornece funções importantes a níveis gerenciais, com tomadas de decisões em relação às paradas de máquinas, faltam de matéria prima, quantidade e tempo de produção, disponibilidade e ociosidade. (ROSÁRIO; 2009).

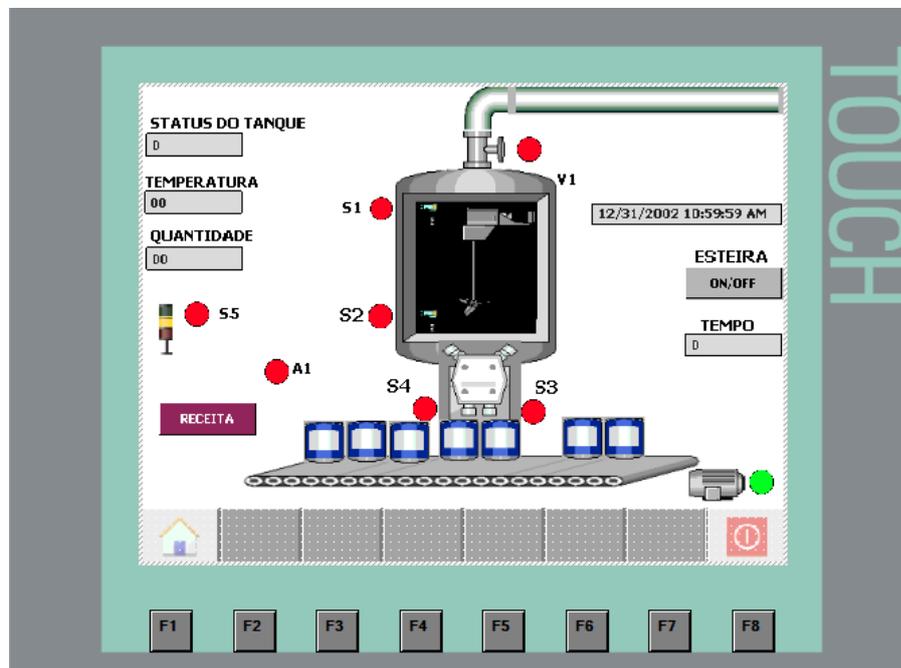


Fig. 2. Supervisório SCADA, FONTE; (AUTOR; 2017)

Para que as empresas atendam o atual mercado que é cada vez mais exigente, a manufatura deve disponibilizar produtos de qualidades, com rapidez, confiabilidade, flexibilidade e menor custo (GAGNON, 1999).

Empresas que produzem em grande massa e em continua produção os equipamentos devem tem elevada disponibilidade e confiabilidade, para se ter um auto desempenho na produção é necessário uma avaliação do desempenho global da manufatura, vista as causas de perdas na capacidade produtiva, medidas de melhoria podem ser aplicadas (JONSSON; 1999).

O Overall Equipment Effectiveness - OEE é uma das ferramentas importante no conceito da Manutenção Produtiva Total - TPM. O indicador OEE é o resultado de três parâmetros que têm um papel importante no conceito da TPM (FUENTES; 2006).

(Bariani & Del'Arco Júnior; 2006) definem os parâmetros como:

Disponibilidade: É a quantidade de tempo em que um equipamento esteve disponível para trabalhar comparado com a quantidade de tempo em que foi programado para trabalhar.

Desempenho (ou Performance): É o quanto o equipamento trabalha próximo do tempo de ciclo ideal para produzir uma peça.

Qualidade: É o número total de peças boas produzidas comparado com o número total de peças produzidas.

Cada índice e as principais falhas que interferem no seu desempenho:

TEMPO TOTAL DE OPERAÇÃO

Disponibilidade

A. Tempo de Operação Líquido Produção não-programada

B. Tempo de Rodada Setup falho

Desempenho

C. Output Buscado

D. Output Real Pequenas paradas

Qualidade

F. Output Bom

E. Output Real Refugo Retrabalho

A Eficiência Global do Equipamento pode ser representada por:

Eficiência Global do Equipamento (OEE) = Disponibilidade x Desempenho x Qualidade

Eficiência Global do Equipamento (OEE) = B/A x D/C x E/F

PRINCIPAIS PERDAS

DISPONIBILIDADE: Paradas identificáveis Falhas nos equipamentos e desgastes de ferramentas

Perdas com ajustes e setups

DESEMPENHO: Perdas com velocidade reduzida Down times e pequenas paradas

QUALIDADE: Defeitos de qualidade Perdas do processo [SETEC, 2008].

O indicador OEE sinaliza aos responsáveis pela manutenção em quais das seis grandes fontes de perdas precisam concentrar-se para aumentar o desempenho do equipamento e fazer melhorias direcionadas [FUENTES, 2006; BARIANI & DEL'ARCO JÚNIOR, 2006].

O uso do CLP em uma linha de produção de uma empresa fornece as ferramentas necessárias para uma automação com respostas e acionamentos em seus parâmetros, através de sua programação, tornando-o assim, um equipamento totalmente adaptável para qualquer utilização que seja empregado.

Segundo MORO um CLP na verdade nada mais é do que:

"Sistema eletrônico operando digitalmente, projetado para uso em um ambiente industrial, que usa uma memória programável para a armazenagem interna de instruções orientadas para o usuário para implementar funções específicas, tais como lógica, sequencial, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de entradas e saídas digitais ou analógicas, vários tipos de máquinas ou processos. O controlador programável e seus periféricos associados são projetados para serem facilmente integráveis em um sistema de controle industrial e facilmente usados em todas suas funções previstas".(MORO;2008)

No estudo apresentado, foi analisado o CLP da Siemens, modelo S7-1200, que possui diversas características técnicas que possibilitaram seu uso na linha de produção. De prática utilização, o CLP é configurado e programado pelo software TIA PORTAL V15, onde são escritos o código LADDER que armazena todas as tarefas por ele executado bem como suas rotinas de trabalho. Através da comunicação WEB, pode-se supervisionar, administrar e caso necessário, alterar qualquer que seja sua configuração em seus níveis hierárquicos, para otimizar ou até mesmo cancelar uma tarefa de algum dispositivo da linha conectado a ele. Isso permite seu acesso de qualquer plataforma WEB para que mesmo a distancia ou ali mesmo no chão de fábrica, sejam tomadas decisões para que a linha de produção seja sempre a mais produtiva e que mantenha o mínimo de tempo, para reparo de seus componentes em uma eventual manutenção. (SIEMENS, 2018).

O CLP é um dos dispositivos mais utilizados para controle e supervisão de processos produtivos automatizados.

O uso do CLP juntamente com sua IHM de controle e monitoramento, conectados a uma plataforma WEB, proporcionam a supervisão de fabrica, todos os principais parâmetros necessários para uma tomada de decisão que seja necessária para uma eventual manutenção, ou ate mesmo parada critica da linha produtiva.

Esse conceito de supervisão concentrada pode facilmente ser acessado de qualquer outro ponto da unidade fabril, por meio de uma rede local, ou até remotamente por meio dos protocolos de comunicação existentes nos modelos Siemens da família S7-1200. Isso amplia sua área de controle dentro é claro das hierarquias de gerenciamento previamente estabelecidas dentro da empresa.

Diretamente em contato com as I/Os (in / out) entradas e saídas, o CLP é responsável diretamente por executar as mais diversas tarefas da linha de produção, como abertura e fechamento de sensores, aumento ou diminuição de quantidade, liberação ou retenção de produtos/materiais pois recebe em suas entradas os sinais dos sensores, motores, esteiras e estabelece de forma

instantânea as suas saídas, de acordo é claro com seu código de programação preestabelecido na linguagem LADDER.

O LADDER por sua vez, concentra todos os parâmetros da configuração como ordem, quantidade, tempo de espera, velocidade entre outros, que são aplicadas diretamente nos periféricos de ação e controle da linha automatizada. Isso é feito na casa dos milissegundos e de forma ininterrupta até que seja interrompida ou pausada para alguma manutenção ou correção que venha ser necessário.

3. MATERIAIS E MÉTODOS.

Neste artigo visa à aplicação de um sistema supervisorio na coleta de dados automatizados, através do servidor web para monitoramento via rede, evidenciando sua eficácia em relação à coleta de dados manuais, os quais podem ser inseridos facilmente em uma planilha do OEE.

Através do estudo de caso realizado em uma empresa na cidade de São Paulo, esta utilizava as coletas de dados manualmente em uma máquina de envase de líquido com dois picos, na qual produz o produto "X", com tempo padrão de envase de 5,0 segundos. Na tabela I podemos observar as especificações da máquina.

Tabela 1: Detalhamento da máquina

Turno	Máquina	Capacidade Produtividade	Produto (tempo de Padrão)
8 horas ou 480 min.	Envasadora	25 peças/min	0,08 min/2peças

Fonte: (AUTOR; 2017)

Observa-se na tabela 2, as anotações manuais do operador, obtendo do início ao termino do expediente, as variáveis da duração em minutos, operação da máquina, tipo de produto e quantidade de peças boas e ruins produzidas.

Tabela 2: Folha de Registro Manual

Início	Parada	Período Minutos	Quantidade		Produto	Status
			Boas	Ruins		
08:00	08:15	15	0	0	---	Café da manhã/Operador

08:15	08:45	30	0	0	X	Preparação produto
08:45	10:45	120	2787	13	X	Produzindo
10:45	10:53	8	0	0	X	Reabastecimento Produto
10:53	12:00	67	1468	7	X	Produzindo
12:00	13:00	60	0	0	X	Refeição
13:00	15:00	120	2795	5	X	Produzindo
15:00	15:25	25	0	0	X	Reabastecimento Produto
15:25	16:30	65	1421	4	X	Produzindo
16:30	17:00	30	0	0	--	Limpeza e término

Fonte: (AUTOR; 2017)

Observa-se através dados mencionados, o tempo de trabalho da máquina, quantidade de cada produto, perdas da produção e seus indicadores, conforme tabelas 3, 4, e 5.

Tabela 3: Tempo de Produção Manual - Estado de trabalho em minutos

Status	Desprogramado	Programado	Parado
540	60	480	108

Fonte: (AUTOR; 2017)

Tabela 4: Tempo de Produção Manual - Produção Produto X

Produção de Produtos	
Indicador	X
Tempo produzindo	372
Produção Teórica	9300
Produção Efetiva	8500
Perda	-800

Fonte: (AUTOR; 2017)

Tabela 5: Tempo de Produção Manual- Percentual de Indicadores

Indicadores			
Disponibilidade	Desempenho	Qualidade	OEE
82,7%	91,4%	99,6%	75,3%

Fonte: (AUTOR; 2017)

Analisando os dados da tabela 5, com os resultados obtidos observar-se um equilíbrio entre a disponibilidade, desempenho e qualidade, porém estes dados são inseridos de forma manual, que podem estar submetido a erros e modificações por parte do operador. Esses erros e modificações podem gerar decisões erradas a nível gerencial da empresa.

Foi aplicado o SCADA, para supervisionar os mesmos dados das variáveis anteriores feita pelo operador, garantindo a confiabilidade de forma automática, no mesmo período de trabalho. A tabela 6 mostram os valores coletados automaticamente.

Tabela 6: Folha de Apontamento Automatizada

Início	Parada	Período Minutos	Quantidade		Produto	Status
			Boas	Ruins		
08:00	08:15	15	0	0	---	Café da manhã/Operador
08:15	09:05	50	0	0	X	Preparação produto
09:05	10:45	100	2787	13	X	Produzindo
10:45	11:15	30	0	0	X	Reabastecimento Produto
11:15	12:00	45	1468	7	X	Produzindo
12:00	13:00	60	0	0	X	Refeição
13:00	14:45	105	2795	5	X	Produzindo
14:45	15:05	20	0	0	X	Reabastecimento Produto
15:05	16:25	80	1421	4	X	Produzindo
16:25	17:00	35	0	0	--	Limpeza e término

Fonte: (AUTOR; 2017)

Após a aplicação do SCADA foi realizado o levantamento de coleta de dados automatizados e o estudo do OEE nas tabelas 7,8 e 9 abaixo:

Tabela 7: Tempo de Produção Automática - Estado de trabalho em minutos.

Status	Desprogramado	Programado	Parado
540	60	480	150

Fonte: (AUTOR; 2017)

Tabela 8: Tempo de Produção Automática - Produção Produto X

Produção de Produtos	
Indicador	X
Tempo produzindo	330
Produção Teórica	8250
Produção Efetiva	8500
Perda	-250

Fonte: (AUTOR; 2017)

Tabela 9: Tempo de Produção Automática - Percentual de Indicadores

Indicadores			
Disponibilidade	Desempenho	Qualidade	OEE
68,7%	103%	99,6%	70,5%

Fonte: (AUTOR; 2017)

Nas próximas tabelas 10 e 11, observa-se que a coleta de dados entre Manual e a Automatizada, ambas não sofrem alteração no índice de qualidade e na produção do produto X, com pouca diferença no OEE. Em relação aos outros indicadores, mostram a discrepância nas variáveis da duração de cada etapa de trabalho, nos dados anotados e na porcentagem da disponibilidade e do desempenho da máquina.

Tabela 10: Comparação Folha de Apontamento Manual e Automatizada.

Manual			Automatizada			Status
Início	Fim	Qtd. boas	Início	Fim	Qtd. boas	
08:00	08:15	0	08:00	08:15	0	Café da manhã/Operador
08:15	08:45	0	08:15	09:05	0	Preparação produto
08:45	10:45	2787	09:05	10:45	2787	Produzindo
10:45	10:53	0	10:45	11:15	0	Reabastecimento Produto
10:53	12:00	1468	11:15	12:00	1468	Produzindo
12:00	13:00	0	12:00	13:00	0	Refeição
13:00	15:00	2795	13:00	14:45	2795	Produzindo

15:00	15:25	0	14:45	15:05	0	Reabastecimento Produto
15:25	16:30	1421	15:05	16:25	1421	Produzindo
16:30	17:00	0	16:25	17:00	0	Limpeza e término

Fonte: (AUTOR; 2017)

Tabela 11: Comparação de Indicadores Manual e Automatizada.

Indicadores		
Indicador	Manual	Automatização
Disponibilidade	82,7%	68,7%
Desempenho	91,4%	103%
Qualidade	99,6%	99,6%
OEE	75,3%	70,5%

Fonte: (AUTOR; 2017)

Observa-se na tabela 11, que os indicadores demonstram uma diferença bastante relevante, pois na disponibilidade, há uma diferença 14% entre a porcentagem manual e automática, considerando que a máquina ficou muito tempo parado, outro indicador que sofreu uma divergência de 11,6% nas anotações, foi o desempenho da máquina, que trabalhou 3% a mais do seu limite máximo.

4. RESULTADOS E CONCLUSÕES

No caso estudado em relação às coletas de dados manual e automatizado, não houve alteração no processo produtivo, porém o tempo de trabalho da máquina diminuiu, ou seja, a disponibilidade da máquina esteve em maior tempo disponível para trabalhar comparado ao tempo que foi programada, e para atingir a produtividade ultrapassou o limite especificado do desempenho da máquina, gerando um impacto no tempo, pois a máquina trabalhou mais em menos tempo, isso pode ocasionar interferência na performance dos equipamentos, gerando prejuízos e retrabalhos.

Ao avaliar o sistema sem a aplicação de um sistema supervisor, mostra a dificuldade de identificação de problemas e suas causas no processo produtivo.

Outra vantagem de um sistema supervisor, é a praticidade de comunicação rápida através do servidor web via rede, que se interage com diversas plataformas de sistema operacionais,

podendo ser acessada por computadores, Smartphones e tablets, sendo monitorado pelo próprio operador no local através de um IHM, ou por qualquer setor da empresa autorizado.

Assim como foi mencionado por “Paredes, 2011, p.14, coleção técnica interativa. Série eletrônica, volume 6” ao criar mecanismos automatizados envolvendo aplicações de tecnologias reduz a interferência humana. Considerando os dados expostos, evidencia a grande discrepância entre os valores obtidos de coleta de dados manual e automatizada, aplicando um sistema supervisorio garante a confiabilidade dos dados para tomadas de decisões operacionais e administrativas.

5. AGRADECIMENTOS

A Deus, por da saúde e força para superar às dificuldades.

Aos meus pais e ao meu noivo, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Aos Profs. Rafael Oliveira e Luis Quintino pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho.

A esta universidade Carlos Drummond, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Meus agradecimentos ao amigo, Jorge L. Landim Graduando em Engenharia Eletrônica pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade – Tatuapé – SP, pelo apoio dado.

6. REFERÊNCIAS

ABRE ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM –
<http://www.abre.org.br/noticias/concorrencia-aquece-mercado-de-cosmeticos>. – Acessado em:
20/05/2018.

APREPRO - 2017 - Thiago Henrique de Lisboa e Silva (UFPR). ARTIGO REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE SISTEMA DE SUPERVISÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS (SCADA), FRETE À “INDÚSTRIA 4.0”

BARIANI, L.& DEL’ARCO JÚNIOR, A.P. UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO POR GRUPOS INTEGRADOS DE MANUFATURA PARA O CONTROLE DE INDICADORES DE PRODUÇÃO ENXUTA. REVISTA DE CIÊNCIAS HUMANAS, TAUBATÉ, V.12, N.1, P. 67-79, JAN./JUN, 2006.

FUENTES, F.F.E. METODOLOGIA PARA INOVAÇÃO DA GESTÃO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL. TESE (DOUTORADO EM ENGENHARIA MECÂNICA) UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, FLORIANÓPOLIS, 2006.

FRANCHI, CLAITON MORO CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS - SISTEMAS DISCRETOS / CLAITON MORO FRANCHI, VALTER LUÍS ARLINDO DE CAMARGO. - 1. ED. - SÃO PAULO: ÉRICA, 2008.

GAGNON, STÉPHANE. RESOURCE-BASED COMPETITION AND THE NEW OPERATIONS STRATEGY. INTERNATIONAL JOURNAL OF OPERATIONS AND PRODUCTION MANAGEMENT, V.19, N.2, P.125-138, 1999. <http://dx.doi.org/10.1108/01443579910247392>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. PESQUISA INDUSTRIAL 2015 PRODUTO. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/industria/9042-pesquisa-industrial-anual.html?=&t=resultados> – Acessado em: 20/05/2018.

ISO 9001:2015 CERTIFICAÇÃO. <http://www.lrq.com.br/certificacao/iso-9001-sistemas-de-gestao-da-qualidade..> Acessado em: 23/06/2018.

JONSSON, P.; LESSHAMMAR, M. EVALUATION AND IMPROVEMENT OF MANUFACTURING PERFORMANCE MEASUREMENT SYSTEMS – THE ROLE OF OEE. INTERNATIONAL JOURNAL OF OPERATIONS AND PRODUCTION MANAGEMENT, V. 19, N. 1, P. 55-78, 1999. <http://dx.doi.org/10.1108/01443579910244223>.

MICHEL VICTOR, COURTY - GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/419. Acessado em: 16/06/2018.

PAREDE, ISMAEL MOURA ELETRÔNICA: AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL / ISMAEL MOURA PAREDE, LUIZ EDUARDO LEMES GOMES (AUTORES); EDSON HORTA (COAUTOR), LUIZ CARLOS DA CUNHA E SILVA (REVISOR); JUN SUZUKI (COORDENADOR). -- SÃO PAULO: FUNDAÇÃO PADRE ANCHIETA, 2011 (COLEÇÃO TÉCNICA INTERATIVA. SÉRIE ELETRÔNICA, VOLUME 6).

ROSÁRIO, JOÃO MAURICIO. AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL. SÃO PAULO: BARAÚNA, 2009.

SETEC CONSULTING GROUP. APOSTILA SETEC CONSULTING GROUP TREINAMENTO SEIS SIGMA GREEN BELT – MELHORIA DMAIC, REVISÃO 5, 2008.

SIEMENS / 2018 - CATÁLOGO SIMATIC S7-1200 SIEMENS PDF. DISPONIVEL EM: https://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/automacao-e-controle/automacao-industrial/simatic-plc/s7-cm/s7-1200/documents/brochura_simatic_s7_1200_portugues.pdf .Acessado em: 16/06/2018.