

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
JORDAN DE OLIVEIRA SILVA**

**ESTUDO COMPARATIVO DOS BENEFÍCIOS DA AUTOMAÇÃO DO PROCESSO
DISCRETO DE CARBONATAÇÃO EM UMA EMPRESA DE CARBONATO DE
CÁLCIO PRECIPITADO SITUADA EM ARCOS – MG**

**FORMIGA – MG
2010**

JORDAN DE OLIVEIRA SILVA

**ESTUDO COMPARATIVO DOS BENEFÍCIOS DA AUTOMAÇÃO DO PROCESSO
DISCRETO DE CARBONATAÇÃO EM UMA EMPRESA DE CARBONATO DE
CÁLCIO PRECIPITADO SITUADA EM ARCOS – MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenação geral de graduação do UNIFOR-MG, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

**FORMIGA - MG
2010**

JORDAN DE OLIVEIRA SILVA

**ESTUDO COMPARATIVO DOS BENEFÍCIOS DA AUTOMAÇÃO DO PROCESSO
DISCRETO DE CARBONATAÇÃO EM UMA EMPRESA DE CARBONATO DE
CÁLCIO PRECIPITADO SITUADA EM ARCOS – MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
coordenação geral de graduação do UNIFOR-
MG, como requisito para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção.

BANCA EXAMINADORA

Prof.º Marcelo Carvalho Ramos
Orientador

Examinador
UNIFOR-MG

Formiga, Junho 2010

Dedico este trabalho a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para sua concretização, que sempre ressaltaram a importância de uma formação.

A Deus por me permitir viver.

A família: Joana, Jose, Helen e Jadson pelo apoio e incentivo inquestionável.

Aos amigos Bruno, Felipe e Adriano pelo companheirismo e ajuda.

Aos professores do UNIFOR-MG em especial Marcelo e Jussara pela dedicação e paciência.

A todos vocês muito obrigado.

“As empresas precisam de uma nova engenharia, pela necessidade de organização de seus processos produtivos.

As empresas precisam de engenheiros de produção.”
(Marcelo Carvalho Ramos, coordenador do curso de engenharia de produção UNIFOR-MG).

RESUMO

Ao longo dos anos os processos de produção vêm se modernizando, sempre no intuito de beneficiar o homem na tomada de decisão. Muitas técnicas são utilizadas nessa modernização, e a automação encontra-se no centro, por ser uma junção de dispositivos que agregam valor ao produto. O processo de produção de carbonato de cálcio no Brasil era marcado pelo baixo índice de tecnologias e a falta de investimentos em pesquisas de melhorias. Isso se perdurou por vários anos devido à falta de concorrência no mercado. Com o atual desenvolvimento tecnológico, houve um aumento considerável no processo produtivo, tal crescimento de produtividade está associado aos estudos desenvolvidos sobre sistemas de produção discretos. Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso que salienta os benefícios de um processo produtivo automatizado em uma planta produtora de carbonato de cálcio precipitado.

A coleta de dados tem o objetivo de avaliar as vantagens obtidas pela empresa A com a automação, e confrontá-los com os resultados obtidos pela empresa B, durante a produção de carbonato de cálcio precipitado na etapa de carbonatação, a pesquisa teve como base os dados referentes ao segundo semestre de 2009, com o propósito de calcular as despesas nessa etapa, identificando quais os fatores que oneram no custo.

Foi feito um fluxograma do utilizando o software PowerPoint versão 2003 para o detalhamento do processo de carbonatação na empresa A e na empresa B, indicando os instrumentos de medição.

A análise dos gráficos apresenta em todos os requisitos um melhor desempenho da empresa A em relação à empresa B, e todos os resultados apontam que esse melhor desempenho deve-se a automação presente na empresa A. Com uma oferta de PCC maior que a demanda no mercado e as empresas trabalhando com o conceito de hiper-competitividade é fundamental ter um processo automatizado. Destaca-se também como ponto forte da empresa A, a facilidade nas análises dos dados, proporcionando assim uma melhora na manutenção do sistema de gestão da produção e do gerenciamento da manutenção industrial, proporcionado pela facilidade de percepção de desvios no processo, e esse fato contribuiu para que a empresa A conquistasse a liderança de mercado.

Palavras-chaves: carbonato de cálcio precipitado, automação, carbonatação, benefícios da automação.

ABSTRACT

Over the years the production processes have been modernizing, where in order to benefit the man in decision making. Many techniques are used in this modernization, and automation is at the center, being junction devices that add value to the product. The production of calcium carbonate in Brazil was marked by low technology and lack of investment into research and improvements. This is continued for several years due to lack of market competition. With the current technological development, there was a considerable increase in the production process, this productivity growth is associated with studies conducted on discrete production systems. This paper aims to present a case study that highlights the benefits of an automated production process at a plant producing precipitated calcium carbonate.

Data collection has to evaluate the benefits obtained by the company with automation, and compare them with results obtained by the Company B, during the production of precipitated calcium carbonate in the carbonation step, the research was based on the Data for the first and second half of 2009 with the purpose of calculating the costs at this stage, identifying which factors contribute to the cost.

Was done using a flow chart of the PowerPoint software version 2003 for detailing the process of carbonation in Company A and Company B, indicating the measuring instruments.

The analysis of graphs presented in all conditions a better performance of the company in relation to company B, and all results indicate that better performance is due to automation in this company A. Offering PCC higher than demand in the market and companies working with the concept of hyper-competitiveness is essential to have an automated process. It also stands out as a strong point of the company, the ease in data analysis, thus providing an improvement in the maintenance management system of production and management of industrial maintenance, facilitated by the ease of perception of deviations in the process, and this fact helped the company gain the market leadership.

Keywords: precipitated calcium carbonate, automation, carbonation, the benefits of automation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pirâmide da automção.....	16
Figura 2 - Sistema de controle dinâmico.....	18
Figura 3 – Sistema de controle de velocidade.....	19
Figura 4 – Sistema de controle de temperatura.....	20
Figura 5 – Automação industrial – topologia.....	22
Figura 6 – Configuração física e com CLP.....	24
Figura 7 – Controllogix 550.....	24
Figura 8 – controladores 500/02.....	25
Figura 9 – controladores 5/80.....	25
Figura 10 – Exemplo de uma tela de supervisório para controle e monitoração.....	28
Figura 11 – Tela de supervisório com objetos animados.....	29
Figura 12 – Tela de supervisório – lingotamento contínuo.....	30
Figura 13 – Tela de supervisório – área de dosagem e secreção de carvão.....	31
Figura 14 – Tela de entrada de valores de receita de produção.....	32
Figura 15 – Mapa do processo da empresa A.....	41
Figura 16 – Mapa do processo da empresa B	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tabela para obtenção de dados	37
Tabela 2 -- Coleta de dados da empresa A X B.....	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Custo médio de mão de obra por tonelada de carbonato.....	45
Gráfico 2 – Custo médio de energia elétrica por tonelada de carbonato....	46
Gráfico 3 – Consumo médio de CO_2 por tonelada de carbonato.....	47
Gráfico 4 – Tempo médio gasto na produção de uma tonelada de carbonato.....	47
Gráfico 5 – Média da quantidade mensal de produto fora de especificação decorrente de problemas oriundos da etapa de carbonatação.....	48
Gráfico 6 – Tempo médio gasto na carga e descarga de uma batelada de carbonato.....	49

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Problema	13
1.2 Justificativa.....	13
1.3 Objetivos.....	13
1.3.1 Objetivo Geral.....	13
1.3.2 Objetivos Específicos.....	13
2.0 REFERÊNCIAL TEÓRICO	14
2.1. Automação.....	14
2.1.1 Controle.....	16
2.1.2 Sensores e Atuadores	20
2.1.3 Controladores Lógicos Programáveis CLP's	21
2.1.4 Sistemas Supervisórios.....	25
2.1.5 SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition (Aquisição de Dados e Controle Supervisório) ..	26
2.2 Carbonato de Cálcio Precipitado.....	32
2.3. Sistemas de Produção	34
3.0 METODOLOGIA.....	36
3.1 Classificação da Pesquisa	36
3.2 Coleta de Dados.....	37
3.3 Caracterização do Objeto.....	38
4.0 ANÁLISE E RESULTADOS.....	39
4.1 Mapeamento do Processo	39
4.2 Comparação dos Benefícios da Automação.....	42
5.0 CONCLUSÃO	47
6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1.0 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos os processos de produção vêm se modernizando, sempre no intuito de beneficiar o homem na tomada de decisão. Muitas técnicas são utilizadas nessa modernização, e a automação encontra-se no centro, por ser uma junção de dispositivos que agregam valor ao produto.

O crescimento da automação industrial nas últimas décadas se deve a necessidade de substituir sistemas ultrapassados e muito manuais, por sistemas modernos e de controle automático (MAITELLI, 2003). O sistema que utiliza ferramentas mecânicas, eletrônicas e ou computacionais em seu monitoramento pode-se considerar automatizado (MAITELLI, 2003). Assim a utilização de um hardware de controle proporciona a leitura e o armazenamento de dados do processo, que empregado com técnicas de controle garantem a veracidade dos dados. Entretanto para acessar esses dados, seria necessário um contato direto com o hardware, tornando trabalhosa ou inviável essa atividade, dependendo da localização do mesmo.

O processo de produção de carbonato de cálcio no Brasil era marcado pelo baixo índice de tecnologias e a falta de investimentos em pesquisas de melhorias. Isso se perdurou por vários anos devido à falta de concorrência no mercado.

A situação porém vem mudando em ritmo cada vez mais acelerado, devido a unidades fabris modernas atuantes no setor, que investem na melhoria contínua e no desenvolvimento de novos produtos.

A automação do processo agrega um valor competitivo a essas novas unidades, uma vez que a redução de preços ainda é uma estratégia muito utilizada pelas empresas do setor, e um processo automatizado permite um acompanhamento sistêmico do produto e das variações decorrentes ao longo das etapas de produção.

1.1 Problema

Quais são os benefícios conquistados com um sistema discreto de produção automatizado?

1.2 Justificativa

Com o atual desenvolvimento tecnológico, houve um aumento considerável no processo produtivo. Tal crescimento de produtividade está associado aos estudos desenvolvidos sobre sistemas de produção discretos.

Este trabalho justifica-se por apresentar os ganhos gerados pela automação em uma empresa de carbonato de cálcio precipitada localizada na região centro-oeste de Minas Gerais através de um estudo comparativo que demonstra as práticas reais adotadas pelas empresas proporcionada pela abertura de seu processo produtivo .

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar um estudo comparativo que salienta os benefícios de um processo produtivo automatizado em uma planta produtora de carbonato de cálcio precipitado.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Mapear a automação na etapa de carbonatação, e apontar os benefícios da automação na etapa de carbonatação.
- Comparar os resultados de uma planta que possui a etapa de carbonatação automatizada com uma planta que não possui.

2.0 REFERÊNCIAL TEÓRICO

O referencial abordará capítulos sobre automação, carbonato de cálcio precipitado e sistemas de produção, afim fornecer o entendimento e do estudo.

2.1. Automação

Segundo (MORAIS, CASTRUCCI, 2001, p. 12) a palavra *automation* foi criada pelo marketing da indústria de equipamentos na década de 1960, pois buscava enfatizar a participação do computador no controle automático industrial. Entende-se por automação um sistema apoiado por computadores que busca substituir o trabalho humano para trazer segurança, qualidade dos produtos, rapidez da produção ou redução de custos, aperfeiçoando assim objetivos de indústrias e serviços.

O crescimento da automação industrial nas ultimas décadas se deve a necessidade de substituir sistemas ultrapassados e muito manuais, por sistemas modernos e de controle automático (MAITELLI, 2003). O sistema que utiliza ferramentas mecânicas, eletrônicas e ou computacionais em seu monitoramento pode-se considerar automatizado (MAITELLI, 2003). Assim a utilização de um hardware de controle proporciona a leitura e o armazenamento de dados do processo, que empregado com técnicas de controle garantem a veracidade dos dados. Entretanto para acessar esses dados, seria necessário um contato direto com o hardware, tornando trabalhosa ou inviável essa atividade, dependendo da localização do mesmo.

O uso do sistema supervisorio auxilia nessa necessidade coletando os dados dos hardwares localizados no processo automaticamente, convertendo esse dado em informação e permitindo alterações de parâmetros necessários na supervisão do processo Lyng e Yu (2002).

De acordo com Moraes e Castrucci (2007) a automação industrial exige muitas funções:

- Nível 1: é nível das maquinas, dispositivos e componentes (chão de fabrica). Ex.: maquinas de embalagem, linha de montagem ou manufatura.
- Nível 2: é o nível dos controladores digitais, dinâmicos e lógicos e algum tipo de supervisão associada ao processo. Aqui se encontram concentradores

de informação sobre o nível 1, e as interfaces homens-máquina (IHM) que são hardwares usados no campo.

- Nível 3: proporciona o controle do processo produtivo da planta; normalmente é constituída por bancos de dados com informações de índices de qualidade da produção, relatórios e estatísticas de processo, índices de produtividade, algoritmos de otimização da operação produtiva. Ex.: avaliação e controle da qualidade em processo químico ou alimentício; supervisão de um laminador de tiras a frio.
- Nível 4: é o nível responsável pela programação e pelo planejamento da produção, realizando o controle e a logística dos suprimentos. Ex.: controle de suprimentos e estoques em função da sazonalidade e da distribuição geográfica .
- Nível 5: é o nível responsável pela administração dos recursos da empresa, em que se encontram os softwares para gestão de vendas e gestão financeira; é também onde se realizam a decisão e o gerenciamento de todo o sistema.

Analisar e entender a pirâmide da automação trará uma melhor compreensão sobre um processo automatizado.



Figura 1: Pirâmide de automação
Fonte: Morais e Castrucci (2007)

A pirâmide de automação na figura 1 expressa os diferentes níveis de automação encontrados em uma planta industrial.

O controle automático a ser abordado a seguir, também tem se tornado de suma importância nos processos industriais e de produção, pois permite o controle de variáveis como pressão, temperatura, umidade, viscosidade, vazão, entre outros. (OGATA, 2003).

2.1.1 Controle

O controle automático tem sido de vital importância para o desenvolvimento da engenharia e da ciência tem sido muito importante também no auxílio de pesquisas de sistemas de veículos espaciais, sistemas de direcionamento de mísseis sistemas robóticos e outros. O controle automático também tem se tornado de suma importância nos processos industriais e de produção, pois permite o controle de variáveis como pressão, temperatura, umidade, viscosidade, vazão, entre outros. (OGATA, 2003).

Ogata (2003) afirma também que para se discutir sobre sistemas de controle é necessário conhecer algumas definições de terminologias como:

- Variável controlada e variável manipulada. Variável controlada define-se como a grandeza ou condição medida e ou controlada, já a variável manipulada é a grandeza que pode ser modificada pelo controlador.
- Controlar significa medir o valor da variável controlada e utilizar a variável manipulada para corrigir e determinar os limites de atuação.
- Sistemas a controlar ou plantas são o equipamento ou parte dele que funcione de maneira integrada para realização de determinada operação.
- Processo se define como uma operação natural de progresso contínuo, com uma serie de modificações que avança em direção a determinado estado ou objetivo.
- Sistema é uma quantidade de componentes que atuam em conjunto a fim de realizar determinado objetivo, sistema não é apenas algo físico, pode ser aplicado também em fenômenos abstrato.
- O sinal que tenta afetar de maneira adversa o valor da variável de saída de um sistema é chamado de distúrbio, se ele é gerado dentro do sistema ele é chamado de distúrbio interno, o que se encontra fora do sistema e se comporta como um sinal de entrada é chamado de externo. Controle com realimentação, na presença de distúrbios tende a diminuir a diferença entre a saída e alguma entrada de referencia.

Morais e Castrucci (2007) dizem que o controle tem que estabelecer o comportamento estático e dinâmico dos sistemas físicos, tornando-o mais obediente aos operadores e menos vulneráveis a perturbações dentro de certos limites. Utiliza medida de variáveis internas ou de saída do sistema, trabalhando num processo de realimentação ou feedback em torno do sistema original, ou seja, o sistema terá padrões estabelecidos, controlando as novas entradas de acordo com os valores desses padrões, este conceito possui um valor tecnológico muito grande se tratando do aperfeiçoamento de processos, tanto em velocidade e precisão como em custo.

Para Moraes e Castrucci (2007, p. 06) “realimentação negativa é aquela em que, pelo menos numa faixa de frequências, o erro da saída do processo em relação ao seu valor ideal passa por uma inversão intencional de sinal algébrico” entende-se então que o sinal sofrerá mudanças com o objetivo de corrigir possíveis erros de informação.

O controle dinâmico também possui outras técnicas como a pré-alimentação, alimentação avante, e controle por antecipação que consiste em injetar um sinal de polaridade na entrada do processo a fim de diminuir as perturbações, o ponto forte do controle por realimentação e que não precisa conhecê-lo antecipadamente para medir as oscilações no processo Moraes e Castrucci (2007).

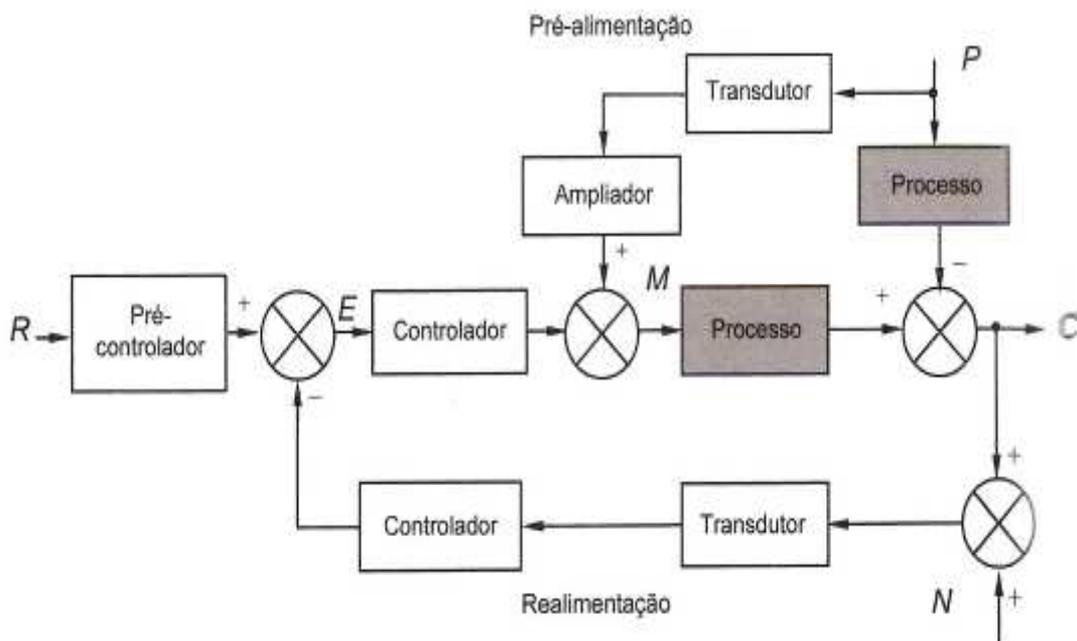


Figura 2: Sistema de controle dinâmico
Fonte: Moraes e Castrucci (2007)

A figura 2 mostra um processo simples de uma só variável onde:

C= variável controlada de qualquer natureza física como vazão, nível, pressão, temperatura, velocidade, posição corrente elétrica etc.

P= perturbação, significativa no processo que leva a C.

R= variável de referência (set point).

M= variável manipulada, geralmente de grandeza diferente de C.

E= erro atuante, a diferença entre C e R.

N= ruído na medida da variável de saída C.

Este é apenas um exemplo de controle dinâmico dos vários existentes, para cada processo há um sistema de controle como apresentado no próximo capítulo.

2.1.1.2 Exemplos de Sistemas de Controle

Ogata (2003) exemplifica o sistema de controle de velocidade um regulador de Watt para um motor ilustrado na figura 3, onde uma válvula controlada pelo cilindro de potência regula a entrada do combustível no motor partindo da carga.

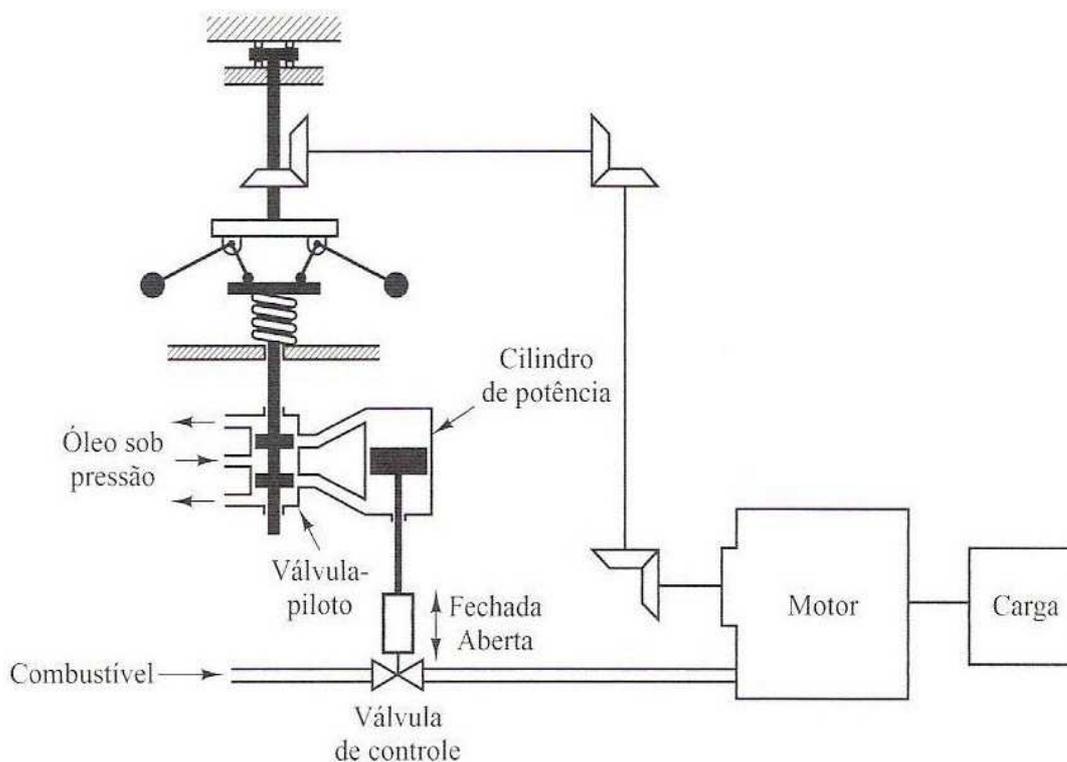


Figura 3: Sistema de controle de velocidade
Fonte: Ogata (2003)

Pode-se estabelecer a seqüência de ações de maneira que o regulador de velocidade é ajustado na velocidade desejada de modo que não haja fluxo de óleo sob pressão em ambos os lados do cilindro de potencia, se ocorre um distúrbio e a velocidade cai abaixo do valor desejado, então o regulador de velocidade causa uma diminuição na força centrífuga e a válvula de controle move-se para baixo fornecendo mais combustível, aumentando conseqüentemente a velocidade ate o valor desejado, mas se a velocidade do aumenta acima do valor desejado o regulador sofrerá um aumento na força centrífuga fazendo com que a válvula de controle se mova para cima diminuindo o suprimento do motor fazendo com que sua velocidade atinja o valor desejado.

Ogata (2003) exemplifica também um sistema de controle de temperatura de um forno elétrico, um termômetro mede a temperatura do forno que um dispositivo analógico.

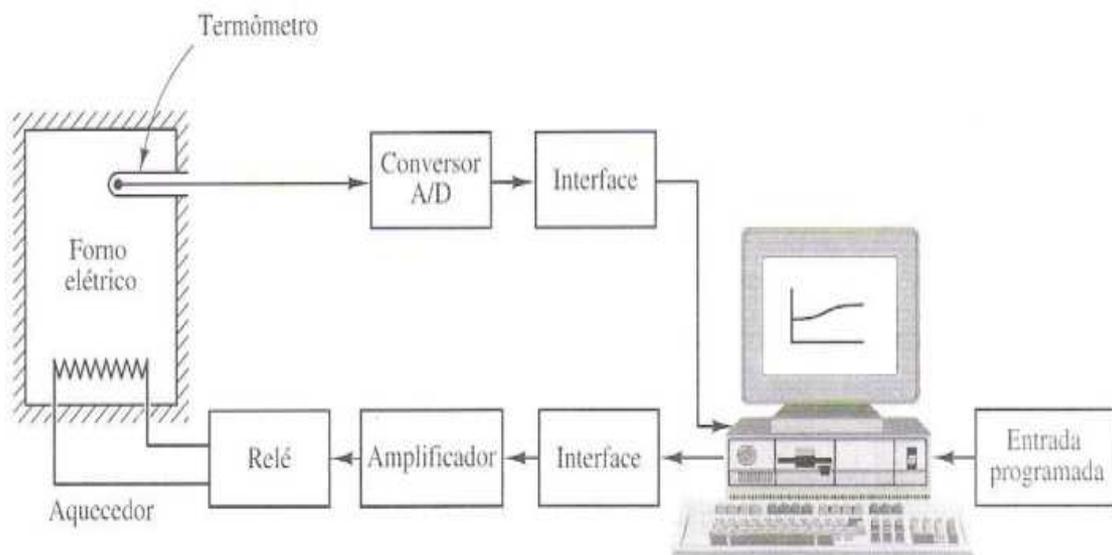


Figura 4 Sistema de controle de temperatura
Fonte: Ogata (2003)

Um conversor de sinal converte o sinal analógico em sinal digital, uma interface leva esse sinal digital ao controlador, se houver alguma diferença entre a temperatura fornecida pelo termômetro e a temperatura programada de referencia é enviado então um sinal ao aquecedor, por meio de uma interface, um amplificador e um relé, fazendo com que a temperatura desejada do forno seja atingida, como ilustrado na figura 4.

Este ciclo é todo interligado, sendo apenas possível sua obtenção com o uso de sensores e atuadores.

2.1.2 Sensores e Atuadores

Um bom exemplo de um sensor é o olho, pois ele captura a imagem de uma determinada situação e a transmite para o cérebro, igual aos sensores que coletam a informação referente ao estado do processo industrial e as transmite para o controlador do processo. Segundo Werneck (1996) os instrumentos de medição e seus sensores têm o papel principal dentro do processo produtivo das indústrias e podem ser classificados de acordo com o sinal emitido por eles, como digitais ou analógicos. Há também uma outra classificação que é dividida em detectores e medidores. Os detectores captam e sinalizam a informação representando-a nos estados on/off, como detectores de fim de curso e células foto elétricas, por exemplo. Já os medidores captam e sinalizam a informação representando-a em um valor muito grande de estados indicando os valores medidos, como exemplos destes medidores têm instrumentos de medição com sensores de temperatura, posição e pressão.

Pode-se observar a relação dos sensores e dos atuadores com o processo automatizado na figura 5, onde o processo físico troca informações com o controlador, e o controlador repassa essas informações com os outros blocos.

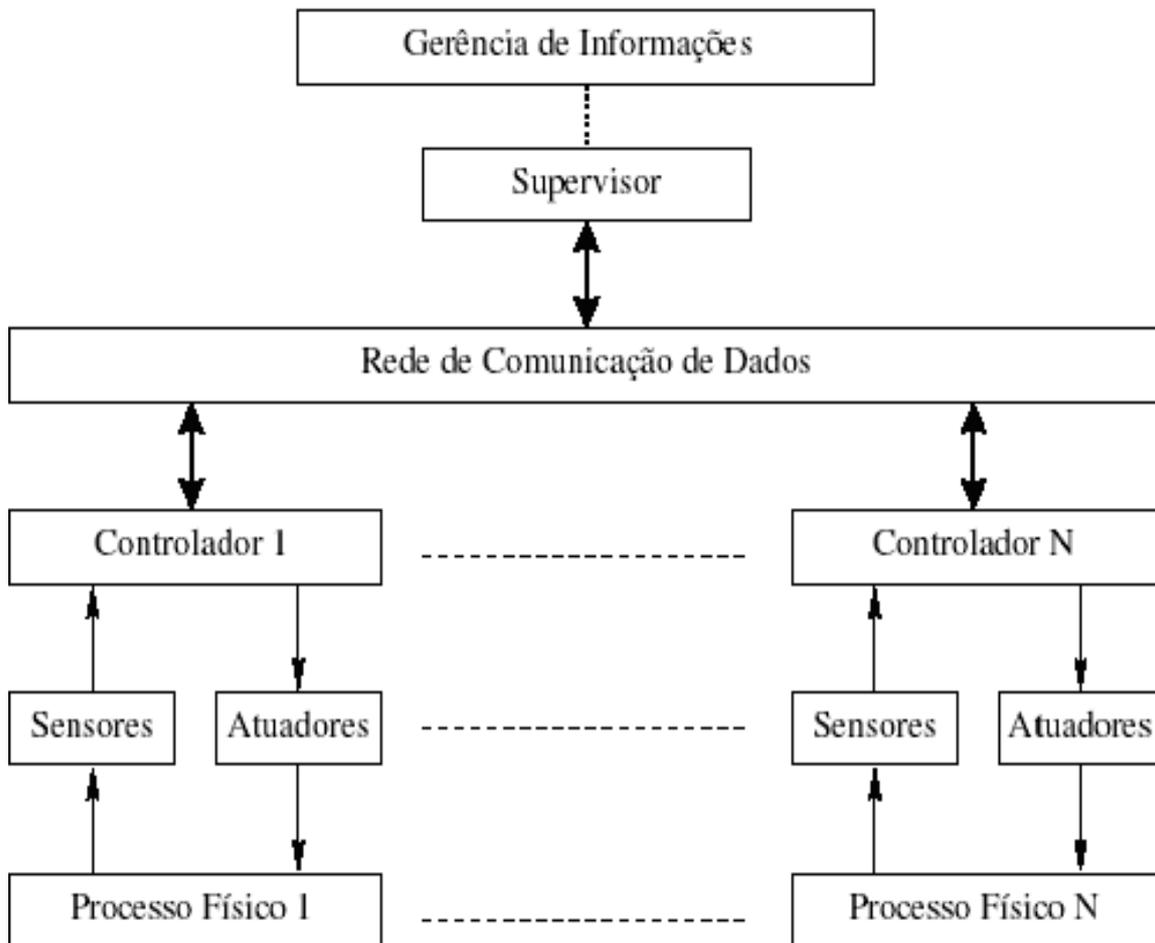


Figura 5: Automação Industrial – Topologia.
 Fonte: Becker; Pardi Jr e Pereira (1999).

2.1.3 Controladores Lógicos Programáveis CLP's

Segundo Maitelli (2003) um CLP é um aparelho digital que usa uma memória programável para armazenar e transmitir informações de controle lógico para máquinas e processos como temporização e seqüenciamento. Morais e Castrucci (2007) falam que os primeiros controladores surgiram em 1969 baseados em especificações do General Motors, resumida a seguir:

- Facilidade de programação;
- Facilidade de manutenção com o conceito plug-in;
- Alta confiabilidade;
- Dimensões menores que as dos painéis de relés, para redução de custo;
- Envio de dados para processamento centralizado;

- Preço competitivo;
- Sinais de entrada de 115 Vca;
- Sinais de saída de 115 Vca
- Expansão em módulos;
- Mínimo de 4000 palavras na memória;

Na década de 1970 os controladores passaram a ser denominados de controladores lógicos programáveis CLP's, pois possuíam microprocessadores. Houve na década de 1980 um aperfeiçoamento nas funções de comunicação dos CLP's e eles passaram a ser utilizados em redes, Morais e Castrucci (2007) descrevem as principais características dos controladores programáveis sendo:

- Alto nível da linguagem de programação, com um sistema de bom entendimento em relação ao operador. Depois de concluído o programa também pode ser utilizado em outros CLP's, garantido sua confiabilidade;
- Quadros de painéis elétricos mais simples. Toda a fiação do comando se resumiu em um conjunto de entradas e saídas. Como consequência caso ocorra à necessidade de uma alteração ela se torna mais barata e rápida
- Confiabilidade operacional. Como as alterações podem ser realizadas por programas aplicativos, necessitando de nenhuma ou pouca alteração na fiação elétrica, a possibilidade de conter erros é mínima, tornando mais simples os processos de melhorias ou desenvolvimento de novas implantações;
- Funções avançadas. Através de funções matemáticas os controladores podem realizar uma variedade muito grande de tarefas de controle, como os sistemas de gerenciamento da produção que são bastante beneficiados pelos controladores;
- Comunicação em rede. Através de interface de operação, controladores e computadores em rede permitem coletas de dados e um enorme intercâmbio de troca de dados em relação aos níveis da pirâmide de automação.

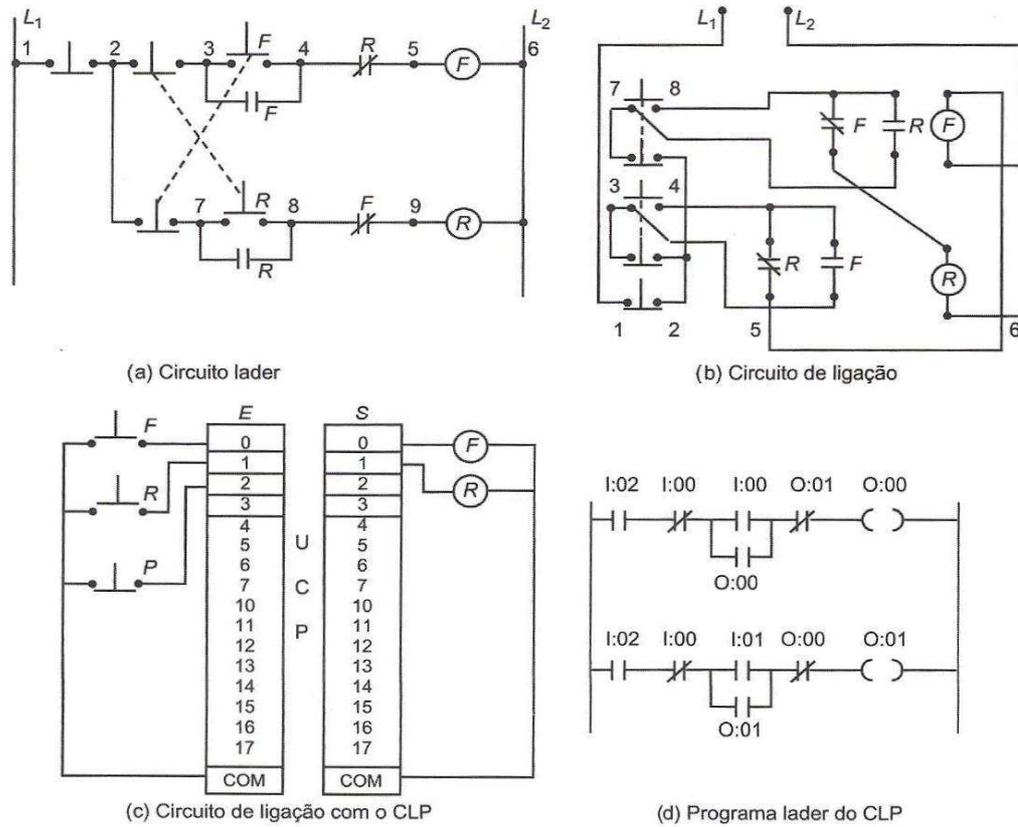


Figura 6: Configuração física e com CLP.
Fonte: Moraes e Castrucci (2007)

Na figura 6 os esquemas de duas realizações físicas, sendo (a) e (b) com quadro de comando, e (c) e (d) com controlador programável.

As figuras 7, 8 e 9 apresentam alguns modelos de CLP's.

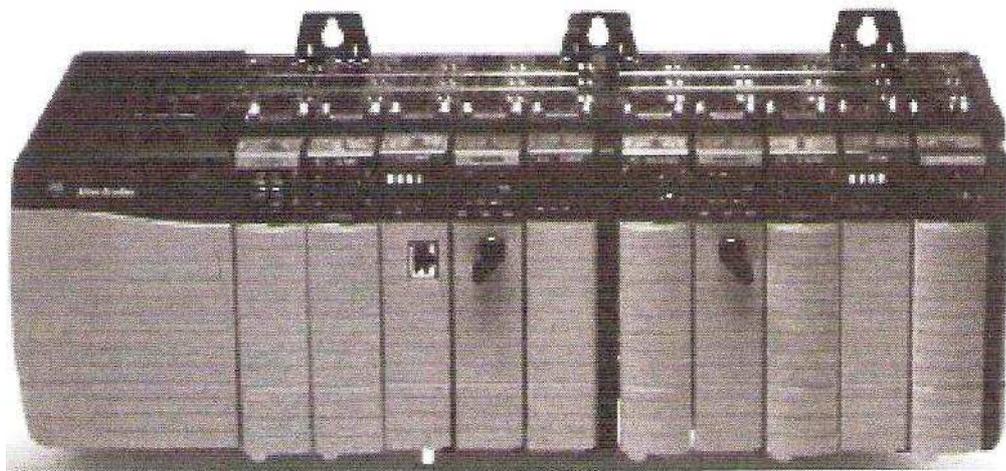


Figura 7: Controllogix 5500
Fonte: Moraes e Castrucci (2007)

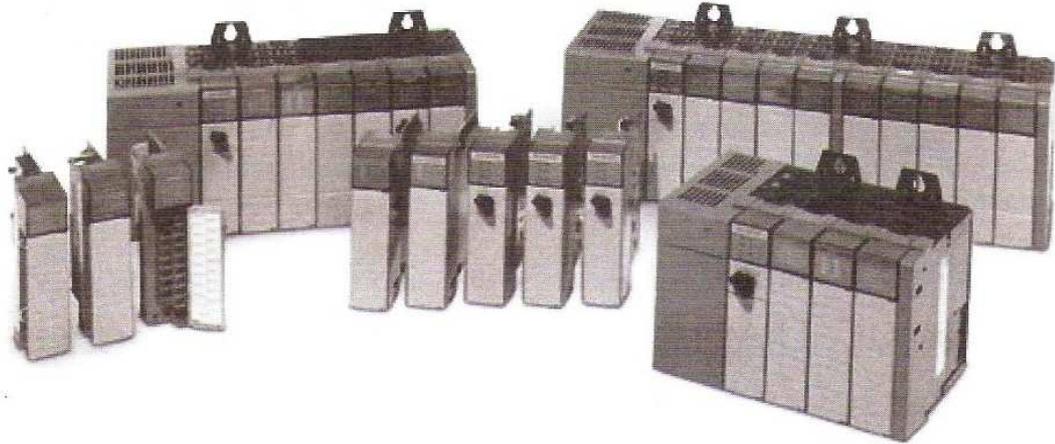


Figura 8: Controladores SLC 500/02
Fonte: Morais e Castrucci (2007)

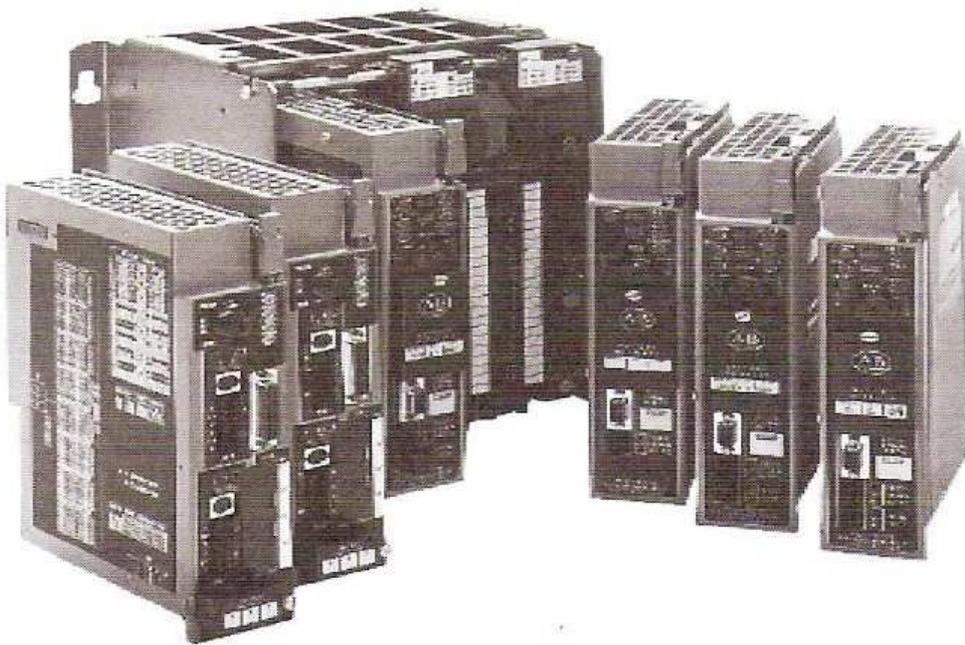


Figura 9: Controladores 5/80
Fonte: Morais e Castrucci (2007)

Esses controladores possuem diversos modelos, mas seu princípio de funcionamento é o mesmo, converter o sinal analógico em digital e transmitir esse sinal para os sistemas supervisórios que permitiram a mudança de parâmetros e correções no processo.

2.1.4 Sistemas Supervisórios

Segundo Morais e Castrucci (2007) sistemas supervisórios são sistemas digitais que monitoram e operam a planta através das variáveis do processo, essas variáveis são atualizadas constantemente com a possibilidade de armazenamento em banco de dados ou remotos para registros de dados. Melendez, Colorne e Rosa (2001) relata que os primeiros sistemas supervisórios eram basicamente para monitorar e controlar a corrente do processo industrial, informando apenas sinais representativos de medidas através de um painel com lâmpadas sem nenhum contato ou troca de informação com o operador. Mas com a evolução da tecnologia a coleta e visualização dos dados são possíveis graças aos computadores facilitando o monitoramento e o controle do processo produtivo.

2.1.4.1 Interface Homem-Máquina (IHM)

Morais e Castrucci (2007) descrevem a interface homem-máquina como sistemas de automação do chão de fábrica com construção extremamente robusta para suportarem ações de um ambiente agressivo, resistindo a jatos de água diretamente, umidade, temperatura e poeira de acordo com o grau de proteção necessário. Uma interface homem-máquina é um hardware constituído por um visor de cristal líquido com teclas de navegação que possibilitam a inserção de dados por um software próprio para sua programação. Algumas de suas aplicações e utilizações são:

- Visualização de alarmes ou irregularidades gerados no sistema;
- Visualização de equipamentos e dados de uma linha de produção;
- Visualização de dados do processo de uma máquina específica;
- Alteração dos parâmetros do processo;
- Operação manual de certos componentes de máquinas;
- Modificação de configuração de equipamentos;

Apesar de não possuírem os mesmos recursos que o programa SCADA, as IHM's atendem a necessidades de acordo com o, layout da planta fabril. Apresentado a seguir, o próximo capítulo demonstra como é possível seu funcionamento em conjunto.

2.1.5 SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition (Aquisição de Dados e Controle Supervisório)

Referente ao que Melendez, Colorne e Rosa, (2001) relata, sistemas de monitoramento e controle de processos também podem ser chamados de *SCADA* (*supervisory control and data acquisition*). Já Uddin, Nor e Salam (2000) relata que os sistemas supervisórios desempenham três atividades básicas que são supervisão, operação e controle. Segundo Campbell (1988) a função de monitoramento do processo independente de suas formas são atividades da supervisão, na operação se encaixa tarefas com ligar e desligar equipamentos, no controle o CLP executa um processamento autônomo, deixando assim o sistema de supervisão responsável apenas para ajustar *set-points* de acordo com o comportamento do processo.

Segundo Morais e Castrucci (2007) o sistema SCADA foi criado para supervisionar grandes quantidades de variáveis de entrada e saídas digitais e analógicas, que são:

- Digitais - quando as variáveis podem ser apresentadas por apenas dois estados discretos como motor ligado ou desligado, lâmpada acesa ou apagada.
- Analógicos – quando as variáveis percorrem um valor por uma faixa estabelecida, podemos ter como exemplo a velocidade de um carro; a temperatura de um forno ou a corrente de um motor

A figura 10 abaixo apresenta uma tela de supervisório para controle e monitoração, contendo entradas analógicas e digitais.

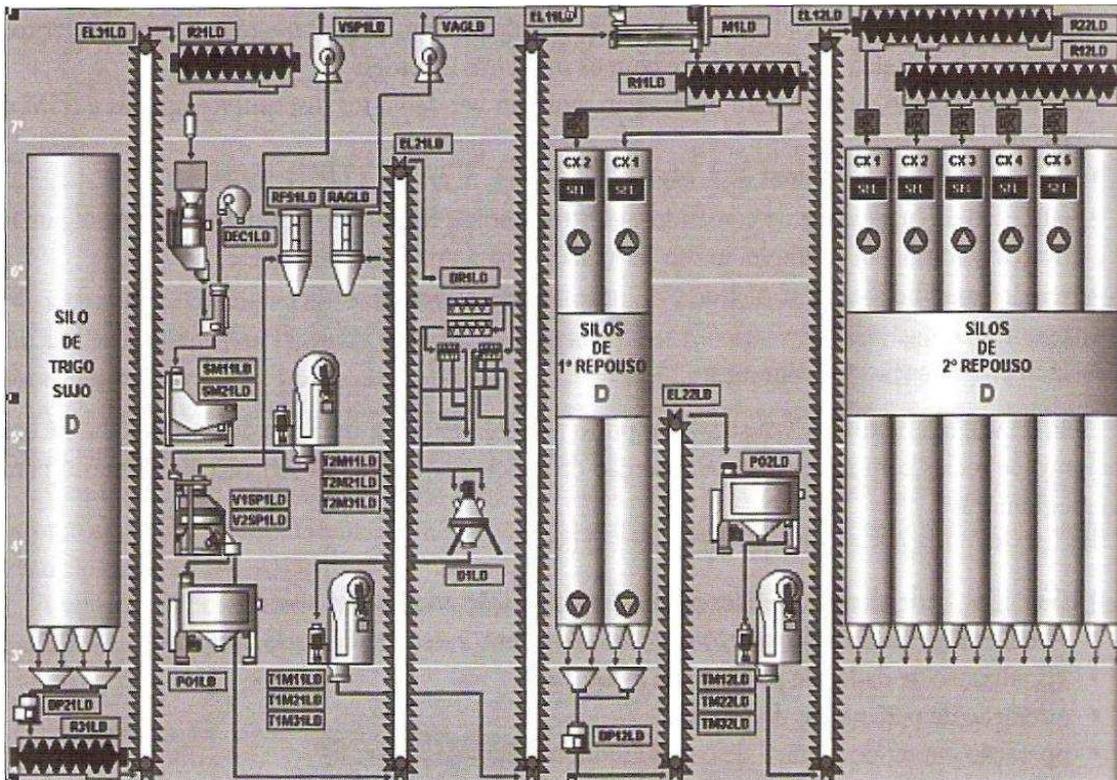


Figura 10: Exemplo de uma tela supervisório para controle e monitoração.
Fonte: Morais e Castrucci (2007)

2.1..5.1 Características dos Sistemas Supervisórios

Para Morais e Castrucci (2007) a representação da planta de produção por áreas e equipamentos facilita a interpretação e atuação da equipe de operação sobre o que ocorre no processo, especialmente quando a tela é bem detalhada e animada. As propriedades de animação dos softwares permitem a configuração das principais características dos objetos do processo, características como cor dos objetos, largura, posição, visibilidade, etc. A figura 11 exemplifica um queimador utilizado nas indústrias para controle da temperatura nos reatores de processo, observem na figura os detalhes das chamas e das entradas de combustível.

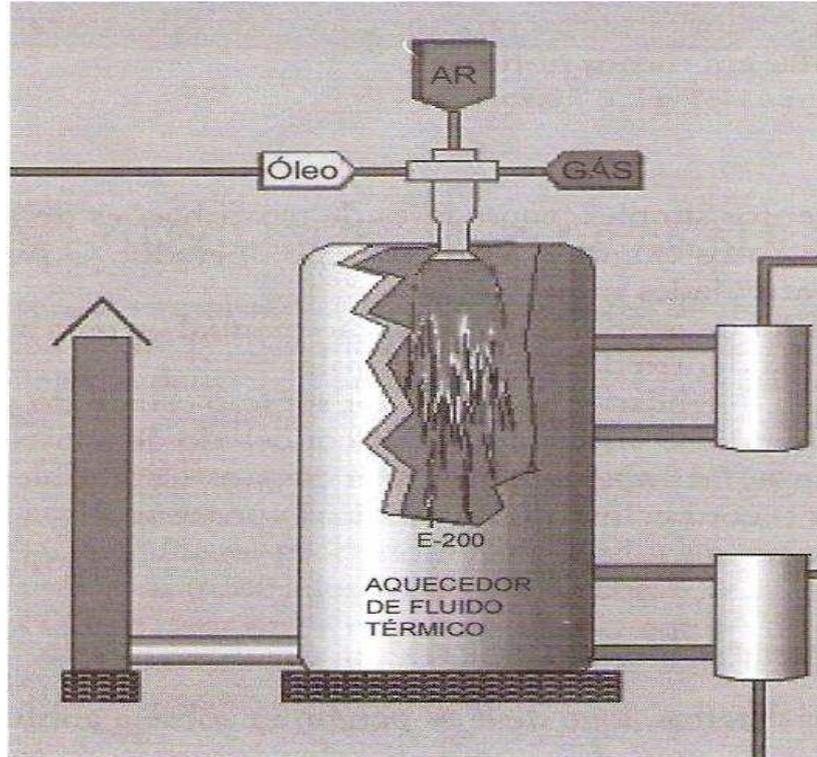


Figura 11: Tela de supervísório com objetos animados
Fonte: Morais e Castrucci (2007)

Outro exemplo da facilidade de interpretação é a tela da figura 12 que se refere a uma parte de uma planta de lingotamento contínuo. Observe os detalhes dos elementos físicos que compõe o processo.

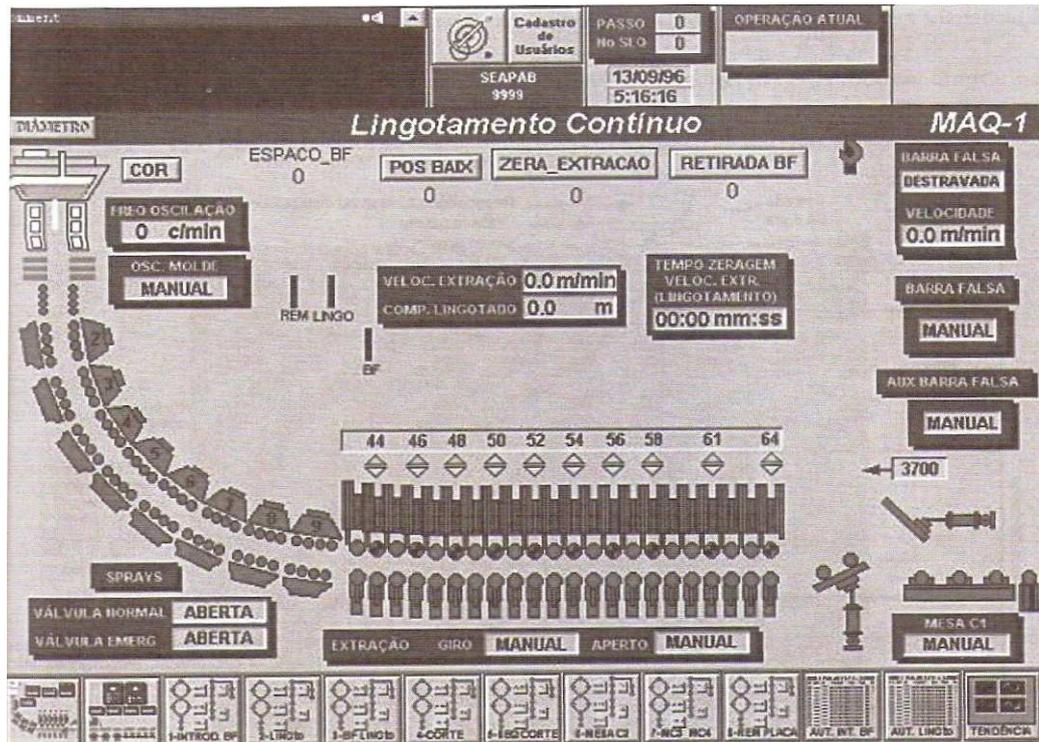


Figura 12. Tela de supervisão – lingotamento contínuo.

Fonte: Morais e Castrucci (2007)

Morais e Castrucci (2007) descrevem que a flexibilidade para alterações no processo, correções ou implementações é outra característica dos sistemas supervisórios, elas são facilmente executadas através dos softwares e acompanham os sistemas supervisórios. Elas permitem a alteração de telas e ou equipamentos sem interromper o processo.

Geralmente as divisões das plantas industriais ocorrem por áreas, é aconselhável que a estrutura das divisões das telas dos sistemas supervisórios também acompanhe essa mesma lógica, pois na tela são mostrados os principais equipamentos, parâmetros instrumentos de medição, permitindo a sua observação e controle. A visualização sistêmica do processo permite o operador ter uma navegação objetiva, diminuindo o tempo de acesso as variáveis supervisionadas. A figura 13 apresenta uma tela da área de segregação de carvão de uma planta siderúrgica.

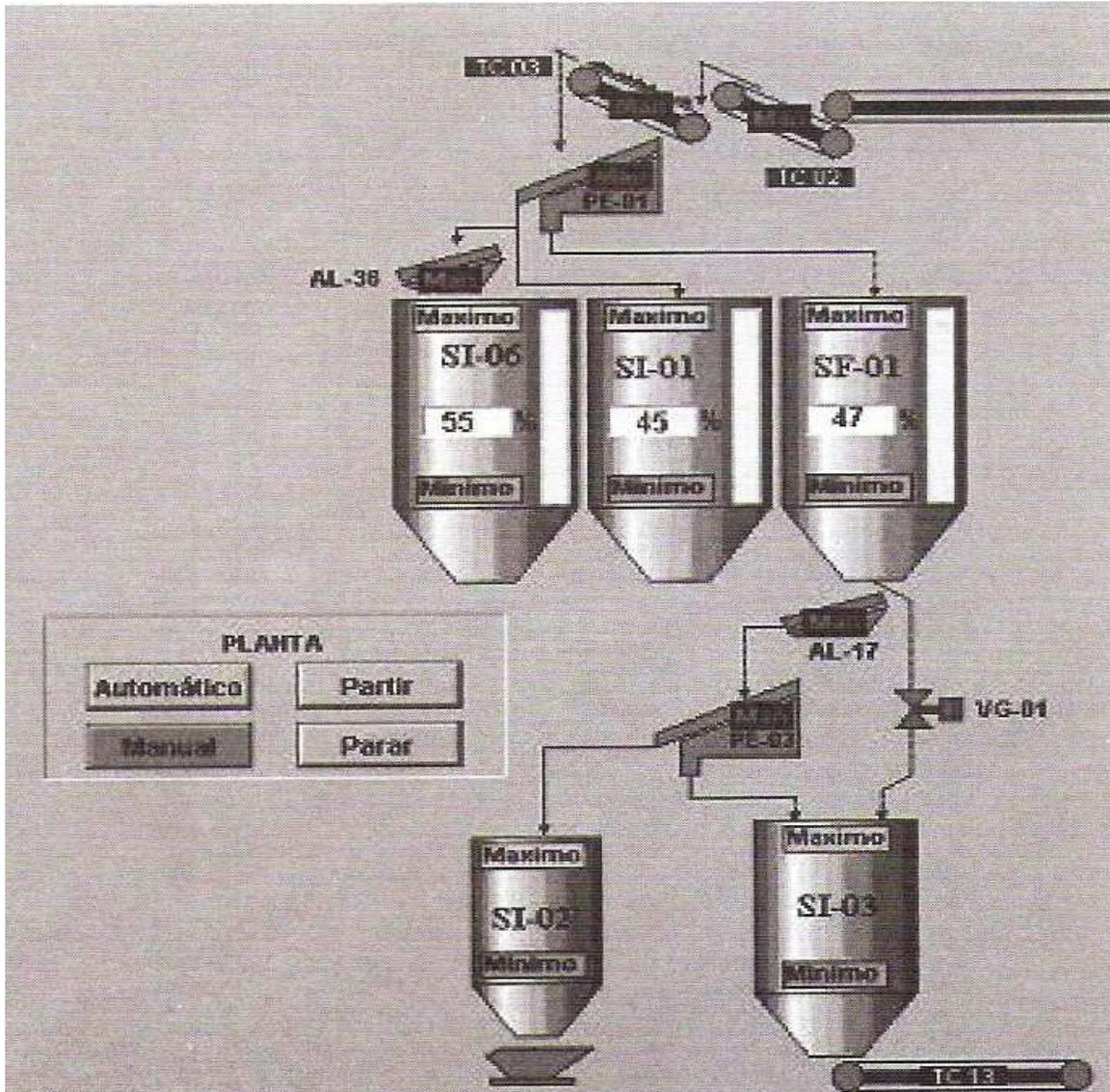


Figura 13: Tela supervisorio área de dosagem e secreção de carvão.
 Fonte: Morais e Castrucci (2007).

Outra característica do sistema supervisorio é a criação de receitas, importação de parâmetros da receita de produção como, mostrado na figura 14 que representa uma receita usada em uma planta metalúrgica.

SOPRO		
VAZÃO DE AR:	31	Nm ³ /h
TEMPERATURA DE SOPRO:	21	°C
VAZÃO DE OXIGÊNIO:	11	Nm ³ /h

CARGA METÁLICA		
BASE DE MINÉRIO:	22	Kg
SINTER:	32	Kg
PELOTA:	12	Kg
SUCATA:	28	Kg

CARGA MINÉRIO		
FERTECO:	75	%
MBR:	22	%
CSH:	32	%

COMBUSTÍVEL SÓLIDO		
MISE AU MILLE PADRÃO:	75	Kg/t
MISE AU MILLE REAL:	43	Kg/t
UNIDADE CARVÃO:	22	%
COQUE:	32	Kg
CARVÃO GROSSO:	12	%
CARVÃO MÉDIO:	28	%
CARVÃO FINO:	22	%
CARVÃO TOTAL A ENFORMAR:	32	Kg

COMBUSTÍVEL GASOSO		
VAZÃO DE GÁS NATURAL:	21	Nm ³ /h
TAXA DE SUBSTITUIÇÃO GN:	11	
GÁS RATE:	2	Kg/t

COMBUSTÍVEL TOTAL		
FUEL RATE:	32	Kg/t
CARBONO TOTAL:	12	Kg/t

ESCÓRIA TEÓRICA		
CaO:	45	%
MgO:	4	%
SiO ₂ :	54	%
Al ₂ O ₃ :	43	%
(CaO+MgO)/SiO ₂ :	23	%

GUSA POR CARGA		
GUSA POR CARGA:	342	Kg

FUNDENTES		
CALCÁRIO:	75	Kg
SEIXO:	43	Kg
DOLOMITA:	22	Kg
DUNITO:	32	Kg
ESCORIA de Fe-Si:	12	Kg
BAUXITA:	28	Kg

VOLUME DE ESCÓRIA:	232	Kg/t
FeO+OUTR. DA ESCÓRIA:	31	%
CaO / SiO ₂ DESEJADO:	21	
Si DESEJADO GUSA:	11	%
CARBONO:	2	

Selecionar
Rec. Especial

Selecionar
Receita

Correção

Figura 14: Tela e entradas de valores de receita de produção
Fonte: Morais e Castrucci (2007).

O sistema SCADA garante uma fácil percepção e se necessário intervenção no processo podendo ser usado em qualquer processo. Para este trabalho analisou-se o SCADA no processo de carbonato de cálcio precipitado, e o capítulo a seguir retrata o funcionamento deste processo.

2.2 Carbonato de Cálcio Precipitado

A produção de carbonato de cálcio é um processo, a primeira vista simples de ser entendido e manipulado. Sua obtenção pode ser feita, basicamente, retirando o CO_2 da pedra, que é composta por 98% de carbonato de cálcio, purificando-o e injetando novamente na pedra, agora em forma pulverizada e também purificada.

Russel (1994) relata que as reações químicas envolvidas são muito simples, o que justifica a aparente simplicidade deste processo. Mas as características físicas que, geralmente, representam um diferencial entre um produto e outro. As diversidades químicas e físicas possíveis estão além do escopo deste trabalho, bastando apenas se ter em mente que dois produtos distintos, ambos os carbonato de cálcio precipitado, porém com características físicas diferenciadas atendem a clientes de segmentos deferentes.

O processo produtivo consiste, basicamente, em quatro etapas distintas descritas sucintamente a seguir, dando-se ênfase apenas as informações necessárias para a compreensão do trabalho desenvolvido:

a) Calcinação: nessa primeira etapa do processo, a pedra calcária é submetida a temperaturas acima de 800°C , originando como produtos da reação o CO_2 , que se desprende devido à alta temperatura, e o óxido de cálcio (CaO) ou cal virgem como é popularmente conhecida. Ambos os produtos trazem consigo um número de impurezas contidas originalmente na pedra calcária (sílica, fragmentos de pedras não calcinados) ou geradas durante o próprio processo de calcinação (fuligem, resíduos de enxofre presentes no óleo combustível etc.). Essas impurezas necessitam ser retiradas, pois não podem estar presente no produto final. (GUIMARÃES, 1997).

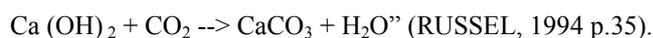
b) Hidratação: As impurezas presentes na cal virgem não podem ser retiradas do produto no seu estado sólido, uma vez que normalmente existem em fragmentos microscópicos. Faz-se necessário a hidratação da cal virgem, transformando-a em cal hidratada, pela adição de água. O hidróxido de cálcio (ou cal hidratada como é comumente tratada) é então submetido a um processo de purificação por centrifugação, onde esses fragmentos podem ser separados. (RUSSEL, 1994).

c) Lavagem dos gases: os gases provenientes da calcinação também necessitam ser purificados. Esse processo de purificação é chamado de lavagem dos gases. A lavagem dos gases é feita fazendo-se chuveirar água verticalmente em direção contrária a corrente gasosa, fazendo com que os sólidos (fuligem) presentes nos gases se agregam a água deixando o gás puro. Russel (1994).

d) Carbonatação: Segundo, o processo de carbonatação se processa segundo a reação química: $\text{Ca (OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Em resumo. Injeta-se o dióxido de carbono (CO_2), que é um gás, em um tanque contendo hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) que é um líquido, obtendo como produto uma mistura que é carbonato de cálcio (CaCO_3) e água (H_2O). Nos itens anteriores pode-se perceber que a decomposição em dois produtos tem como uma das finalidades possibilitarem a purificação, mas existe outro fator primordial que é o controle das características do produto. Esse controle se inicia desde o processo de calcinação segue ao longo de todas as demais etapas de produção com diversos tipos de controle e medições.

Para Russell (1994) a reação química que a cal muda a sua característica passando a ganhar peso e massa, tornando em seu processo final em carbonato de cálcio precipitado:

“O carbonato de cálcio: substância química de fórmula CaCO_3 . É o principal componente de casas como os calcários. Tem características alcalinas (ou seja, é um sal com características básicas, e possui pH alto quando em solução aquosa), e é resultado da reação do hidróxido de cálcio (cal virgem + água) com dióxido de carbono (gás carbônico). Exemplo:



Perry (2008) aponta que uma das características físicas é o tamanho médio de partículas, ou simplesmente TMP, que é um dos principais diferenciadores de produtos. O TMP como o próprio nome sugere é uma media do tamanho de todas as partículas de carbonato de cálcio contida em uma determinada amostra.

O controle do TMP, assim como outras características, é feito desde as etapas iniciais de produção, até a etapa de carbonatação, onde o hidróxido de cálcio recebe a injeção de gás carbônico, se transformando novamente em carbonato de cálcio. este é um ponto relativamente crítico do processo, pois, não se tem conhecimento real do grau de influencia que cada variável tem sobre o TMP.

A determinação do TMP é feita em equipamento específico e é um processo relativamente demorado, que pode levar até 30 minutos para ser totalmente concluído. O

processo de carbonatação é realizado em bateladas, ou seja, em lotes. A cada batelada produzida o processo tem que ser interrompido para se aguardar o resultado de análises para que a mão de obra operacional possa ter o resultado do lote anterior para ter como referência para decidirem quais os melhores parâmetros a serem utilizados no próximo. Por questão de economia de tempo, é realizada alternativamente, uma medição da sedimentação do produto, reduzindo os tempos de paradas. Essa medição tem uma precisão menor, porém pode ser realizada muito mais rapidamente.

Dentre os parâmetros de ajuste de controle do produto, alguns podem ser definidos no início da reação, enquanto outros não são ajustáveis, pois dependem dos produtos que farão parte da reação, os quais já possuem suas próprias características não podendo ser alternadas.

2.3. Sistemas de Produção

Segundo (Moreira, 2001, p. 08) sistema de produção se define como “conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens (caso de indústrias) ou serviços”. Sistema de produção é uma unidade abstrata, porém é essencial para se ter uma idéia de Totalidade de processo.

Moreira (2001) refere-se também a classificação dos sistemas de produção, podendo ser feita a partir do fluxo do produto, pois assim, facilitaria diversas técnicas de planejamento e gestão da produção. Essas técnicas se encaixam em diferentes classificações dos sistemas de produção, e esses sistemas são divididos em três, tendo cada um sua particularidade e definição, e sendo eles:

- Sistemas de produção contínua: Os produtos geralmente são bastante automatizados e fluem de um posto de serviço para outro em uma seqüência pré-estabelecida, possuem um alto grau de padronização, os fluxos de produção devem possuir etapas bem definidas para que uma etapa não retarde a outra.
- Sistemas de produção intermitente: A produção geralmente é feita em lotes ou bateladas, tendo que ocorrer o término de um processo para que outro possa começar a ser feito. Esse sistema é classificado intermitente por que outro produto toma o lugar nas máquinas sendo assim, o produto original só voltara a ser feito depois de algum tempo.

- Sistemas de produção para projetos: Nesse caso cada projeto é único, diferenciando-se bastante e ou até totalmente do último não havendo ao certo um fluxo de produção, uma característica dos sistemas de projeto são os altos custos e complexo gerenciamento.

Para Gaither e Frazier (2007), a produção focalizada no produto também pode ser chamada de *linha de produção* ou *produção contínua*, pois os dois termos descrevem a trajetória do produto ao longo do processo. Na produção contínua o produto ou serviço tende a seguir a linha de produção de forma linear, sem sofrer grandes alterações ou interrupções em sua rota. Já na produção ou manufatura discreta, o produto se caracteriza por se manter único, distinto, como por exemplo, automóvel, máquina de lavar etc. Eles podem ser fabricados por lotes, o que exige a modificação do sistema caso outro lote entre no processo produtivo.

3.0 METODOLOGIA

A questão da pesquisa converge os esforços do trabalho no sentido de expor os benefícios oriundos de um processo discreto automatizado, provenientes da automatização dos processos produtivos no ramo de carbonato de cálcio.

Para que fosse possível a mensuração de tais benefícios, foi essencial a abertura do processo das duas empresas e o fornecimento de informações de cunho sigiloso sobre custos de produção e o layout do seu processo.

O trabalho em questão trata-se de uma análise da automação sobre a produção de carbonato de cálcio, na área de extração de minerais.

3.1 Classificação da Pesquisa

A pesquisa utilizada é do tipo aplicada, contendo um caráter pragmático, sendo um processo de levantamento de dados e sistemático de desenvolvimento do método científico, que segundo Silva e Menezes (2005), tem por finalidade gerar conhecimento para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos, tendo como uma complementação ao que Gil (1999) refere-se ao objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos. Segundo Silva e Menezes (2001):

“Pesquisa é um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema, que têm por base procedimentos racionais e sistemáticos”. A pesquisa é realizada quando se tem um problema e não se tem informações para solucioná-lo. (SILVA e MENEZES, 2001, p.20)

A classificação desta pesquisa seguiu a taxonomia apresentada por Vergara (2007). O tipo da pesquisa foi qualificado considerando os aspectos relacionados aos fins.

Quanto aos fins, esta pesquisa pode ser classificada como aplicada e quantitativa. Segundo Vergara (2007) uma pesquisa aplicada é aquela fundamentada pela necessidade de resolver problemas concretos, ou não. Tendo por finalidade a prática, sendo ao contrario da pesquisa pura, motivada basicamente pela curiosidade intelectual do pesquisador e situada no nível da especulação.

A pesquisa quantitativa, que segundo Silva e Menezes (2005), tem por objetivo a mensuração numérica, podendo ser tabulado e analisado, tendo como recursos e de técnicas estatísticas.

Quanto aos procedimentos técnicos a pesquisa foi qualificada em documental. Para Vergara (2007), “Investigação documental é realizada em documentos conservados no interior de órgãos públicos e privados de qualquer natureza” (Vergara 2007, p. 47).

No mesmo sentido Lakatos e Marconi (2001), “A característica da pesquisa documental é que a fonte de coleta de dados está restrita á documentos, escritos ou não, constituindo o que se denomina de fontes primárias.” (Lakatos e Marconi, 2001, p. 223).

3.2 Coleta de Dados

A coleta de dados tem o objetivo de avaliar as vantagens obtidas pela empresa A com a automação, e confrontá-los com os resultados obtidos pela empresa B, durante a produção de carbonato de cálcio precipitado na etapa de carbonatação, a pesquisa teve como base os dados referentes ao segundo semestre de 2009, com o propósito de calcular as despesas nessa etapa, identificando quais os fatores que oneram no custo.

Foi enviado um questionário as duas empresas no modelo abaixo, que foi devolvido com documentos que comprovassem a veracidade dos dados.

Tabela 01 –Questionário para obtenção de dados .

	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
Custo médio de mão de obra por tonelada de carbonato.						
Custo de média energia elétrica por tonelada de carbonato						
Custo médio de mão de obra por tonelada de carbonato.						
Consumo médio de Co ₂ na produção de uma batelada de carbonato						
Tempo médio gasto na produção de uma batelada de carbonato						
Tempo de carga e descarga de uma batelada						
Media da quantidade de produto fora de especificação decorrente de problemas oriundos da etapa de carbonatação.						

Fonte: Dados da pesquisa.

3.3 Caracterização do Objeto

A pesquisa foi realizada em uma indústria de carbonato de cálcio precipitado, localizada na região centro oeste de Minas Gerais, em uma região onde se concentram as principais jazidas de calcário, a matéria-prima utilizada para produzir o PCC. A indústria possui reserva mineral própria e uma logística dinâmica. A proximidade com a Rodovia BR-354 e com a Ferrovia Centro Atlântica facilita a entrega de seus produtos para empresas no Brasil e no mercado internacional.

Soluções customizadas, tecnologia de ponta, equipe experiente e consciência ambiental. Estas são as principais características da indústria, considerada por especialistas como uma das mais modernas do mundo e a mais moderna do Brasil no setor de produção de PCC, com alta qualidade e pureza. A busca constante pela inovação é o segredo para vencer o desafio de oferecer o melhor PCC a preços competitivos nos mercados de creme dental, tintas, cosméticos, alimentícios e de plásticos no Brasil e no exterior.

A indústria trabalha com processos automatizados e atendimento focado nas necessidades do cliente para estabelecer parcerias eficientes, pautadas em resultados e regularidade do produto. A indústria opera com expansão planejada e, desde o início, segue padrões internacionais de segurança e proteção ao meio ambiente, o que resultará em certificações de forma integrada.

Este trabalho descreve todos os caminhos utilizados para a obtenção dos resultados. Os métodos e dados a seguir foram obtidos em uma empresa A, com um processo de carbonatação automatizado e cruzado com os dados e os métodos de uma empresa B, que não possui o processo de carbonatação automatizado por meio de gráficos do software Excel versão 2003 .

Foi feito um fluxograma do utilizando o software PowerPoint versão 2003 para o detalhamento do processo de carbonatação na empresa A e na empresa B, indicando os instrumentos de medição.

4.0 ANÁLISE E RESULTADOS

4.1 Mapeamento do Processo

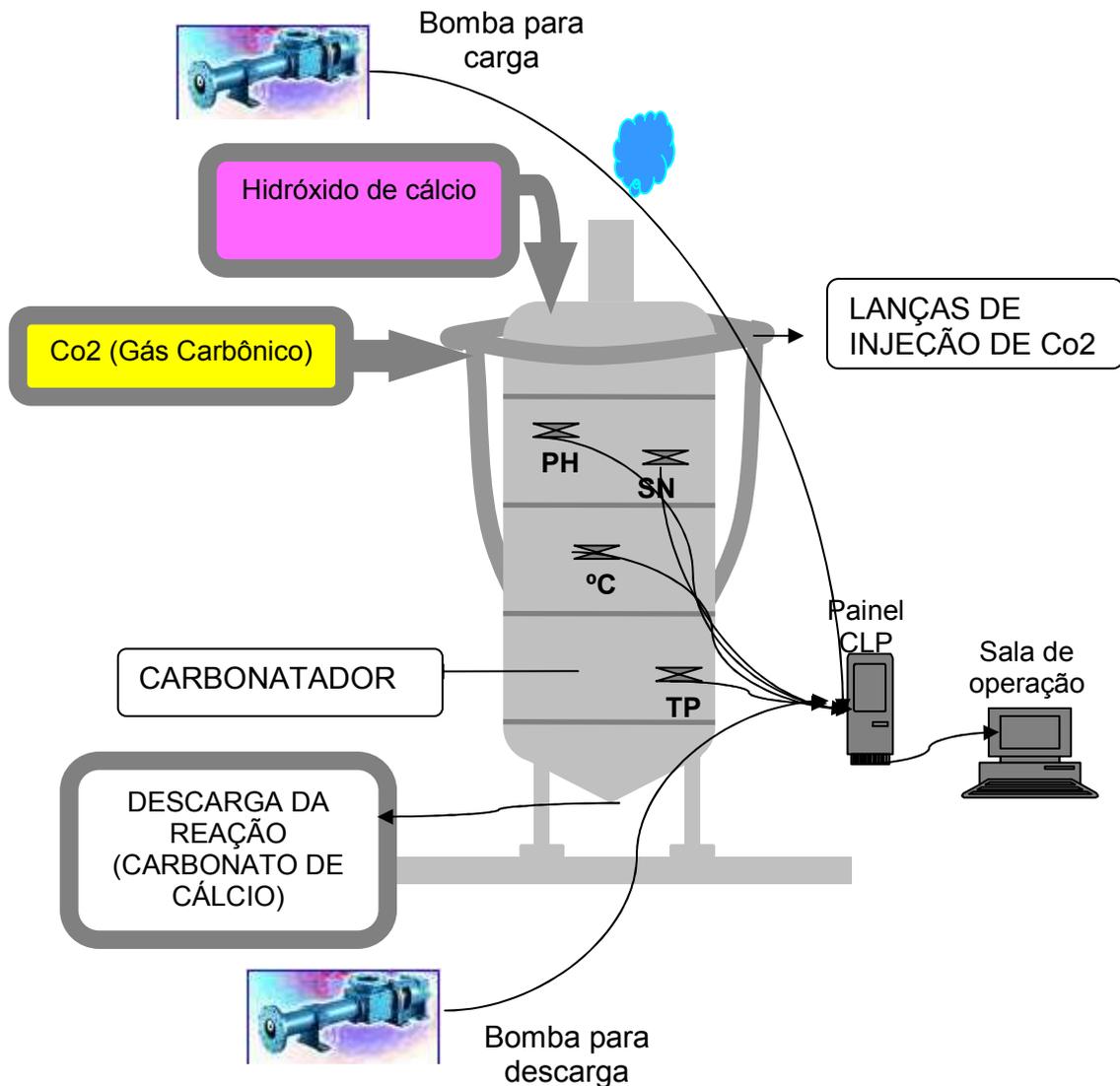


Figura 15: Mapa do processo da empresa A
Fonte: Dados da pesquisa

A figura 15 acima representa o processo de carbonatação da empresa A, onde primeiramente é feito a entrada de hidróxido de cálcio no carbonatador. A injeção de Co_2 é feita através de lanças ocorrendo a reação de carbonatação e transformando o hidróxido de cálcio em carbonato de cálcio. Toda a operação de carga, descarga e acompanhamento da reação, é feito por um operador através de uma sala de operação. O operador toma decisões de

como proceder no decorrer do processo com base nos dados transmitidos pelos instrumentos de medição que são:

* PH: pH metro: O pHmetro ou medidor de pH é um aparelho usado para medição de pH. Constituído basicamente por um eletrodo e um circuito potenciômetro. O aparelho é calibrado (ajustado) de acordo com os valores referenciado em todas as soluções de calibração.

* SN: Sensor de nível. O sensor de nível determina o nível de produto através da medida da pressão, sobre o sensor submerso no carbonatador.

* °C: Termômetro: Os termômetros são instrumentos amplamente utilizados em empresas, destinados a medir temperatura em processos e produtos diversos.

* TP: Transmissor de pressão: Este instrumento é utilizado no monitoramento contínuo da pressão em processos envolvendo líquidos ou gases tanques ou reservatórios, tubulações, máquinas, entre outros.

Esse acompanhamento garante uma segurança maior ao processo, assegurando que o produto não saia de especificação.

Já a empresa B possui o mesmo processo, mas esse não sendo automatizado como apresenta a figura abaixo:

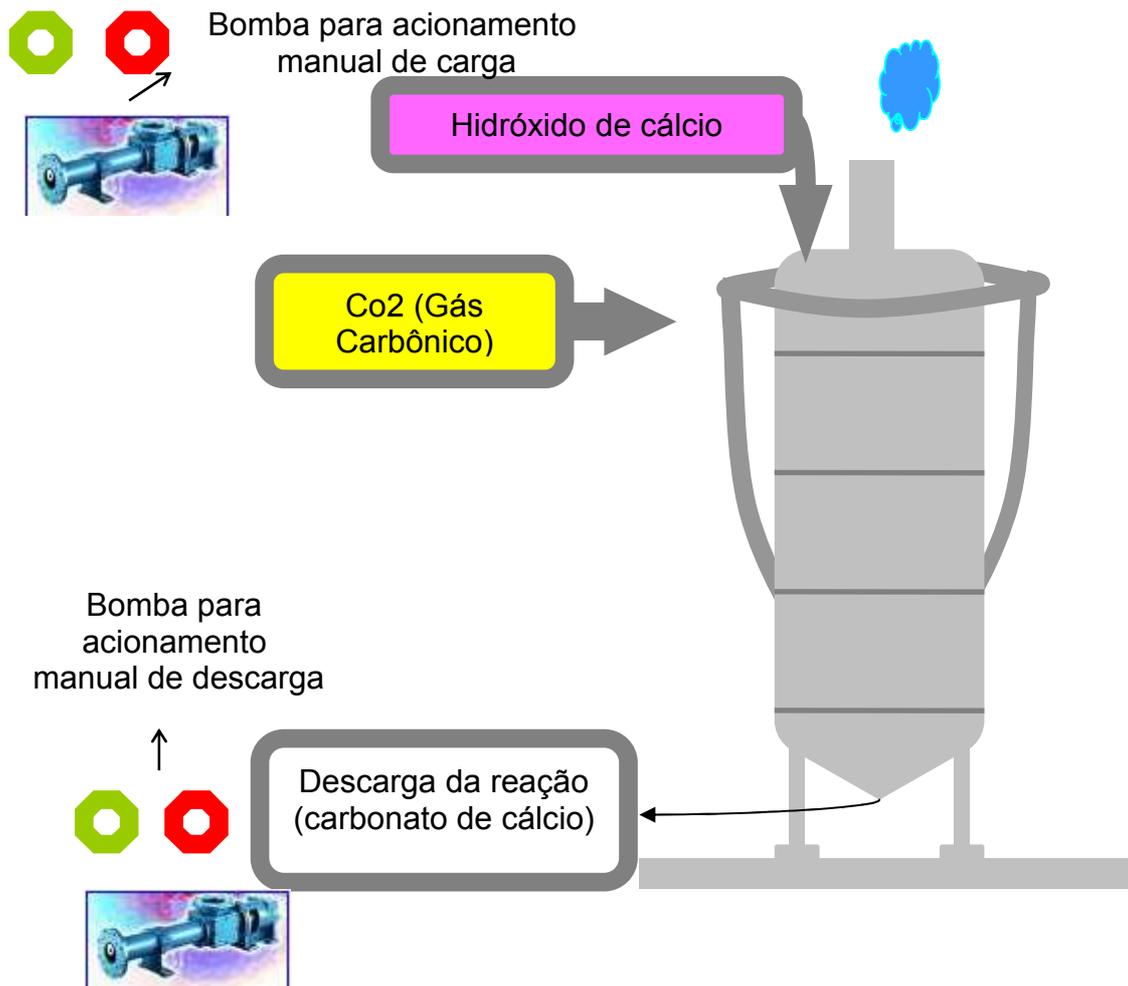


Figura 16: Mapa do processo da empresa B.
Fonte: Dados da pesquisa

Todo processo de carga, descarga e acompanhamento do produto são feitos de forma manual, o que onera tempo na produção das bateladas de carbonato. Um operador de campo coleta e analisa amostras manualmente para se ter parâmetros do produto, e eventualmente, realizar as correções necessárias.

4.2 Comparação dos Benefícios da Automação.

A tabela 1 apresenta os dados coletados nas duas empresas, objetivando a geração de gráficos para análises.

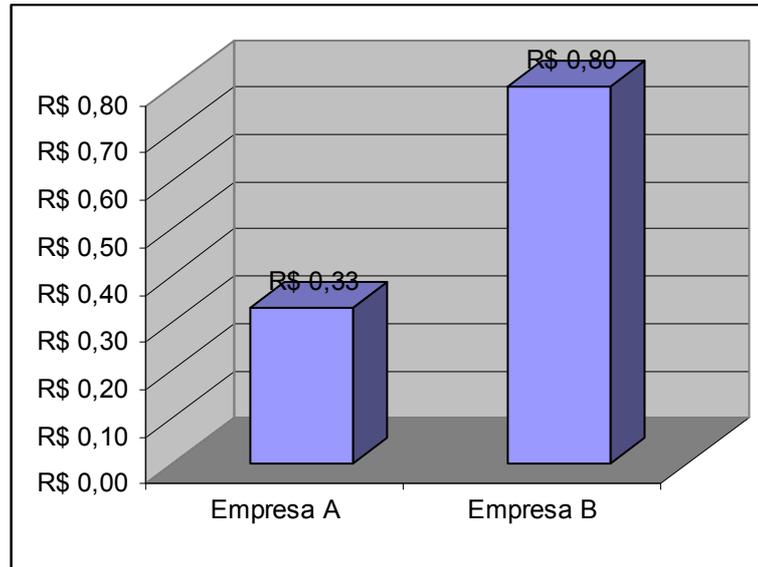
Tabela 02 - Coleta de dados empresa AXB.

Itens analisados	Empresa A	Empresa B
Custo médio de mão de obra por tonelada de carbonato	R\$ 0,33	R\$ 0,80
Custo médio de energia elétrica por tonelada de carbonato	R\$ 35,00	R\$ 42,00
Consumo médio de CO ₂ por tonelada de carbonato	733 KG	880 KG
Tempo médio gasto na produção de uma tonelada de carbonato	24 minutos	33 minutos
Média da quantidade mensal de produto fora de especificação decorrente de problemas oriundos da etapa de carbonatação	0,15 %	2 %
Tempo médio gasto na carga e descarga de uma batelada de carbonato	20 minutos	40 minutos

Fonte: Dados da pesquisa.

O gráfico 1 apresenta uma diferença de 58.75% da empresa A para empresa B. essa diferença é ocasionada pela necessidade de um maior número de funcionários para o acompanhamento do processo da empresa B.

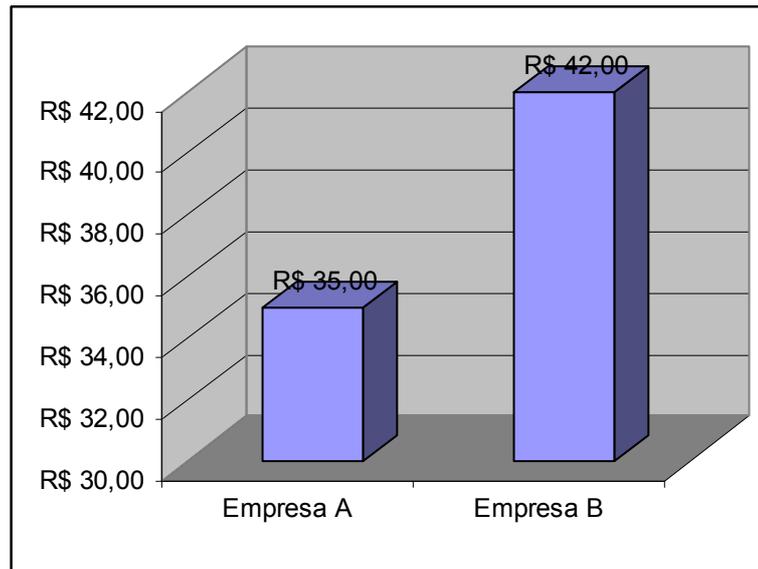
Gráfico 1 – Custo médio de mão de obra por tonelada de carbonato.



Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com o gráfico 2, nota-se um custo maior de 16.66% pela empresa B. Energia elétrica é um dos fatores que mais oneram custo em um processo produtivo, esse custo maior de energia está diretamente ligada aos motores que, por não serem ligados e desligados automaticamente operam no vazio, sem produção, gerando desperdício, aumentando assim o consumo e o custo de energia elétrica.

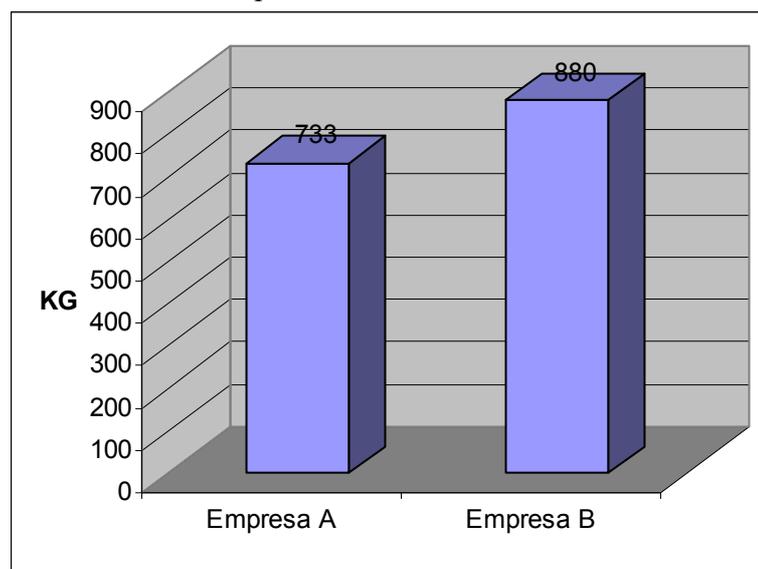
Gráfico 2 – Custo médio de energia elétrica por tonelada de carbonato.



Fonte: dados da pesquisa.

Conforme resultado do gráfico 3 avalia-se que o consumo 16,7% a mais de CO_2 deve-se a falta de monitoramento do processo, pois, após o término da reação o CO_2 continua sendo injetado sem necessidade no produto e dependendo da quantidade de CO_2 injetado a mais pode ocorrer a bicarbonatação do carbonato de cálcio, gerando assim um produto fora de especificação.

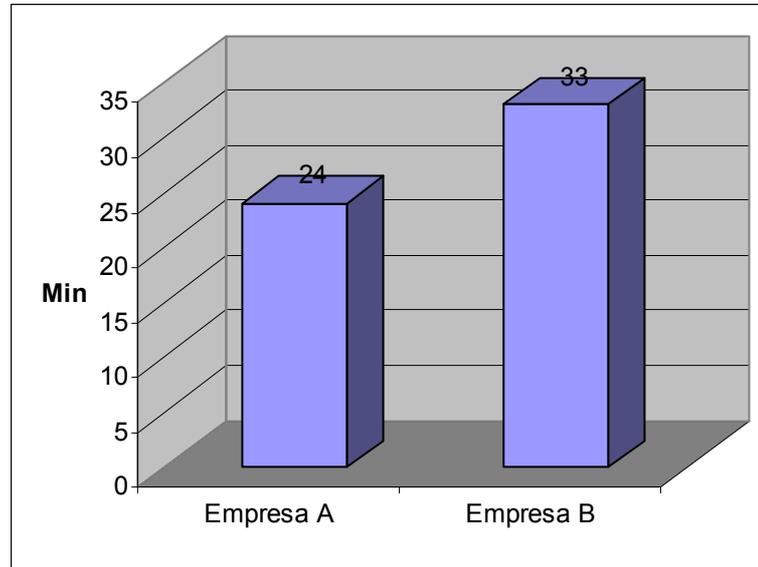
Gráfico 3 - Consumo médio de CO_2 por tonelada de carbonato.



Fonte: dados da pesquisa.

Pela análise do gráfico 4, concluiu-se que a falta de instrumentos de acompanhamento do processo causa uma demora para o acerto do produto na especificação desejada, agregando um tempo de 27.27% para a empresa B em relação à empresa A.

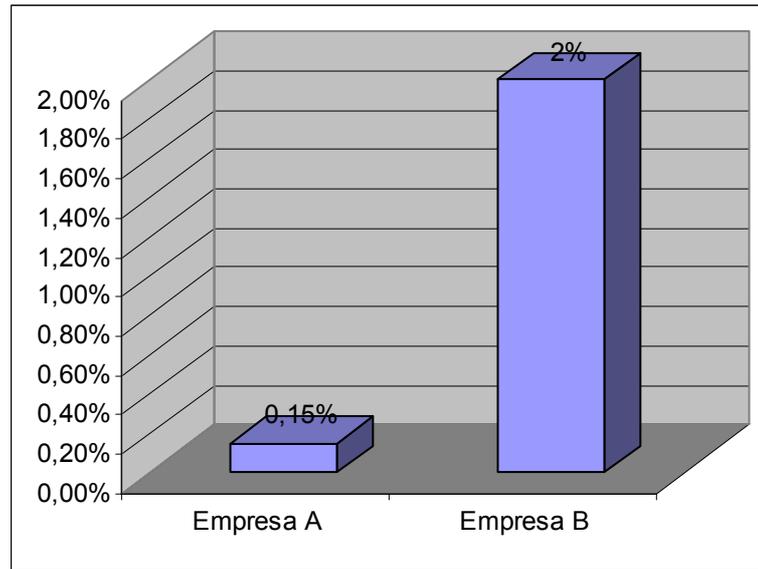
Gráfico 4 – tempo médio gasto na produção de uma tonelada de carbonato.



Fonte: dados da pesquisa.

O produto fora de especificação não pode seguir para etapa seguinte, é feito então uma blenda no produto dentro da especificação, que conseqüentemente baixa o nível de qualidade do produto final. A falta de monitoramento do processo contribui para que a empresa B tenha 92.5% a mais de produto fora de especificação em relação à empresa A.

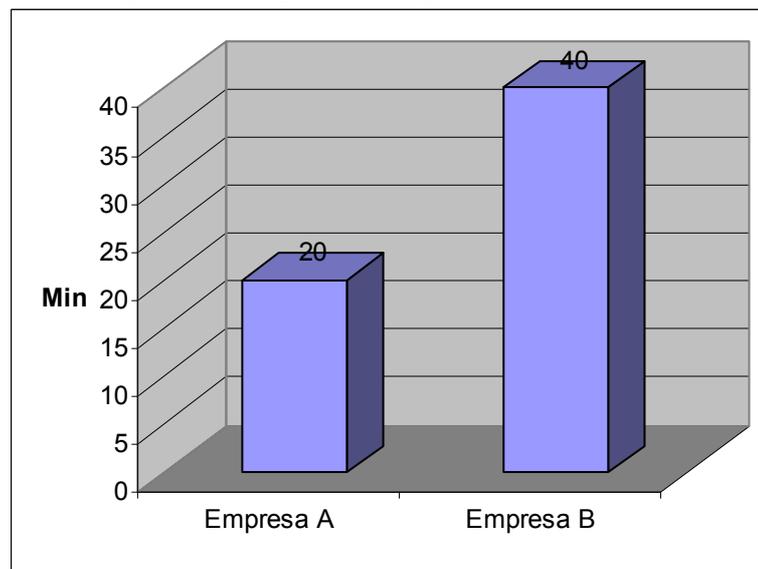
Gráfico 5 – Média da quantidade mensal de produto fora de especificação decorrente de problemas oriundos da etapa de carbonatação.



Fonte: dados da pesquisa.

De acordo com o gráfico 6, a empresa B tem um tempo de carga e descarga de uma batelada 100% maior que a empresa A, esse fato também é ocasionado por não haver um sistema de carga e descarga automático, por esse processo ser manual o reator de carbonatação pode estar pronto para carregar ou descarregar e o operador, demorar a efetuar a ação de carga ou descarga.

Gráfico 6 – tempo médio gasto na carga e descarga de uma batelada de carbonato.



Fonte: dados da pesquisa.

5.0 CONCLUSÃO

A análise dos gráficos apresenta em todos os requisitos um melhor desempenho da empresa A em relação à empresa B, e todos os resultados apontam que esse melhor desempenho deve-se a automação presente na empresa A. Com uma oferta de PCC maior que a demanda no mercado e as empresas trabalhando com o conceito de hiper-competitividade é fundamental ter um processo automatizado. Destaca-se também como ponto forte da empresa A, a facilidade nas análises dos dados, proporcionando assim uma melhora na manutenção do sistema de gestão da produção e do gerenciamento da manutenção industrial, proporcionado pela facilidade de percepção de desvios no processo, e esse fato contribuiu para que a empresa A conquistasse a liderança de mercado.

Além dos benefícios obtidos com o melhor desempenho da produção, é de suma importância frisar fatores correlatos interligados a automação do processo. Um desses fatores sendo o meio ambiente se mostra mensurável, e seu ganho se apresenta como uma consequência direta obtida com a automação, sendo algumas delas a economia de energia elétrica e a menor emissão de CO_2 na atmosfera terrestre.

Destaca-se também como vantagem competitiva do processo automatizado a aquisição inconseqüente das ferramentas apresentadas pela racionalização industrial. Em especial o processo indica envolvimento nos sete desperdícios da manufatura enxuta e, o conceito de “fazer melhor”.

Feito a conclusão e, constatando a viabilidade da automação no processo de carbonatação, com ganhos reais em economia de mão de obra, economia de matéria prima, melhor aproveitamento do tempo de processo, economia em energia elétrica, eficiência em qualidade entre outros fatores mensuráveis, deixa-se a idéia de um trabalho futuro, executando o levantamento dos custos de instalação e manutenção da automação do processo.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPBELL, Douglas L. **How customer need focused the development of a new remot terminal unit line.** In IEE computer applications in power, 1988.

GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração da produção e operações.** São Paulo: Thomson Learning, 2007.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GUIMARÃES, José Epitáfio Passos. **A Cal- Fundamentos e aplicações na engenharia civil.** São Paulo: Pini, 1997.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica.** 3.ed. São Paulo: Atlas, 1991.

LING, Zhihao; YU, Jinshou. **The design of SCADA based on industrial Ethernet.** In 4^o word congress on intelligent control and automation, 2002.

MAITELLI, André Laurindo. **Controladores lógicos programáveis.** Disponível em <http://www.dca.ufrn.br/~maitelli>. Acesso em 25 de out. 2009

MELLENDEZ, Joaquin; COLORNE, Joan; ROSA, Josep Luis de la. **Expert supervision based cases.** In 8^o IEEE International conference on emerging technologies and factory automation, 2001.

MORAIS, Cícero Couto de; CASTRUCCI, Plínio de Lauro. **Engenharia de controle industrial.** Rio de Janeiro: LTC, 2007.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações.** São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2001.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de controle moderno,** 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

RUSSELL, John B. **Química Geral** 2^a Ed. São Paulo: Makron Books, 1994.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação,** 4^a Ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação,** 3^a Ed. Florianópolis: UFSC, 2001.

UDDIN, Safi; NOR, Khalid Mohamed; SALAM, Sayeed. **Integration technique for an expert system on to a real time system.** In Proceedings of th TENCON'2000, 2000.

VERGARA, Sylvia Constant. **Métodos de Pesquisa em Administração,** 3.ed. São Paulo : Atlas, 2007.

WERNECK, Marcelo Martins. **Transdutores e interfaces**. Livros técnicos científicos, 1996.

PERRY, Robert. H. **Perry's chemical engineers' handbook**, 8.ed. New York McGraw Hill, 2008.

BECKER, Leandro Buss; PARDI, Jr. Wilson; PEREIRA, Carlos Eduardo. **Proposal of an Integrated Object-Oriented Environment for the Design of Supervisory Software for Real-Time Industrial Automation Systems?** Proc. of the Fourth International Workshop on Object-Oriented Real-Time Dependable Systems WORDS'99. Santa Barbara, US, 1999