

ecai

**Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Curso de Engenharia de Controle e
Automação Industrial**

ufsc

***Automação Industrial aplicada a
Processos Cerâmicos***

*Monografia submetida à Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito para a aprovação da disciplina:*

EEL 5901: Projeto de Fim de Curso

Alessandra d'Aquino

Florianópolis, Fevereiro de 1997

Automação Industrial aplicada a Processos Cerâmicos

Alessandra d' Aquino

Esta monografia foi julgada no contexto da disciplina
EEL 5901: Projeto de Fim de Curso
e aprovada na sua forma final pelo
Curso de Engenharia de Controle e Automação Industrial

Banca Examinadora:

Luciano Brame Ferreira
Luiz Fernando Texeira
Orientador Empresa

José Eduardo Ribeiro Cury
Orientador do Curso

Prof. Augusto Humberto Bruciapaglia
Responsável pela disciplina e Coordenador do Curso

Prof. Jean-Marie Farines, Avaliador

Rodrigo Milani Medeiros, Debatedor

Sérgio Luiz Zimath, Debatedor

Agradecimentos

Primeiramente eu gostaria de agradecer a meu pai, que está sempre ao meu lado, me apoiando e me guiando, na procura do meu caminho.

Aos amigos e orientadores, da empresa S.C.Automação, Luciano, Luiz Fernando e Silvério, por terem me dado a oportunidade de realização deste estágio e pelo apoio e ensinamentos dados desde então.

A minha irmã Monique e meu cunhado Fedoca por terem me proporcionado um ambiente tranquilo para a finalização desta monografia, e também por todo o apoio que me deram.

Ao professor, coordenador e amigo, Augusto Humberto Bruciapaglia, que esteve sempre presente nos meus momentos de dúvida, me apoiando e incentivando.

Ao professor e amigo Cury, pela dedicação e apoio.

A todos os meus amigos, Orlando, Ávila, Rômulo, que de uma forma ou de outra contribuíram, na realização deste trabalho.

A minhas amigas, Danielle, Indahia, Vanessa e Pepa, por serem minhas amigas.

A minha tia, Valvet, pelo suporte espiritual.

E a todos os professores que contribuíram para a minha formação.

A Salete por seu carinho e apoio.

A um grande amigo, pela atenção, tempo e dedicação, não apenas no decorrer deste trabalho, mas também durante importante parte da minha vida.

Resumo

O presente trabalho, tem como objetivo, descrever alguns projetos de Automação Industrial, desenvolvidos para indústrias cerâmicas. Será dado um enfoque da Automação Industrial sob o ponto de vista de uma empresa dessa área, separando o processo da automação em quatro níveis, detalhando equipamentos e produtos, e descrevendo a metodologia utilizada pela empresa para o desenvolvimento de projetos.

Será abordado, de maneira generalizada, o processo de fabricação do revestimento cerâmico, e os projetos de automação implementados na empresa. O primeiro projeto trata do desenvolvimento do *Sistema de Inspeção Visual de Falhas para Análise de Qualidade em Piso Cerâmico*, que é um sistema, que consiste em capturar automaticamente as imagens das peças em uma esteira, para fazer o processamento de análise de qualidade destas, em tempo real, classificando-as e selecionando-as antes da embalagem.

Para supervisionar o sistema da classificação, foi desenvolvido o projeto para o *Monitoramento da Qualidade na Classificação*, cuja finalidade é supervisionar o sistema de classificação de peças cerâmicas.

Com o objetivo de automatizar o sistema de dosagem de massa para a fabricação de revestimentos cerâmicos, será descrito o *Sistema Automático de Dosagem para Formulação de Massa para Cerâmicos*.

Abstract

This monograph describes some projects involving Industrial Automation for ceramic tiles industries. It will focus industrial automation in a company, of this area, by separating the automation process in four different levels, specifying the equipments and products used and describing the methodology used to develop projects.

It will give an overview of the process of ceramic tiles manufacturing, and will describe the projects developed for those industries. The first project is about developing a Automated Visual Inspection System to the ceramic tiles industries. This system consists of capturing automatically the image of the tile, in the conveyor belt, processing and analyzing the image in real time, and classifying it.

The second project, the Supervisor Classify System, was developed to supervise the process of classifying the tiles in industry floor.

The last project developed, is a system to dosage a recipe to manufacture the pulp to be used in the ceramics process.

Sumário

Sumário	1
Capítulo 1 - Introdução	3
Capítulo 2 – A Automação e a Empresa	5
2.1 Introdução	5
2.2 Automação e Áreas de Atuação da Empresa	5
2.3 Níveis de um Sistema de Automação	6
2.3.1 Nível Atuador-Sensor	7
2.3.2 Nível Interface de Aquisição e Conversão de Dados	8
2.3.3 Nível Controle do Sistema - Processador	12
2.3.4 Nível Supervisão do Sistema	15
2.4 Metodologia utilizada para Desenvolvimento de Projetos	23
2.6 Conclusão	24
Capítulo 3 – Processo de Fabricação do Revestimento Cerâmico	25
3.1 Introdução	25
3.2 Processo de produção do Revestimento Cerâmico	25
3.2.1 Preparação da Massa	26
3.2.2 Preparação da massa atomizada	26
3.2.3 Formação do biscoito	26
3.2.4 Esmaltação e Queima	26
3.2.5 Classificação	27
3.3 Conclusão	28
Capítulo 4 - Sistema de Inspeção Visual de Falhas para Análise de Qualidade Superficial em Piso Cerâmico	29
4.1 Introdução	29
4.2 Defeitos analisados	31
4.3 Descrição do Sistema	32
4.3.1 Aquisição	33
4.3.2 Segmentação	33
4.3.3 Localização	34
4.3.4 Detecção de defeitos em bordas	38
4.3.5 Análise da Tonalidade	39
4.4 Desenvolvimento	39
4.5 Conclusões e Perspectivas	39

Capítulo 5 - Sistema Automático de Dosagem para Formulação de Massa para Cerâmicos FormIta	39
5.1 Introdução	39
5.2 Descrição do Sistema	39
5.3 Estrutura do Sistema	39
5.3.1 Nível Atuador/Sensor	39
5.3.2 Nível Interface de Aquisição e Controle de Dados	39
5.3.3 Nível Controle e Supervisão	39
5.4 Testes	39
5.5 Conclusões e Perspectivas	39
Capítulo 6 - Monitoramento da Qualidade na Classificação	39
6.1 Introdução	39
6.2 Descrição do Sistema	39
6.3 Estrutura do Sistema	39
6.3.1 Nível Sensor Atuador	39
6.3.2 Nível Interface de Aquisição e Controle de Dados	39
6.3.3 Nível Controle e Supervisão	39
6.4 Conclusão e Perspectivas	39
Capítulo 7 – Conclusões e Perspectivas	39
Bibliografia	39

Capítulo 1 - Introdução

Automação Industrial é um dos mais fascinantes desenvolvimentos na tecnologia moderna e tem criado estradas dentro de todas as áreas de atividade industrial. Eficiência no consumo de energia e de matéria prima, o lado humano do processo de manufatura, a resposta ambiental e a necessidade de controle de qualidade, são importantes fatores a serem observados a medida que a produtividade aumenta. Os progressos em diferentes áreas da automação variam enormemente, criando novos desafios e mudanças estruturais.

É nesse contexto que a empresa Santa Catarina Automação e Sistemas trabalha. Desenvolvendo sistemas e produtos na área de Automação Industrial e Redes de Microcomputadores, a empresa presta serviços a indústrias de médio e grande porte do estado, incluindo indústrias Cerâmicas, Têxteis, Alimentícias e Mecânicas (Máquinas e Ferramentas).

Foi nesta empresa que o presente projeto de fim de curso foi realizado. Onde a variedade de produtos e os diferentes sistemas que a empresa trabalha e implementa, possibilitou um amplo aprendizado em diversas áreas da Automação Industrial. Foram implementados diversos trabalhos, como o desenvolvimento de um *Sistema de Inspeção Visual de Falhas para Análise de Qualidade em Piso Cerâmico*, um *Sistema Automático de Dosagem para Formulação de Massa para Cerâmicos* e um *Sistema para o Monitoramento da Qualidade na Classificação* de cerâmicos.

Todos os projetos implementados tem algumas características em comum, a primeira delas seria que todos tratam de Automação Industrial a segunda seria que são voltados a indústria de revestimentos cerâmicos. Portanto dois assuntos são importantes no contexto desse projeto: a Automação Industrial, e a Indústria Cerâmica.

No Capítulo 2 será dada atenção especial à Automação Industrial sob o ponto de vista da empresa S.C. Automação, onde será feita uma descrição das principais áreas de trabalho, e equipamentos que a empresa utiliza. Neste capítulo, daremos maior ênfase, aos equipamentos, usados no desenvolvimento dos sistemas implementados com participação desta formanda.

No Capítulo 3, abordaremos, de maneira generalizada, o processo de fabricação do revestimento cerâmico da empresa Eliane, dando especial atenção as unidades fabris I e III, onde alguns dos projetos foram implantados.

O Capítulo 4 trata do desenvolvimento do *Sistema de Inspeção Visual de Falhas para Análise de Qualidade em Piso Cerâmico*, que é um sistema, que consiste em capturar automaticamente as imagens das peças em uma esteira, e fazer o processamento de análise de qualidade destas, em tempo real, classificando e selecionando-as antes da embalagem.

O Capítulo 5 descreve o *Sistema Automático de Dosagem para Formulação de Massa para Cerâmicos* que tem o objetivo de automatizar o sistema de dosagem de massa para a fabricação de revestimentos cerâmicos.

No Capítulo 6, será descrito o projeto para o *Monitoramento da Qualidade na Classificação de Revestimentos Cerâmicos*. Neste projeto supervisiona-se a Classificação, realizando o monitoramento das linhas de produção, a emissão de relatórios e gráficos da qualidade, por linha de produção.

Finalmente, no Capítulo 7 são apresentadas as conclusões e perspectivas desse trabalho.

Capítulo 2 – A Automação e a Empresa

2.1 Introdução

Com a busca constante das indústrias, em melhorar seus processos de produção e a qualidade de seus produtos, surge como uma das soluções, a Automação Industrial.

O dinheiro é curto, a competição é dura, a tecnologia e a demanda estão crescendo exponencialmente, dessa maneira as empresas precisam reagir as mudanças de forma rápida e flexível. Nesse mercado altamente competitivo e em constante crescimento, entra a empresa Santa Catarina Automação Industrial e Sistemas, buscando soluções inovadoras para os mais diversos setores das indústrias catarinenses.

Esse capítulo tem como objetivo inicial definir a Automação como um todo, mostrando as áreas principais de atuação da empresa e a importância da automatização. Depois disso, serão abordados os níveis envolvidos num sistema de automação. Finalmente será analisado a metodologia utilizada pela empresa para o desenvolvimento de projetos.

2.2 Automação e Áreas de Atuação da Empresa

Podemos definir Automação Industrial como sendo “Tecnologia que consiste da aplicação de sistemas mecânicos, eletrônicos e computacionais para operar e controlar a produção”. [Groover87]

Essa tecnologia inclui:

- Máquinas para o processamento de peças;
- Máquinas automáticas de montagem;
- Robôs industriais;
- Sistemas automáticos de armazenamento e manuseio de materiais;
- Sistemas automáticos de inspeção para controle de qualidade;
- Controle de processos;
- Sistemas para o planejamento, obtenção de dados e suporte a decisão.

A empresa S.C. Automação realiza trabalhos nos quatro últimos itens definidos acima, além de prestar serviços na área de redes e cabeamento ótico.

Indústrias utilizam a automação por uma série de razões, que dentre as quais podemos citar:

- Aumento da produtividade: Com a automação da manufatura alcança-se taxas de produção maiores que se as mesmas operações fossem realizadas manualmente;
- Custo alto da mão de obra: A mão de obra está cada vez mais cara, com isso um alto investimento inicial em equipamentos automatizados acaba sendo economicamente justificável;

- Segurança: Com a automação das operações, o operador acaba sendo transferido para longe das linhas de produção, evitando assim acidentes de trabalho;
- Diminuição do desperdício da matéria prima: O alto custo da matéria prima exige que o processo da manufatura, seja o mais eficiente possível.;
- Aumento na qualidade do produto: a automação não apenas produz com mais rapidez como também com mais qualidade;
- Alto custo de não automatizar: Com o mercado cada vez mais competitivo indústrias que não automatizam acabam perdendo mercado para as outras.

2.3 Níveis de um Sistema de Automação

Na empresa, costumamos dividir um sistema de Automação (Controle e Supervisão de Processos) em quatro níveis (Fig. 2.1) que são:

- Atuador/Sensor
- Interface de aquisição e conversão de dados
- Controle
- Supervisão

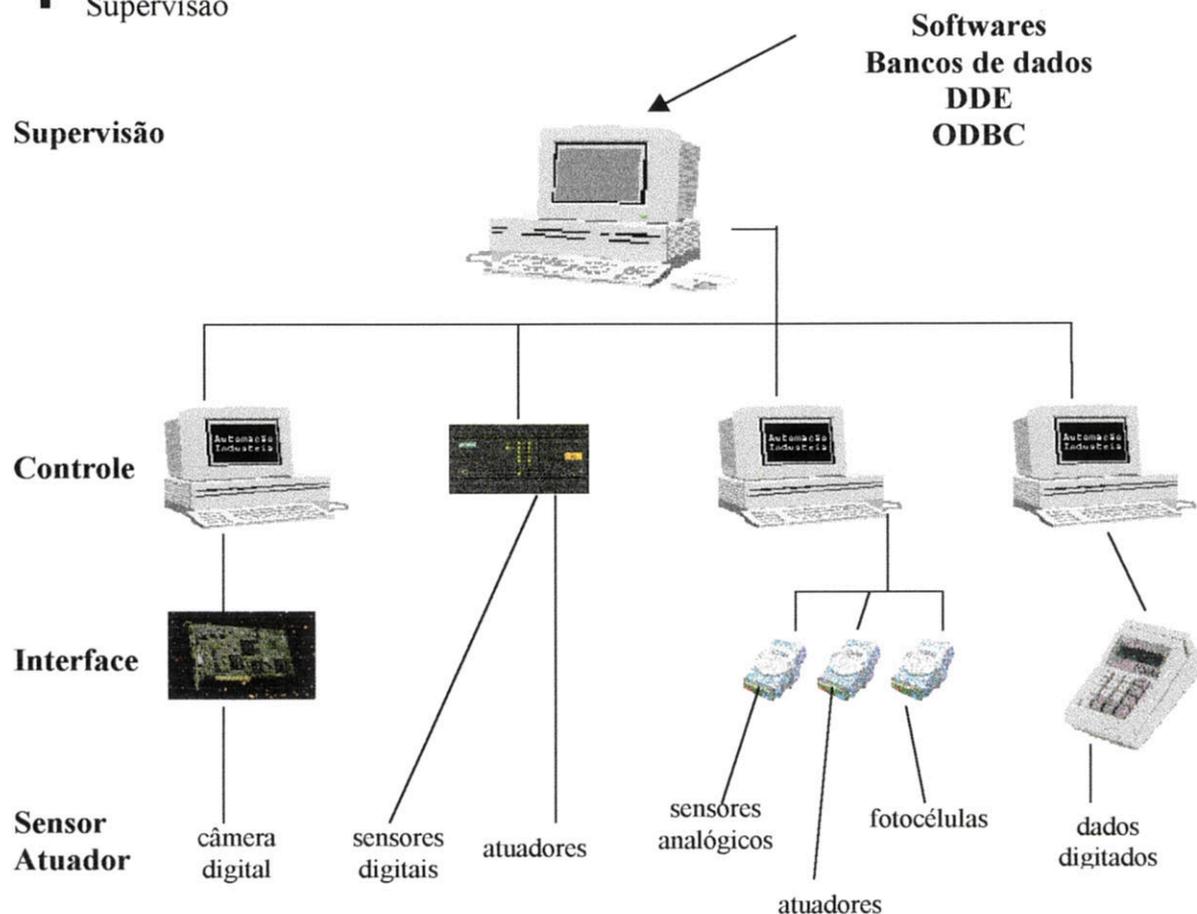


Fig. 2.1 Níveis do Sistema

2.3.1 Nível Atuador-Sensor

O controle de qualquer sistema começa com a aquisição dos fenômenos reais. Essa é a única maneira de saber em que estado o sistema se encontra para poder controlá-lo.

O sensor é aquele componente responsável pela conversão do fenômeno real, em sinais elétricos ou eletrônicos, sendo estes analógicos ou digitais.

O atuador, é responsável por uma ação de controle de forma analógica ou digital, proveniente de um comando dado pelo sistema, podendo corresponder por exemplo ao acionamento de uma válvula ou esteira.

Existem inúmeros dispositivos, disponíveis no mercado para aquisição de informações, como sensores analógicos, sensores digitais, câmeras digitais, leitores óticos, etc. A seguir serão citados alguns desses dispositivos, explicando o seu funcionamento e utilização. Será abordado com maior importância, os produtos que foram utilizados nos projetos implementados.

Sensores digitais e analógicos

Sensores podem ser analógicos ou digitais. Sensores digitais produzem sinais do tipo discretos, por exemplo, um sensor de fim de curso; o contato é sempre aberto ou fechado, não existe uma posição intermediária. Alguns exemplos de sensores digitais são: chaves elétricas, sensores fotoelétricos, ultra-sônicos, indutivos, capacitivos, pneumáticos, etc.

Um exemplo prático de uso de um sensor digital, seria o sensor fotoelétrico MF18 da Aromat (Fig. 2.2) utilizado no projeto do “Monitoramento da Qualidade na Classificação” (Cap. 6). O sensor utilizado é do tipo reflexão difusa, e a distância de alcance é aproximadamente 10 cm. Esse sensor é utilizado para a contagem do número de revestimento cerâmicos que passam na linha de produção. Esse sensor está conectado a um módulo de contagem microprocessado da Advantech. Obs.: A escolha, do tipo de sensor é fundamental para garantir a contagem correta das peças.

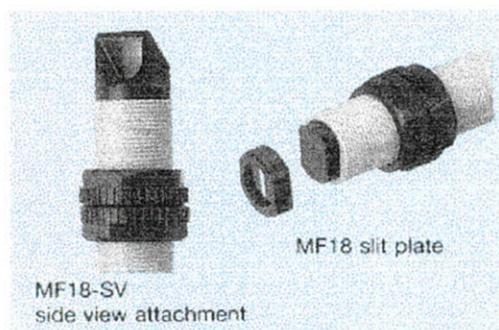


Fig. 2.2 Sensor Fotoelétrico MF18

Já, sensores analógicos, adquirem sinais referentes a medição de variáveis contínuas. Pode-se considerar por exemplo, uma medição de temperatura, onde um termopar produz na saída, um sinal em tensão proporcional à temperatura medida.

Outros exemplos de sensores analógicos são: sensores de vazão, pressão, nível, etc.

O “Sistema Automático de Dosagem para Formulação de Massa para Cerâmicos” (Cap. 5) usa uma célula de carga da Alfa (Fig. 2.3) que é um sensor analógico. Essa célula de carga está ligada a um módulo de entrada analógica, que converte o sinal de tensão, gerado pela célula de carga, em sinal digital, proporcional ao peso da balança. Obs. : Estes sensor é bastante preciso e muito sensível, e o módulo associado a ele, para conversão do sinal, é de vital importância, para evitarmos oscilações de sinal e ruídos.

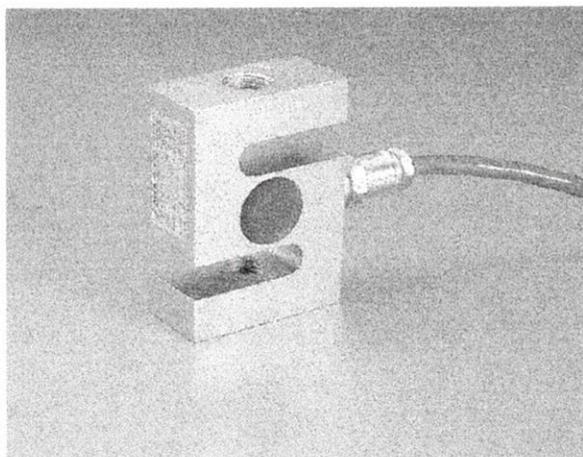


Fig. 2.3 Célula de Carga

2.3.2 Nível Interface de Aquisição e Conversão de Dados

Essa interface é utilizada para receber, e ou enviar dados dos sensores/atuadores para o nível de controle, e ou diretamente para o nível de supervisão. Exemplos de interfaces são módulos e placas de aquisição de sinais, digitais, analógicos, contagem de peças, placas de aquisição de imagem, coletores de dados, medição de frequência, etc.

A seguir são descritos algumas das interfaces mais utilizadas pela empresa.

Hardware de Aquisição de dados e Controle

O hardware de aquisição e controle de dados é necessário para interface entre o circuito eletrônico e o ambiente externo. A função deste hardware é aceitar sinais elétricos, de equipamentos como sensores, chaves, relês, entre outros, e converter os sinais em sinais ‘legíveis’ pelo computador. A função dos módulos de saída, é aceitar sinais binários de um circuito eletrônico ou de um computador, e converter esse sinal, em tensão ou corrente, para atuar em alguma carga, como acionar uma esteira por exemplo.

Hardware para aquisição de dados e controle geralmente realiza uma ou mais das seguintes funções: entrada analógica, saída analógica, entrada digital, saída digital e funções de contagem e timer.

Pode-se utilizar módulos ou placas de aquisição de dados. Em geral os módulos são utilizados quando, o sinal que se deseja medir, está longe do computador. Caso contrário utilizam-se as placas de aquisição.

Nos projetos implementados foram utilizados módulos de aquisição de dados da série ADAM 4000, da Advantech (Fig. 2.5). Esta série agrupa um conjunto de módulos inteligentes de sensor para computador, com micro-controladores embutidos. Os módulos são interligados em rede, com par trançado via RS-485, até um conversor RS-485 para RS-232 ligado ao microcomputador, onde, são controlados remotamente, através de um conjunto simplificado de comandos, em formato ASCII. Eles providenciam condicionamento de sinal, isolamento, conversão A/D e D/A, comparação de dados, funções de contagem e timer, e funções de comunicação digitais.

Sinais de Entrada Analógica (A/D)

Na conversão de sinais analógicos para digitais, níveis de tensão e corrente são convertidos para informação digital. A conversão é necessária para permitir ao computador armazenar e processar os dados.

Para a seleção de um hardware A/D deve-se considerar :

- Numero de canais de entrada
- Taxa de amostragem
- Resolução necessária
- Variação de entrada
- Ruído e não-linearidade

No “Sistema Automático de Dosagem para Formulação de Massa para Cerâmicos” (Cap. 5) foi utilizado um módulo de entrada analógica, para converter o sinal em tensão da célula de carga, em sinal digital. A variação de entrada utilizada foi de $\pm 50\text{mV}$.

Sinais de Saída Analógica (D/A)

A conversão digital analógica é o contrário da conversão A/D. Essa operação converte informação digital em sinais analógicos de tensão ou corrente. Equipamentos D/A permitem ao computador o controle de processos, como um controle PID.

Sinais de Entrada e Saída Digitais (D/D)

Funções de entrada e saída digitais são úteis em uma variedade de aplicações, como controle digital, supervisão, etc.

No “Sistema Automático de Dosagem para Formulação de Massa para Cerâmicos”, (Cap. 5), foi utilizado um módulo de entrada e saída digital, onde foram utilizadas as seguintes entradas:

- DI 0 – sensor para indicação da posição de avanço da caçamba
- DI 1 – sensor para indicação da posição de reversão da caçamba
- DI 2 - botão de início de operação

As saídas utilizadas, foram os seguintes acionamentos:

- DO 0 – esteira para frente
- DO 1 – reversão da esteira
- DO 2 - eletroválvula silicato

Funções de contagem e timer

Essas funções podem ser usadas para contagem de eventos, frequência, medição de comprimento de pulsos, períodos de tempo, etc.

No projeto do “Monitoramento da Qualidade na Classificação”, (Cap. 6), foi utilizado o módulo de entrada de contagens/frequência. Esse módulo, em específico possui um display para visualização da contagem, dois canais de contadores de 32 bits com timer programável para medição de frequência, sendo que esta pode ser de até 50KHz.

O módulo foi utilizado para a contagem da quebra de revestimentos cerâmicos. Um dos canais tem um sensor fotoelétrico localizado antes da classificação e o outro depois.

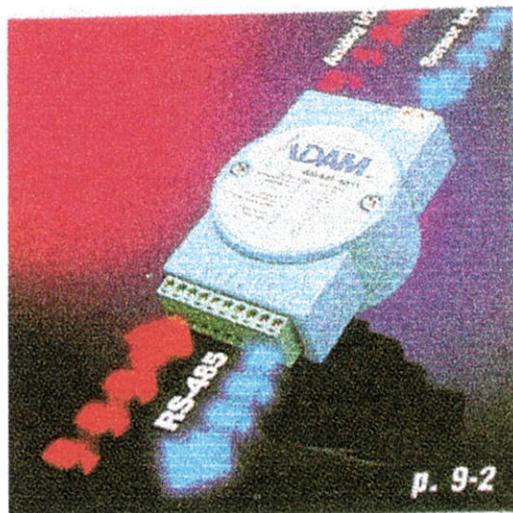


Fig. 2.4 Modulo de aquisição de dados

Placas de aquisição de imagens

Estas placas são responsáveis pela interface entre uma câmera digital, e o microcomputador, que com o uso de funções disponíveis na biblioteca da placa, pode-se capturar o buffer dos dados digitalizados, para posterior tratamento das imagens.

Dentre as placas disponíveis no mercado, levando-se em consideração, desempenho, biblioteca de utilização, e custo, a empresa optou pela utilização da “Meteor”, da Matrox (Fig. 2.5), para o desenvolvimento do “Sistema de Inspeção Visual de Falhas para Análise de Qualidade em Piso Cerâmico”

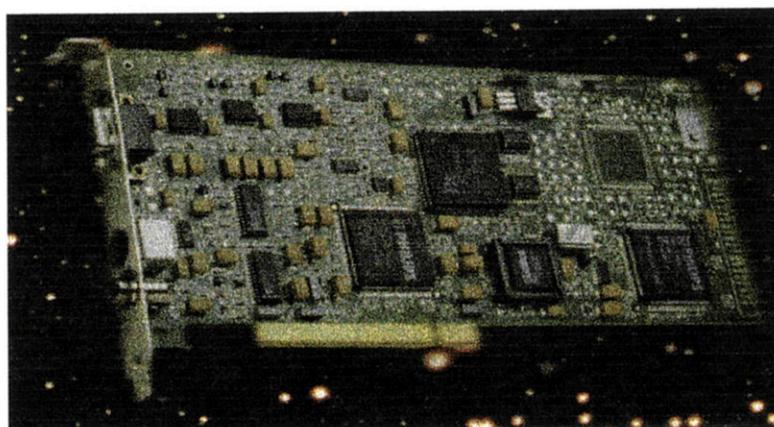


Fig. 2.5 Placa de Aquisição de Imagens Meteor da Matrox

Coletores de dados

Coletores são utilizados em aplicações onde há necessidade de aquisição de dados, como, por exemplo, controle de estoque, expedição e/ou movimentação de materiais, etc. Possuem visor de cristal líquido, teclado numérico ou alfanumérico, são de tamanho reduzido, próprios para serem carregados na mão do operador. Eles podem ser fixos ou móveis, sendo os fixos conectados diretamente a um computador para o armazenamento de dados.

Os coletores móveis, se caracterizam por funcionarem individualmente sem nenhuma conexão física com o micro. Eles tem bateria interna e podem ser levados ao campo para a coleta de dados. Em geral trabalhamos com dois tipos distintos: com memória interna para armazenamento dos dados, e com rádio-frequência para comunicação on-line. No primeiro caso a comunicação será feita com um conector serial, via cabo ou ótico, ligado ao micro para carregamento dos dados pré-adquiridos.

No projeto do “Monitoramento da Qualidade na Classificação” (Cap. 6) foi utilizado um coletor fixo (microterminal), da Urano, que tem como objetivo coletar os defeitos na classificação.

O Microterminal da Urano (Fig. 2.6) é um equipamento inteligente, microprocessado, que executa localmente os programas aplicativos desenvolvidos pelo usuário, utilizando a linguagem UACLIP. Esta linguagem desenvolvida para uso no microterminal é de alto nível, com comandos semelhantes aos encontrados no CLIPPER. O microterminal executa seus programas de forma absolutamente independente do microcomputador e dos outros microterminais presentes na rede. Ou seja, os microterminais podem executar cada um seu próprio programa, sem interferência na tarefa em andamento no PC. Os programas aplicativos são armazenados nos discos do PC sendo transferidos automaticamente para os microterminais no instante da colocação em operação do sistema. Esta transferência é comandada pelo programa PC-100. O processamento destes programas é feito localmente (pelo próprio microterminal) não ocupando a memória RAM do PC. Todos os arquivos acessados pelo programa em execução no microterminal são manipulados como se estivessem fisicamente presentes no próprio microterminal. A verdade, no entanto, é que estes arquivos encontram-se instalados na memória massa do PC (no disco rígido ou flexível). Estas características são importantes, pois permitem o compartilhamento dos mesmos arquivos por diversos microterminais em rede, dispensando assim a necessidade de instalar discos nos microterminais evitando-se custos desnecessários.



Fig. 2.6 Microterminal da Urano

2.3.3 Nível Controle do Sistema - Processador

Esse nível é responsável pela aquisição das variáveis do processo e pelo controle das mesmas.

Para a realização desse controle pode-se usar um Controlador Lógico Programável ou um Microcomputador, dependendo das características do sistema. Em geral esse controle é realizado no chão de fábrica.

A seguir será dada uma breve explicação do funcionamento e utilização dos CLPs e Microcomputadores e também a diferença entre eles.

Controladores Lógico Programáveis – CLPs

Controladores lógico programáveis, também chamados de CLPs são instrumentos microprocessados feitos para controlar equipamentos industriais. Eles podem ter sinais de entrada e saída, digitais e analógicos, configuráveis e expansíveis, conforme a necessidade. Estes controladores podem adquirir sinais e atuar em elementos como motores (bombas, esteiras), solenóides (válvulas pneumáticas ou hidráulicas), ventiladores, aquecedores, alarmes (lâmpadas ou buzinas) e outros equipamentos elétricos. CLPs são componentes vitais para automação de sistemas. Eles foram usados pela primeira vez em plantas de montagem de automóveis a 30 anos atrás e agora estão sendo usados em todos os tipos de indústrias.

No começo, CLPs eram projetados apenas para tarefas lógicas de sequenciamento (sinais digitais). Hoje a maioria dos CLPs também aceitam sinais proporcionais digitais e analógicos e podem realizar operações simples de aritmética ou comparações. Os mais sofisticados podem até gerar saídas analógicas e atuar como controladores do tipo PID (Proporcional Integral Derivativo).

Existem vários modelos e marcas disponíveis no mercado para vários tipos de aplicações. A empresa trabalha com CLPs da Siemens (Fig.2.7).

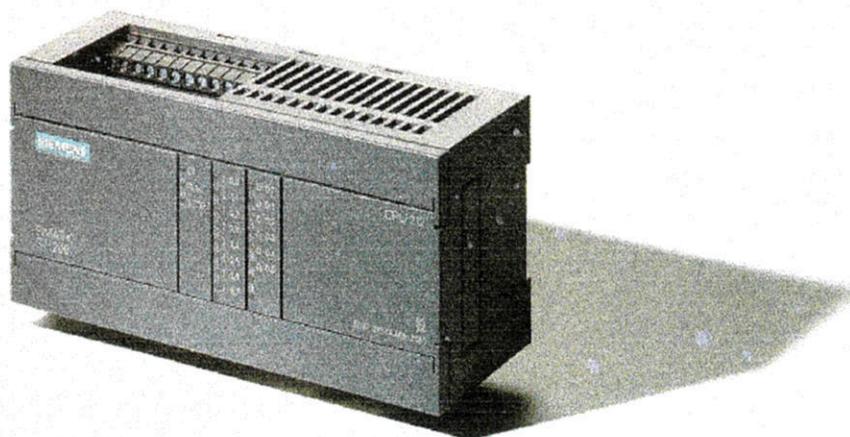


Fig. 2.7 CLP S7-200 da Siemens

Microcomputadores

Microcomputadores são usados em diversas aplicações que podem variar desde jogos e processadores de texto até o controle de sistemas industriais.

Aplicações controladas por computadores também podem ser chamadas de aplicações on-line ou em tempo real. Essas aplicações podem ser divididas em controle contínuo ou analógico e controle discreto ou digital. No controle analógico as variáveis podem mudar continuamente, e no controle discreto, as variáveis são discretas.

Para uso em sistemas industriais os microcomputadores devem preferencialmente ter uma arquitetura aberta. Para que possam comunicar-se com os mais diferentes tipos de hardware. Devem ter portas de comunicação, como podem ser slots, para conexão de placas de entrada e saída de dados ou placas multi-seriais, ou ainda portas seriais livres, que permitam a conexão com módulos de entrada e saída ou outros equipamentos que se comuniquem via interface serial.

A programação pode ser feita em qualquer linguagem que disponha de comandos para comunicação serial.

Diferenças entre CLPs e microcomputadores:

- Na teoria microcomputadores podem ser programados para realizar a maioria das funções que são realizadas por CLPs, entretanto microcomputadores normalmente não são projetados para operar no chão de fábrica onde eles podem ser expostos ao calor, umidade, atmosfera corrosiva, choque mecânico e vibração, picos de tensão. Já os CLPs são especialmente projetados para ambientes industriais;
- Enquanto microcomputadores podem interfacear com equipamentos externos usando placas de circuito especial, CLPs já contém módulos de entrada e saída para diferentes níveis de tensão e especialmente projetados para conectar com equipamentos industriais. CLPs podem ser facilmente interfaceados com uma variedade de linhas de entrada e saída, algo as vezes complicado de se realizar com um microcomputador;
- CLPs geralmente contém várias características de diagnóstico que facilitam a resolução de problemas. Eles são construídos para fácil manutenção: os módulos com defeito são simplesmente trocados;
- CLPs são geralmente programáveis usando diagramas ladder, apesar de linguagens de programação, como BASIC estarem se tornando comuns;
- Apesar de CLPs aceitarem dados analógicos e realizar operações aritméticas simples, eles não podem competir com microcomputadores na realização de rotinas matemáticas complexas.

2.3.4 Nível Supervisão do Sistema

O nível de supervisão é responsável pela apresentação dos dados, em telas desenvolvidas para esse fim, podendo também gerar gráficos, imprimir relatórios, realizar estatísticas, entre outros. Esses dados podem ser usados on-line, ou através de históricos, pela gerência, para a análise do processo e tomada de decisões. O supervisor ainda pode enviar dados para o controle, para que este atue diretamente no processo.

Para a supervisão do sistema, pode ser usado um software supervisor existente no mercado, como InTouch, Fix DeMax, Genie, Ellipse, Genesis, Unisoft, LabTech, e/ou ainda, desenvolver um software dedicado, em uma linguagem de programação existente no mercado, que atenda à requisitos mínimos como por exemplo, biblioteca para uso da interface serial, acesso a bancos de dados, etc. Pode ser feita no sistema operacional DOS, Windows 95, Windows NT ou Unix.

Atualmente verifica-se a preferência pelo Windows 95 ou Windows NT, pelo fato de serem sistemas que possuem um ambiente visual e multitarefa, que englobam a tecnologia de comunicação, que já tem implementados os protocolos de rede mais utilizados como TCP-IP e IPX, e recursos para integração como DDE e ODBC.

Linguagens de programação visual como o Delphi, Cbuilder, Visual C, Visual Basic estão sendo cada vez mais utilizadas.

A seguir serão descritos alguns dos softwares supervisórios citados acima. Serão descritos também as linguagens de programação visuais que a empresa utiliza no desenvolvimento dos programas, de banco de dados, SQL e recursos de integração (DDE, ODBC). Finalmente se descreverá brevemente as redes de comunicação.

Softwares de Supervisão

Genie

O Genie é um software de aquisição e controle de dados projetado para rodar no ambiente Microsoft Windows e Windows 95. O Genie tem uma interface gráfica para o usuário, orientada a objeto, que simplifica as estratégias de controle e apresentação dos dados.

Características : Interface gráfica orientada a objetos; Interface customizada pelo usuário; Rede para compartilhamento de dados; Interface DLL para programas desenvolvidos pelo usuário; Cálculos em tempo real; Suporte para formatos de dados ASCII, float, inteiro, byte; Alarmes; Controle PID e On/Off; Funções lógicas e de cálculo programáveis; DDE; Suporte para RS-232; etc.

Exemplos de aplicações : Automação Industrial, Controle de Processos, Interface Homem Máquina, Monitoração de Processos, Logs de dados, Testes e Medições, etc.

In Touch

InTouch é um software que permite a criação de aplicações para interface homem-máquina (MMI), de maneira rápida e fácil, para o sistema operacional Microsoft Windows. O software InTouch consiste de dois componentes principais, o WindowMaker e o WindowViewer, e seis programas de “utilidade e diagnóstico”.

WindowMaker é um ambiente de desenvolvimento onde desenhos gráficos orientados a objetos são usados para criar uma janela animada e sensível ao toque. Essa janela pode ser conectada a entradas e saídas de sistemas industriais e outras aplicações rodando em Microsoft Windows.

WindowViewer é o ambiente usado quando o programa está sendo executado, para mostrar a janela gráfica criada no WindowMaker.

Usando InTouch, o usuário pode criar aplicações poderosas e completas que utilizam os recursos do Microsoft Windows, como DDE, OLE (Object Linking and Embedding); gráficos e muito mais.

Pode-se usar aplicações InTouch em diversas áreas, como processamento de alimentos, semicondutores, petróleo e gás, automotiva, química, farmacêutica, papel, transportes entre outros.

Linguagens de Programação Visuais

Delphi

O Delphi é um sistema de desenvolvimento de aplicações baseado em componentes que permite a escrita de programas poderosos para Windows com um mínimo de código. Pode-se usar os elementos do ambiente Delphi para criar a própria interface da aplicação.

O Delphi é um dos mais recentes softwares no campo da programação visual e permite o desenvolvimento de interfaces de alto nível de uma maneira bem mais simples diminuindo assim o tempo de desenvolvimento.

Essa linguagem, sendo orientada a objetos, permite uma maior modularidade e reutilização de determinados elementos de software. Tem uma boa performance no ambiente do Windows e fornece todas as ferramentas necessárias para o desenvolvimento do software de gerenciamento, possibilitando inclusive acesso de baixo nível, comunicação serial RS – 232, utilização de rotinas de outras aplicações através de DLLs (Dynamic-Link Library), compartilhamento de dados com outras aplicações dinamicamente utilizando DDE. Além disso permite o suporte a bancos de dados, tendo a vantagem de não estar preso a um formato de dados específico. O Delphi permite o uso de tabelas dBASE ou Paradox e acesso a bancos de dados servidores SQL ou bancos de dados em outros formatos através do padrão ODBC da Microsoft.

Os aplicativos de banco de dados do Delphi não tem acesso direto às fontes dos dados que eles referenciam. O Delphi faz interface com o BDE (Borland Database Engine), que tem acesso direto a estas fontes, incluindo Dbase, Paradox e tabelas ASCII (por meio de drivers apropriados).

O BDE pode também fazer interface com SQL Links da Borland, que permitem acesso a diversos servidores SQL remotos e locais. O servidor local disponível é o InterBase for Windows; entre os servidores remotos, incluem-se o Oracle, Sybase, o Informix e o InterBase. Se for necessário acessar um banco de dados com um formato diferente o BDE pode fazer interface com drivers ODBC. Pode-se verificar como funciona o acesso a dados na figura abaixo:

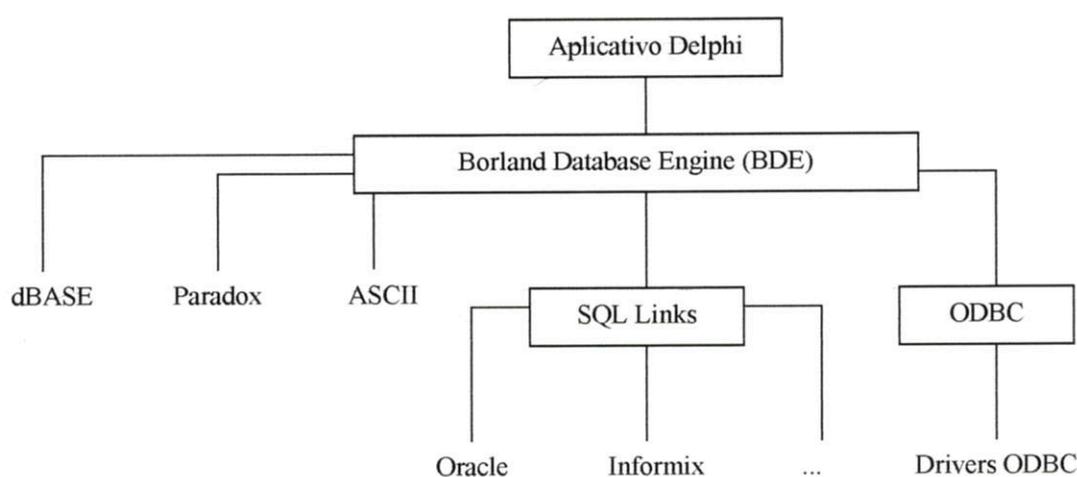


Fig. 2.8 Visão panorâmica de acesso a dados no Delphi

Borland C++Builder

Borland C++Builder é uma linguagem de programação visual orientada a objetos para desenvolvimento de aplicações gerais rápidas e aplicações cliente/servidor para Windows 95 e Windows NT. Usando C++Builder pode-se criar aplicações para Windows de alta performance com um mínimo de código.

De um modo geral C++Builder oferece as mesmas características do Delphi com a diferença da linguagem de programação ser em C++, ao invés de ser em Pascal, como no Delphi.

Banco de Dados e SQL

Um banco de dados é como um arquivo eletrônico, ou seja, tem a mesma função que qualquer outro arquivo, armazenar registros, com a única diferença de que no banco de dados os registros são armazenados eletronicamente.

Para termos acesso aos registros armazenados ou mesmo cadastrar novos registros, precisamos de um sistema que gerencie o banco de dados. Este sistema gerenciador, é que torna possível as operações com o conteúdo do arquivo, como – “Traga-me este arquivo”, “Atualize este registro”.

Existem vários tipos de sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD ou DBMS), representando diversas abordagens relativas às tarefas de acesso às informações, preservação da integridade dos dados, acompanhamento dos usuários e manutenção de segurança. Podemos classificar os sistemas em dois tipos: relacionais e não relacionais, embora seja visível no mercado o predomínio da abordagem relacional nos novos sistemas.

Em um sistema relacional, os dados são armazenados e representados exclusivamente em tabelas. Em nenhum momento faz-se necessário recorrer a outras estruturas, como árvores hierárquicas, para ter acesso aos dados. O uso de tabelas permite aos sistemas relacionais oferecer uma nova dimensão de flexibilidade e conveniência à manipulação de dados.

A linguagem SQL – Structred Query Language – é uma linguagem para gerenciar um sistema de banco de dados relacional. Não só é uma linguagem, como também tem sido tão utilizada que pode ser considerada um padrão. Consiste de uma série de declarações, adotadas de comum acordo, que nos permitem realizar diversas operações.

Temos que usar a expressão “comum acordo” porque embora uma SQL padrão tenha sido criada pela ANSI, todas as implementações particulares personalizam a linguagem de várias formas.

A linguagem SQL é utilizada de duas formas: embutida em programas aplicativos ou interativa, através de declarações executadas diretamente a partir do teclado. Entretanto a linguagem SQL em si não é nem uma linguagem interativa nem de programação. Para usá-la em qualquer uma destas formas, temos que utilizar uma interface pertencente às implementações particulares da SQL.

Recursos de Integração

DDE - Dynamic Data Exchange (Troca Dinâmica de Dados)

DDE é um protocolo de comunicação projetado pela Microsoft para permitir que aplicações rodando no Windows possam trocar dados dinamicamente entre si. Este protocolo é geralmente usado para receber e armazenar dados dinamicamente, onde aplicações cliente podem usá-lo para receber dados apenas uma vez ou no momento em que são atualizados, sendo assim muito usado para mandar informações de controle para outros instrumentos do

processo. Por exemplo, num sistema automatizado de manufatura, aplicações de clientes podem mandar set points de controle de temperatura para fornos, via DDE

Exemplos de aplicações que usam padrão DDE incluem Microsoft Excel, Microsoft Word, Lotus 1-2-3 for Windows, Wonderware InTouch, Delphi, etc.

A DDE é usada para permitir que dois aplicativos se comuniquem em uma conversa, sendo um o servidor, que é o fornecedor de informações, e o outro, cliente que é o aplicativo que gerenciará os dados recebidos.

Cada aplicativo pode agir como servidor, para diversos clientes, ou como cliente, para diversos servidores, e também como cliente e servidor ao mesmo tempo.

O papel do servidor é basicamente enviar dados para o cliente, e o papel do cliente é iniciar a conversa, solicitar os dados do servidor, enviar dados não solicitados para o servidor (poke) ou solicitar que o servidor execute comandos (execute), para tanto se faz necessário o conhecimento dos seguintes conceitos:

- Service - é basicamente o nome do aplicativo do servidor DDE. Pode ser o nome de um arquivo executável sem a extensão ou pode ser um nome diferente determinado pelo próprio servidor. Em Delphi o nome dos servidores é o nome do projeto menos a extensão .Exe ou .DPR.
- Topic - é o tema global da conversa. Pode ser um arquivo de dados, uma janela do servidor ou qualquer outra coisa. Uma conversa DDE é estabelecida entre um cliente e um servidor sobre um certo tópico. Em Delphi seria a “caption” da form.
- Item - é um identificador de um elemento de dado específico, Pode ser um campo de banco de dados, uma célula de uma planilha ou uma ação na bolsa de valores. Dentro de uma única conversa, um cliente e um servidor podem trocar dados sobre diversos itens.

Quando uma aplicação cliente estabelece um link com outro programa DDE a aplicação servidor avisa o cliente sempre que o valor do item muda. Este link permanece ativo até que um dos dois, o cliente ou o servidor, termina o link ou a comunicação. Esta é uma eficiente maneira de trocar dados porque uma vez que o link tenha se estabelecido não ocorre comunicação até que o valor do item mude.

NETDDE

Pode-se usar extensões de rede para permitir ligações DDE entre aplicações rodando em diferentes computadores conectados via rede ou modems.

Para usar NetDDE deve-se instala-lo em todos os micros que irão se comunicar. Os serviços fornecidos, são independentes de outros disponíveis na rede. Os micros, não precisam rodar na mesma plataforma, ou no mesmo sistema operacional para o funcionamento.

ODBC – Open Database Connectivity

É a interface para programas aplicativos, estratégica da Microsoft, para a conexão de dados, em ambientes de banco de dados heterôgeneos. Utilizando ODBC, os desenvolvedores podem se conectar com DBMs (Data Base Manager) relacionais ou não relacionais, tais como um Oracle, Ingres, Progress ou Informix, utilizando uma API (Interface de Programas Aplicativos) padrão.

O padrão ODBC define uma API comum, para a conexão com sistemas de banco de dados, e um método padrão, para acessar estas informações. O objetivo é fornecer a mesma interface para diversos aplicativos de usuário final, não importando o que suporta a aplicação.

Os desenvolvedores de produtos podem utilizar a interface ODBC para se conectar com múltiplos servidores de banco de dados.

O ODBC não é a única interface de banco de dados no mercado que possa executar conexões únicas ou múltiplas com banco de dados, mas parece ser a mais promissora. A maioria dos produtos de banco de dados, ou atualmente suportam o ODBC ou já anunciaram planos de suportá-lo, pois ele resolve, a maioria dos problemas com a conectividade entre cliente e servidor.

Redes de Comunicação

As redes de comunicação são parte essencial dos projetos de automação. Com o uso delas, podemos transmitir e receber dados, de e para todos os níveis de um sistema.

Para cada nível do processo são utilizados diferentes tipos de rede, isto porque não existe uma rede única que poderia corresponder a todos os níveis com o desempenho e custo desejados. Cada nível do sistema possui características próprias e necessita de requisitos de comunicação diferentes.

As características que devem ser levadas em consideração na escolha do meio são:

- a) **Confiabilidade:** Pois aplicações industriais onde são transmitidos muitos códigos de comando, leitura de medidores e comando de atuadores, um erro de um bit qualquer, pode ter consequências desastrosas. Portanto redes industriais de comunicação tem que oferecer uma elevada confiabilidade;
- b) **Meio Físico:** Devido às características do ambiente industrial, a presença de perturbações eletromagnéticas, não pode ser desprezada na escolha de uma rede de comunicação;
- c) **Tipo de mensagens e volume de informações:** Nos níveis superiores o volume de informações é muito maior que no nível do chão de fábrica. Nas aplicações mais próximas do processo, normalmente, são enviadas mensagens curtas como, por exemplo, ligar ou desligar uma unidade.

Para o nível Atuador/Sensor e Controle, uma das soluções seria o uso de protocolos proprietários ou padronizados, como fieldbus, modibus e profibus.

Para o nível de Supervisão, geralmente são usados protocolos padrões (geralmente fazem parte do sistema operacional), que tornem compatíveis os sistemas de gerência e de automação.

Na automação – PCs com sistemas Microsoft são os mais utilizados, por terem mais aplicativos e periféricos disponíveis. Mas em grandes empresas é normal encontrarmos sistemas de grande porte, com UNIX, que trabalham com o protocolo TCP-IP, ou sistemas com rede Novell, que utilizam o IPX.

Interface Serial

RS-232-C

A interface serial RS-232-C é utilizada na conexão de dois equipamentos (ponto a ponto). A comunicação é full-duplex, ou seja a linha de transmissão de um equipamento é ligada na linha de recepção do outro equipamento, e vice-versa, podendo assim os dois equipamentos enviarem e receberem dados. Pode-se utilizar handshake de hardware usando outras linhas adicionais. A taxa de transmissão pode chegar até aproximadamente 115Kbps, e a distância de transmissão máxima de 15 metros.

RS-422-A

O padrão EIA RS-422-A foi desenvolvido em 1975 para interface entre o computador cliente e seus periféricos. Permite comunicação a distâncias de até 1200 m e velocidade de até 10 Mbps, oferece uma boa rejeição à ruído, pois utiliza receivers com 7V de tensão comum e par trançado.

RS-485

A interface de comunicação RS-485, é a mais utilizada a nível industrial. Suporta conexões com vários pontos, permitindo redes com até 32 nós, e transmissão a distâncias de até 1200 m, com uma taxa de até 10Mbps. Com adição de repetidores pode-se aumentar a distância de transmissão em mais 1200 m ou adicionar mais 32 módulos. Suporta comunicação half-duplex, pois, apenas um par de fios, é usado para transmitir e receber dados.

Módulos de Comunicação

Existem, vários módulos, para aquisição de dados, disponíveis no mercado. A empresa utiliza principalmente, os módulos da Advantech que usam o protocolo de comunicação EIA RS-485 designado especialmente para as necessidades da indústria. Permite comunicação a longas distâncias com taxas de velocidade altas, com poucos fios e fácil conexão.

Os módulos usam apenas um par de fios trançados para transmitir e receber dados, sendo que circuitos especiais para redução de ruído garantem uma comunicação limpa e confiável.

Os conversores e repetidores automaticamente controlam a direção do bus RS-485 sem a necessidade de sinais externos de handshaking do computador cliente, sendo este controle totalmente transparente ao usuário.

- Conversor RS-232/RS-485: Se o computador possuir acoplado uma interface RS-485, os módulos poderão ser ligados diretamente nesta interface, caso contrário, deve-se usar o módulo em questão, para converter o canal RS-232 para RS-485. Este conversor tem proteção contra sobretensões de até 500 Vdc e trabalha com baud rates que variam de 1200 a 38400 bps.;
- Repetidor RS-485: Usa-se o repetidor quando o número de módulos conectados for maior que 32 ou quando as linhas de comunicação forem muito longas. Cada conversor/repetidor, permite adicionar mais 32 módulos a rede ou aumentar a rede em mais 1200 m. A rede pode conectar até 256 módulos.

Placa Multiserial

São placas, que disponibilizam múltiplas portas seriais. Como por exemplo a placa C114P da ICP (Fig.2..9), que é uma placa de interface com 4 portas de comunicação seriais. Cada porta pode ser configurada para interface RS-232, RS-422 ou RS-485 individualmente. A placa foi desenhada para sistemas de manufatura, integradores ou operações que necessitem de múltiplas portas de comunicação com alta performance, confiança e qualidade.

Para comunicação em alta velocidade a placa contém quatro 16C550 UARTs que oferecem buffers do tipo FIFO de 16 bytes. Armazenando os dados no buffer, antes de colocá-los no barramento, reduz drasticamente a carga da CPU. Dessa maneira a placa é perfeita para aplicações que rodem embaixo do Windows, OS/2 e SCO-UNIX.

Pode-se configurar a placa para dois diferentes modos de operação : normal ou enhanced. No modo normal todas as quatro portas podem ser configuradas para qualquer intervalo de entrada e saída e utilizar qualquer requisição de interrupção. Nesse modo pode-se usar os intervalos e as interrupções default das portas de comunicação serial.

No modo enhanced todas as quatro portas compartilham a mesma requisição de interrupção. Um vetor de interrupção global é usado para indicar qual porta que gerou a interrupção. Esse modo é mais apropriado para aplicações de alta velocidade em ambientes multitarefas como o SCO-UNIX.

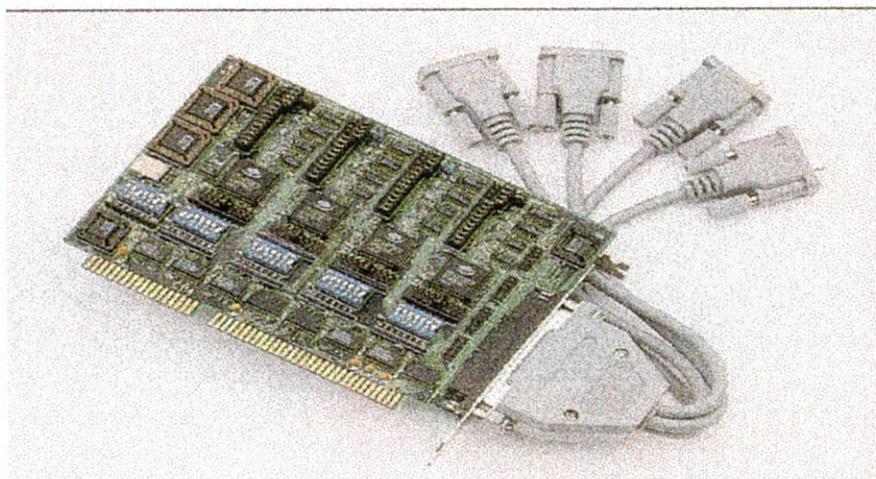


Fig. 2.9 Placa Multiserial

2.4 Metodologia utilizada para Desenvolvimento de Projetos

A metodologia utilizada para desenvolvimento de projetos divide o mesmo nas seguintes etapas:

1. Levantamento das necessidades e Especificação
 - Levantamento dos dados necessários
 - Seleção de concepções viáveis
 - Análise da viabilidade técnica
 - Análise da viabilidade econômica
 - Pré-especificação do projeto
 - Orçamento
2. Projeto
 - Detalhamento funcional
 - Requisitos
 - Estrutura do Sistema – Foco nas interfaces
 - Design Industrial
 - Seleção dos componentes disponíveis para teste e desenvolvimento
 - Modelagem rápida
 - Revisão junto ao cliente
3. Desenvolvimento
 - Definição da equipe de trabalho
 - Divisão das tarefas e prazos
 - Desenvolvimento do sistema
 - Modelagem
 - Refinamento

4. Testes

- Testes em laboratório
- Análise da qualidade
- Refinamentos

5. Implementação

- Implementação na linha de produção
- Desenvolvimento do processo de assistência técnica
- Treinamento para utilização do sistema

6. Documentação

2.6 Conclusão

O campo da Automação Industrial é bastante amplo e está crescendo mais a cada dia. Dessa maneira é importante se manter sempre atualizado, procurando trabalhar com as mais novas tecnologias, sempre que possível. A medida que novas tecnologias vão sendo criadas, as tecnologias antigas se tornam ultrapassadas. Um exemplo disso é no desenvolvimento de softwares. Há pouco tempo atrás os softwares, tanto comerciais quanto industriais, eram desenvolvidos para DOS, hoje em dia, com o advento dos softwares de programação visuais, estes sistemas estão, na sua maioria ultrapassados. Outro exemplo seriam os microcomputadores, que quando são comprados, já estão praticamente ultrapassados.

Com o surgimento dessas várias tecnologias, deparamos com um problema sério, a integração e a comunicação. Diferentes fabricantes e diferentes produtos, todos falando diferentes linguagens e tentando se comunicar. Por isso a padronização é bastante importante, e é nesse sentido que estamos caminhando.

Capítulo 3 – Processo de Fabricação do Revestimento Cerâmico

3.1 Introdução

Esse capítulo tem como objetivo descrever o processo de fabricação do revestimento cerâmico da Eliane Revestimentos Cerâmicos. Será descrito o processo como um todo, sendo dada maior atenção as partes, onde foram implementados os projetos que serão descritos nos próximos capítulos.

3.2 Processo de produção do Revestimento Cerâmico

É um processo de manufatura, onde parte-se da matéria prima, no caso argila, e através de operações sobre esta, chega-se ao produto final que é o revestimento cerâmico. Como podemos ver na Fig. 3.1.

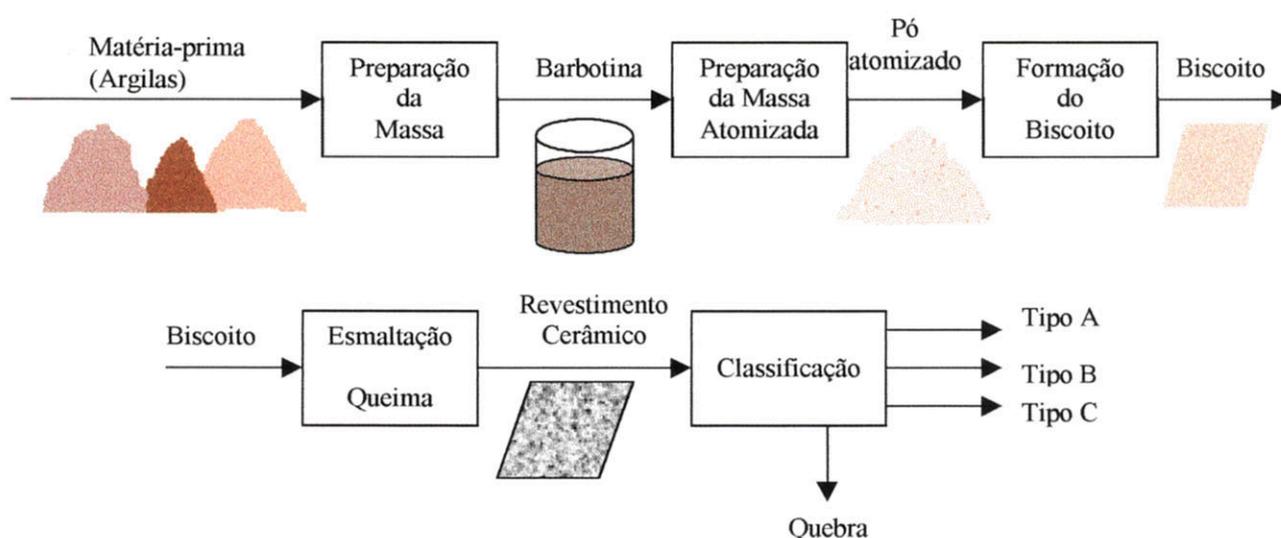


Fig. 3.1 Fabricação do piso cerâmico

Podemos dividir a produção do revestimento cerâmico em algumas etapas como descrito abaixo:

- Preparação da massa;
- Preparação da massa atomizada ou pó atomizado;
- Formação do biscoito;
- Esmaltação e Queima;
- Classificação.

3.2.1 Preparação da Massa

O início do processo de fabricação do revestimento cerâmico se dá com a preparação da massa. A massa é composta por diferentes tipos de argilas, que quando misturadas e processadas resultarão no revestimento cerâmico. Existem alguns tipos diferentes de massa dependendo do tipo de revestimento que será produzido, para tanto temos diferentes receitas.

Pode-se pensar como sendo a preparação de um bolo, temos a receita que contém os ingredientes e suas respectivas quantidades, e devemos adicionar todos os ingredientes dentro de uma vasilha, respeitando uma determinada ordem e a quantidade especificada, depois bater e colocar para assar. Assim como temos diferentes receitas de bolo, também temos diferentes receitas de revestimentos cerâmicos, a diferença é que a quantidade de cada ingrediente é muito maior, e o processo é um pouco mais demorado, mais complicado e mais caro.

Para a preparação da massa, deve-se então seguir uma determinada receita, e adicionar todos os ingredientes dentro de uma caçamba. O início do processo, se dá com o transporte da argila para a caçamba. Um trator pega a argila e despeja num silo, que tem saída para uma esteira. A esteira transporta a argila até a caçamba. Essa caçamba está colocada em cima de uma balança, para verificação do peso do ingrediente a ser carregado. Quando alcança-se o peso correto, a esteira para, e retorna para retirada da argila que sobrou.

Quando todas as argilas forem adicionadas a caçamba, acrescenta-se o silicato. O silicato tem a função de dar liga a massa. Os ingredientes armazenados na caçamba são então descarregados num moinho. Os ingredientes despejados no moinho resultam na barbotina. O moinho é como uma grande bateadeira que prepara uma massa uniforme. Os ingredientes são misturados durante aproximadamente 7 horas. A barbotina é uma massa líquida de cor escura.

3.2.2 Preparação da massa atomizada

A barbotina passa então por um atomizador formando grãos uniformes constituindo uma massa chamada de pó atomizado. Esse pó atomizado é armazenado em silos de estocagem para serem utilizados posteriormente na a formação do biscoito.

3.2.3 Formação do biscoito

A massa atomizada é então prensada para a formação de biscoitos (substratos cerâmicos), e estes biscoitos são transportados por correias até um secador para retirar a umidade.

3.2.4 Esmaltação e Queima

Depois do biscoito sair do secador ele entra na linha de esmaltação onde ele passa pelo primeiro véu campana (esmalte), um tipo de tinta que cai em forma de cortina sobre os revestimentos cerâmicos e que fornece o brilho dos revestimentos cerâmicos e características

gerais de um produto esmaltado como impermeabilização, retificação, etc. Após o véu campana, o biscoito passa por rebarbadores que fazem uma limpeza nas laterais do revestimento cerâmico e são transportados pelas correias até as máquinas serigráficas responsável pela decoração dos revestimentos cerâmicos.

Completada as operações de esmaltação os revestimentos cerâmicos são transportados para o forno onde é feita a queima.

3.2.5 Classificação

Do forno os revestimentos cerâmicos são transportados por esteiras para a classificação. Na classificação eles serão classificados em A, C ou D ou poderão ser descartados. Essa classificação é baseada na qualidade superficial do piso cerâmico como descrito abaixo.

Qualidade Superficial

A qualidade da superfície do revestimentos cerâmico é determinada pela presença de determinados defeitos de fabricação tais como: trincas, gretas, falta de esmalte, ondulações, depressões, furos, pontos, manchas, defeitos de decoração, cantos e arestas quebrados, diferenças de tamanho e de tonalidade. Para tanto todos os revestimentos são divididos em classes:

- Classe A - a peça é desta classe quando o observador à distância de um metro não verificar defeito algum;
- Classe C - a peça é desta classe quando o observador à distância de um metro verificar algum defeito que não fora percebido quando estava à distância de três metros;
- Classe D - a peça é desta classe quando o observador verificar algum defeito já à distância de três metros.

Obs.: Nas classes A e C são permitidas misturas de até 4% da quantidade da classe imediatamente inferior. Nas classes C e D, são admitidas diferenças de tamanho e tonalidade.

Podemos dividir a etapa da Classificação em outras duas etapas. A primeira a inspeção visual realizada por um operador humano, e a segunda, a inspeção automática realizada por uma classificadeira.

A inspeção visual é realizada por um operário que analisa os revestimentos cerâmicos conforme eles passam a sua frente. Dependendo do defeito ele marca a peça com uma caneta apropriada ou retira o revestimento cerâmico da esteira, caso o defeito for muito grande, como quebra de um pedaço. Esse trabalho é muito cansativo, já que as peças passam continuamente, e também não é totalmente confiável.

A peça após passar pelo operário passará por uma classificadeira para a inspeção automática, que no caso da Eliane unidade III, é a Selet50 da Nuovafima. Essa classificadeira analisa outras propriedades do revestimento cerâmico como planaridade, curvatura, tamanho. Depois disso é separado de acordo com as classes, e embalado automaticamente.

3.3 Conclusão

Os projetos implementados completamente na Eliane Revestimentos Cerâmicos, durante a realização desse estágio, foram:

- Sistema Automático de dosagem para Formulação de Massa para Cerâmicos, implementado na Eliane I na etapa da Preparação da Massa
- Monitoramento da Qualidade na Classificação, implementado na Eliane III na etapa de Classificação.

Além desses projetos implementados, temos o Sistema de Inspeção Visual de Falhas para Análise de Qualidade em Piso Cerâmico, que está ainda em fase de desenvolvimento. O objetivo do sistema é tornar a etapa da Classificação totalmente automática, substituindo a inspeção visual do operador por uma inspeção visual automática.

Capítulo 4 - Sistema de Inspeção Visual de Falhas para Análise de Qualidade Superficial em Piso Cerâmico

4.1 Introdução

As técnicas de visão por computador tiveram grandes avanços nos últimos anos que favoreceram sua utilização em várias aplicações industriais. No começo as técnicas de visão eram empregadas na resolução de problemas pouco complexos, como operações simples de medição ou verificação da presença, posição e orientação de objetos. Com o decorrer do tempo, o processamento da informação visual feita por seres humanos, foi melhor compreendida e, além disso, os computadores tornaram-se mais velozes, permitindo agora a construção de máquinas capazes de analisar a informação visual de forma mais eficiente. As técnicas de visão por computador são chamadas de visão industrial.

A área de visão industrial compreende o estudo dos processos que permitem às máquinas verem e atuarem em função do que estão vendo.

A visão industrial é utilizada nas indústrias para melhorar a qualidade e a produtividade, podendo ser aplicada com sucesso em diferentes processos industriais, como por exemplo, na inspeção de itens a procura de amostras defeituosas ou leitura de caracteres.

A aplicação industrial das técnicas de visão por computador requer um equilíbrio em quatro diferentes áreas:

- Algoritmos
- Arquiteturas de processamento
- Mecânica
- Sensores

É a integração dessas quatro áreas que diferencia a visão industrial das técnicas comuns de processamento de imagem. Nessas últimas, não existe uma preocupação com a complexidade dos algoritmos, ou com os cuidados necessários para a iluminação da cena, na hora certa de adquirir uma imagem.

Quando se usa o termo visão industrial, pode-se imaginar os olhos de robôs encarregados de guiá-los em tarefas complexas como montagem ou manipulação de materiais. Mais a atividade mais comum desempenhada por esses sistemas é na área de inspeção e/ou medição visual.

Na indústria a inspeção do produto é uma importante tarefa dentro do processo produtivo. Em alguns casos, requer-se que 100% das peças fabricadas sejam inspecionadas. Nesse caso o processo de inspeção chega a ser tão importante quanto o processo de transformação de matéria-prima.

A tarefa mais difícil de inspeção visual, é aquela na qual deve-se analisar a aparência visual de um objeto. Atualmente a inspeção visual depende principalmente de inspetores

humanos, cujo desempenho é geralmente variável e inadequado. No processo de inspeção visual deve-se analisar um mesmo tipo de peça repetidas vezes, para que se possa encontrar defeitos em relação a uma peça padrão. Como cada vez mais o mercado exige produtos de qualidade e as dimensões dos defeitos significativos estão longe do limite de percepção do ser humano, em um ambiente com razoáveis condições de trabalho. Em geral, condições de trabalho ideais são raras em indústrias. Além disso, estudos realizados demonstram que o desempenho do sistema visual humano declina com as tarefas monótonas e rotineiras, permitindo que peças defeituosas não sejam percebidas. Como resultado, podemos ter uma tarefa de inspeção custosa e errônea. É aqui que a inspeção visual apresenta uma alternativa vantajosa em relação ao inspetor humano.

No mundo industrial pode ser difícil justificar a necessidade de um sistema de inspeção visual. A principal justificativa para esse tipo de sistema é a economia a médio e longo prazos, pois a máquina oferece uma relação custo e benefício maior que um inspetor humano. Outros objetivos na automação de uma atividade industrial são:

- Maior produtividade: os inspetores visuais são lentos quando comparados com os sistemas automáticos;
- Dispensar operadores humanos de tarefas rotineiras;
- Realizar tarefas de inspeção em ambientes perigosos;
- Reduzir a demanda de inspetores humanos altamente qualificados;
- Eliminar a subjetividade no processo de inspeção;
- Compatibilizar as velocidades de inspeção com as altas velocidades de fabricação.

Na Fig. 4.1 podemos verificar a estrutura geral de um sistema de inspeção automática aplicado a classificação de revestimento cerâmicos:

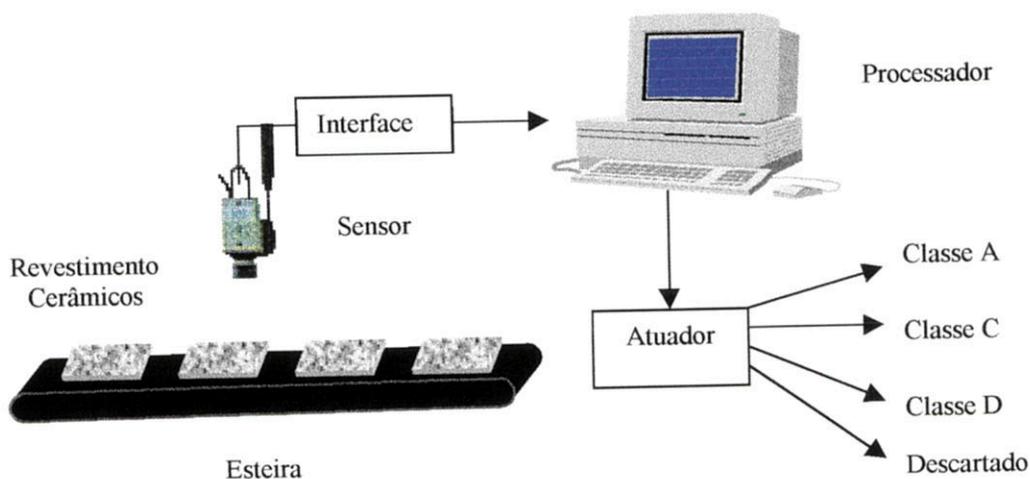


Fig. 4.1 Estrutura Geral de um Sistema de Inspeção Automática

No sistema ilustrado na Fig. 4.1, um sensor adquire a informação proveniente do mundo real. Tal informação é usualmente adquirida na forma de uma imagem do objeto que se quer analisar. Portanto o tipo de sensor mais comum utilizado na área de automação inteligente é uma câmera que gera um sinal eletrônico como saída. O sinal é transportado a um

processador, geralmente um computador digital. Para que o computador possa entender esse sinal é necessária uma interface entre o sensor e o processador, que no caso seria uma placa de aquisição de imagens.

A estrutura mostrada na figura pode substituir e melhorar a inspeção visual de peças cerâmicas. A câmera e o processador substituem o inspetor humano na linha de produção. A esteira leva o revestimento cerâmico a ser inspecionado até a câmera, que digitaliza a imagem da peça a ser analisada. Tal imagem é levada ao processador para ser analisada. Após essa análise é tomada a decisão sobre a classe que o revestimento cerâmico pertence. Em função da classe determinada, deve-se acionar um mecanismo a fim de separar os objetos segundo a sua classificação.

A tarefa de inspeção visual na indústria cerâmica é, ainda hoje, fortemente dependente de inspetores humanos. Nas linhas de produção modernas existem grandes volumes de revestimento cerâmicos por unidade de tempo. Considerando que nesta indústria os itens apresentam um grande grau de uniformidade, exige-se uma grande concentração por parte do operador. Essa conjunção de fatores torna errática a tarefa de inspeção humana. Esses fatores e outros citados anteriormente fazem com que seja vantajoso o emprego de um sistema de inspeção visual automático. Dentre as vantagens já citadas deve-se incluir também a uniformização de critérios para determinar a conformidade ou não do produto, a possibilidade de imprimir relatórios e estatísticas de produção, a fim de atingir-se a máxima eficiência no processo produtivo.

Os tipos de defeitos que devem ser detectados estão relacionados com a aparência da peça e são chamados de defeitos cosméticos. Esses defeitos podem ocorrer no perímetro da peça, como cantos quebrados e/ou lascados, ou na superfície. Os defeitos na superfície podem ser modificação na topologia da peça ou no desenho decorativo.

O objetivo do *Sistema de Inspeção Visual de Falhas para Análise de Qualidade Superficial em Piso Cerâmico* é a detecção dos defeitos cosméticos. Como esse sistema ainda está em desenvolvimento, o presente trabalho apresentará o estudo realizado até o presente momento que se baseia na análise da tonalidade da peça e na verificação de cantos e/ou arestas quebradas ou lascadas.

4.2 Defeitos analisados

Uma mesma peça cerâmica (piso ou revestimento cerâmico), pode apresentar inúmeros defeitos de fabricação, que são causados em várias etapas do processo produtivo. Normalmente avalia-se o defeito de maior intensidade e o produto é desclassificado, ou classificado em classes inferiores. Análises de problemas somente podem ser feitas após a inspeção pelo controle de qualidade, depois da produção estar concluída. Normalmente se faz necessário reclassificações do mesmo produto, após ter sido embalado e paletizado, elevando o custo do mesmo. Foi feito um estudo junto a algumas indústrias cerâmicas do estado, Cecrisa e Eliane, sobre os defeitos mais frequentes e/ou mais difíceis de se analisar. Chegou-se a conclusão que um sistema para análise da tonalidade do piso cerâmico, seria bastante importante para a análise da qualidade. Isso se deve ao fato que devido à composição das matérias primas, tanto da peça queimada quanto dos esmaltes, dificilmente, em um mesmo

lote de produção, a tonalidade seja uniforme. Normalmente verificam-se leves desvios dos tons obtidos anteriormente, que porém, na classificação humana, passam despercebidos, verificando a diferença somente após o produto estar colocado na casa do cliente, o que em certos casos, é passível até de indenização.

Outro problema em relação à tonalidade, são as diferenças entre as datas de produção. Tonalidades obtidas em lotes anteriores, devem ser comparadas para impressão na caixa, dos códigos dos referidos tons. Como a variação não é pequena, normalmente abre-se tons novos, não considerando estoques internos, em poder de terceiros, ou aquisições já efetuadas.

Outro defeito bastante comum seriam cantos e arestas quebrados ou lascados.

Por esses motivos os primeiros defeitos que serão tratados pelo sistema serão aqueles reativos à tonalidade e defeitos em bordas. Com esse sistema implementado pode-se continuar o estudo até que se chegue ao desenvolvimento do sistema completo.

4.3 Descrição do Sistema

O sistema consiste de um equipamento capaz de capturar automaticamente as imagens das peças em uma esteira, e fazer o processamento de análise de qualidade destas em tempo real, classificando e selecionando-as antes da embalagem.

Podemos verificar a estrutura do sistema através do diagrama de blocos mostrado na Fig. 4.2.



Fig. 4.2 Diagrama em blocos do sistema de análise e classificação de peças cerâmicas

A seguir será feita uma descrição de cada um desses blocos.

4.3.1 Aquisição

A aquisição das imagens é realizada através de uma câmera acoplada a um sistema computadorizado que adquire e armazena as imagens da peça cerâmica a serem analisadas. O sistema computadorizado é composto de um computador e de uma placa de aquisição de imagens. A imagem adquirida é composta da peça cerâmica mais o fundo conforme podemos verificar no exemplo da Fig. 4.3.

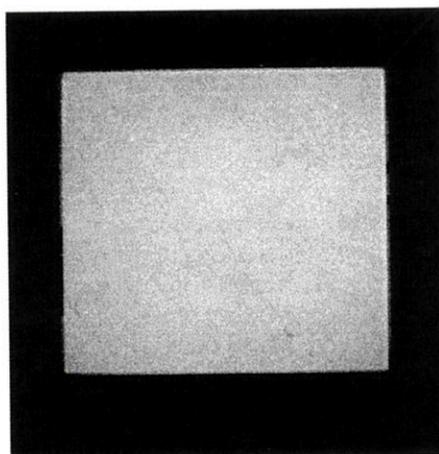


Fig. 4.3 Imagem de uma peça cerâmica adquirida pelo sistema

4.3.2 Segmentação

Como foi dito anteriormente a imagem é composta pela peça mais o fundo, sendo que a posição exata da peça dentro da imagem é, a princípio, desconhecida. Por esse motivo é necessário determinar a posição da peça dentro da imagem. As técnicas de processamento de imagem responsáveis por essa tarefa são as de segmentação. A segmentação da imagem é o processo de particionar a imagem em regiões disjuntas.

Um dos métodos mais utilizados de segmentação é o estabelecimento de níveis limiares no histograma de tons de cinza da imagem. Essa técnica é adequada quando se tem um alto nível de contraste entre a peça e o fundo.

Assim a segmentação de uma imagem com base nesse tipo de histograma é possível de ser realizada mediante o uso de técnicas simples. Nesse caso o principal objetivo seria o de determinar a posição da peça.

Podemos verificar pela Fig. 4.4, um histograma de nível de cinza de uma peça cerâmica em estudo. Pela figura verificamos a presença do vale que separa a peça cerâmica, o objeto (valores mais altos), do fundo (valores mais baixos).

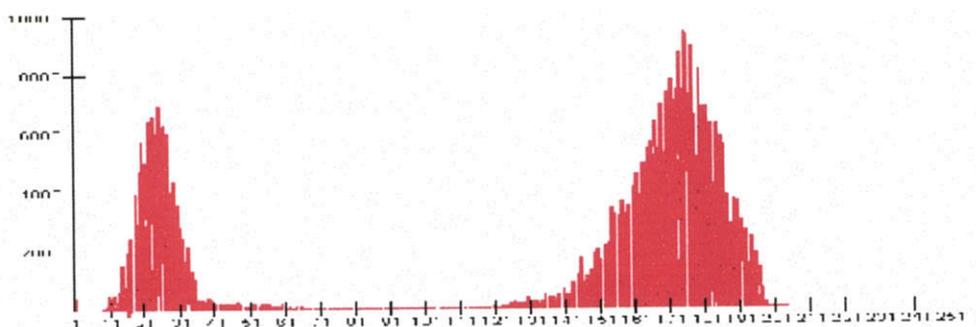


Fig. 4.4 Histograma dos Níveis de Cinza

4.3.3 Localização

Como a posição da peça na imagem pode ser variável é necessário localizar com precisão a peça na imagem em questão. Assim, com base no resultado da segmentação, os pixels da imagem estão agrupados em dois conjuntos, o objeto e o fundo. Faz-se então a binarização da imagem da seguinte maneira: para os pixels pertencentes ao objeto atribui-se o valor 1, caso contrário o valor 0. Teremos então uma imagem binária onde o fundo terá valor 0 e o objeto valor 1.

Para a detecção da peça são utilizadas 4 máscaras. Cada máscara para detectar um determinado canto. Na Fig. 4.5 são mostradas as áreas de ação de cada máscara.

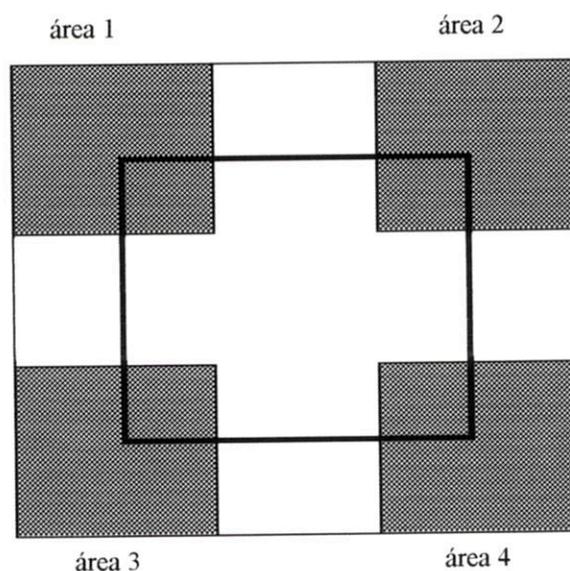


Fig. 4.5 Área de ação das máscaras para detecção dos cantos da peça

Quanto menor for a área de busca, menor será o tempo despendido para executar essa tarefa. Idealmente, a área de busca é zero pixels. Isto ocorre quando é possível estimar a posição exata da peça.

Para ilustrar tal procedimento, é mostrada na Fig. 4.6 uma máscara utilizada para realizar a detecção do canto superior esquerdo.

	i	i+1	i+2	i+3	i+4	i+5	i+6	i+7
j								
j+1			X					
j+2	0							
j+3								
j+4								

Fig. 4.6 Máscara de detecção do canto superior esquerdo

Podemos verificar na figura abaixo o canto superior esquerdo da imagem segmentada. Para efetuar a detecção desse canto por meio da máscara mostrada acima, o pixel marcado por X, deve satisfazer as seguintes condições para ser considerado um canto:

Condição 1: $I(j+2,i)=0$

Condição 2:
$$\sum_{x=i+2}^{i+7} \sum_{y=j+1}^{j+4} I(x,y) \geq \alpha$$

Condição 3:
$$\left\{ \sum_{\substack{x=i+2 \\ y=j}}^{i+7} I(x,y) + \sum_{\substack{y=j \\ x=i+1}}^{j+4} I(x,y) \right\} \leq \beta$$

Onde $I(x,y)$ é o valor do pixel após a binarização, podendo ser 0 ou 1.

A condição 1 é para não permitir que a máscara entre dentro da peça, e portanto se efetuarem cálculos desnecessários. Logo quando a condição 1 não é verificada, as outras condições não precisam ser testadas. O valor das constantes α e β para o caso ideal é de 24 e 0, respectivamente. Entretanto essas constantes devem ser escolhidas em função da qualidade

da iluminação. Valores aceitáveis, obtidos experimentalmente, podem estar dentro dos seguintes intervalos:

$$20 \leq \alpha \leq 24$$

$$0 \leq \beta \leq 5$$

No caso ideal a imagem segmentada é da forma mostrada na Fig. 4.7, o que, infelizmente, não ocorre na prática. No caso real a imagem segmentada tende a ser da forma mostrada na Fig. 4.8, mesmo se a iluminação estiver adequada. Isto porque, a borda das peças, geralmente são do tipo rampa e, porque a peça pode estar levemente rotacionada. Quando isso acontece, as constantes, α e β , devem assumir algum valor pertencente ao intervalo dado anteriormente. Com o objetivo de não detectar uma quantidade excessiva de pixels candidatos a serem o pixel do canto, o valor escolhido deve inicialmente estar mais perto do valor ideal.

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Fig. 4.7 Canto superior da imagem da peça binarizada – Caso Ideal

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	1	1	1	1
0	0	1	1	0	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	0	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Fig. 4.8 Canto superior da imagem da peça binarizada – Caso Real

As outras máscaras para localizar os outros cantos, exigem o mesmo princípio discutido anteriormente para o caso do canto superior esquerdo.

Após serem localizados os quatro cantos da peça cerâmica, partimos para a próxima etapa que consiste na individualização das duas áreas que serão submetidas a um tipo particular de análise dependendo se estas correspondem a uma região de bordas ou a uma região interna da cerâmica.

Na Fig. 4.9 e 4.10 são mostradas as regiões onde serão realizadas cada uma destas análises.

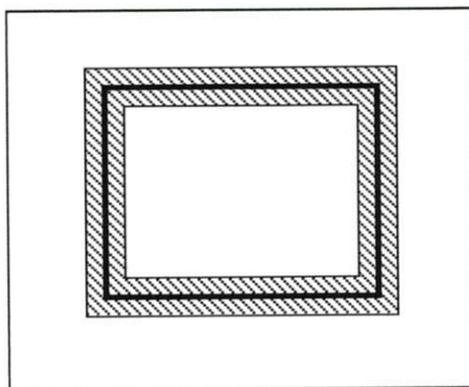


Fig. 4.9 Região de procura de defeitos em borda

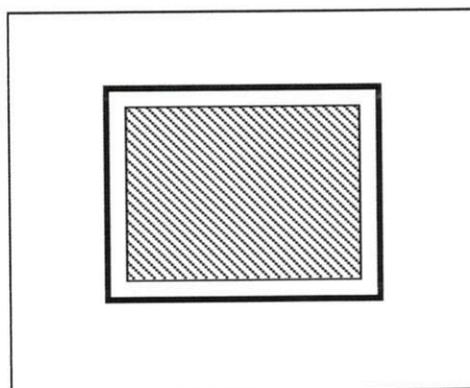


Fig. 4.10 Região de procura interna

4.3.4 Detecção de defeitos em bordas

Para análise dos defeitos de borda utiliza-se o operador diferença $D[.]$ [Gonzales 92]. Esse operador é aplicado na região das bordas, mostrado na Fig. 4.9, da peça a ser analisada. O modelo de borda que mais se adapta as imagens reais é do tipo rampa, mostrado na Fig. 4.11.

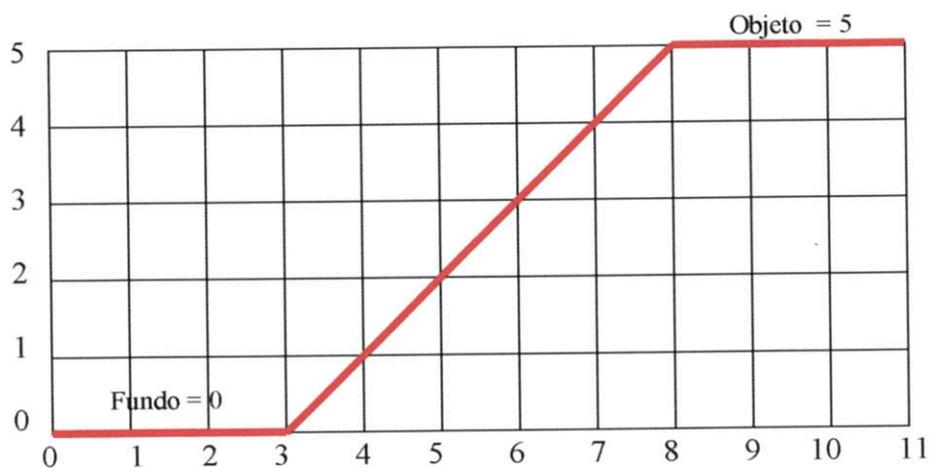


Fig. 4.11 Rampa

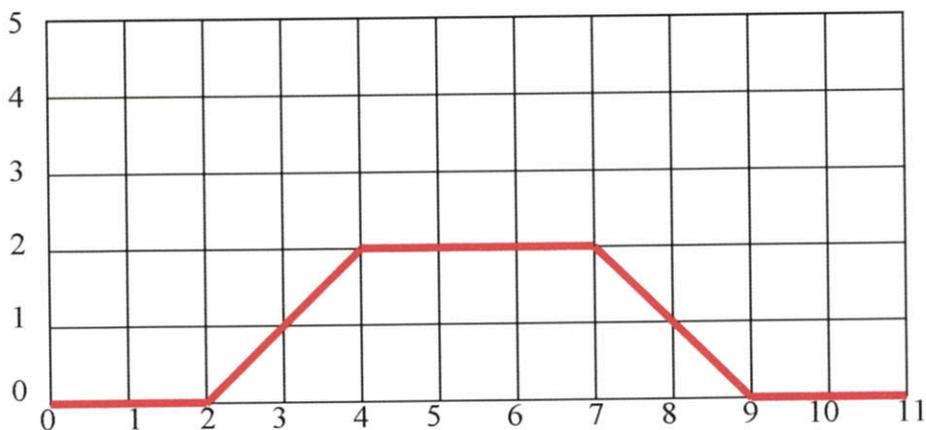


Fig. 4.12 Derivada da Rampa segundo o operador $D[.]$

Na Fig. 4.12 pode-se ver o resultado da aplicação do operador diferença à rampa.

$$D[.] = |f(x+1) - f(x-1)|$$

Na Fig. 4.13 é mostrado o resultado do operador diferença aplicado a uma imagem real. Pode-se observar que o operador produz a máxima resposta na região de transição, região das bordas. Os máximos valores da derivada devem se encontrar, idealmente, numa mesma coluna ou numa mesma linha. Portanto, um deslocamento de Δx em relação à coluna ou Δy em relação à linha dos máximos indica que a peça sob análise possui uma borda defeituosa. Para o caso ideal deve-se estipular um Δx ou Δy igual a 1, para detecção de defeito de borda. No caso real, a peça pode não estar centrada adequadamente, dessa maneira podemos ter um Δx de até

10 pixels do início ao fim de uma linha. Isso nos levará a uma análise incorreta. Por isso deve-se analisar o desvio Δx em trechos de no máximo 20 linhas (ou colunas).

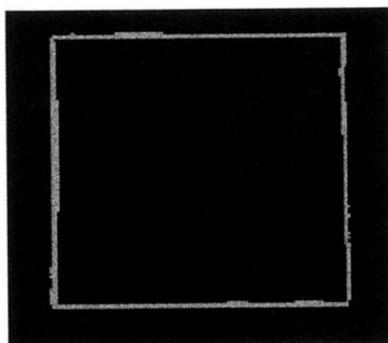


Fig. 4.13 Derivada da Imagem

4.3.5 Análise da Tonalidade

Para análise da tonalidade deve-se primeiramente fazer o histograma do nível de cinza da região interna da cerâmica. Feito isso calcula-se o tom médio da peça em questão. O tom médio é calculado da seguinte maneira:

$$\text{Tom Médio} = \frac{\sum_{i=0}^{255} i \cdot h(i)}{N}$$

Onde, i é o tom em nível de cinza, que pode variar de 0 (preto) até 255 (branco); $h(i)$ é o número de pixels da imagem que pertencem a aquele tom e N é o número total de pixels da região analisada.

O tom médio encontrado será comparado com o tom de uma peça padrão, e com base no resultado dessa comparação, pode-se classificar a peça cerâmica.

4.4 Desenvolvimento

O protótipo do sistema é composto pela câmera, placa de aquisição de imagens e pelo microcomputador.

O software está sendo desenvolvido na linguagem CBuilder, devido à facilidade de visualização da imagem para verificação e validação dos algoritmos. Como o tempo de processamento tem que ser relativamente curto, provavelmente o software final terá que ser implementado em Borland C.

Foi implementada uma caixa de ferramentas, com as funções de aquisição, segmentação, localização, detecção de defeitos em bordas e análise da tonalidade, para testes e validação dos algoritmos.

Para a aquisição de imagens, foi utilizada a biblioteca MIL (Matrox Imaging Library) que vem junto com a placa de aquisição Meteor da Matrox. Podemos verificar na Fig. 4.14 uma imagem capturada pela placa e a tela principal do programa com as caixas de ferramentas.

As outras funções de segmentação, localização, detecção de defeitos em bordas e análise da tonalidade foram implementadas em C++.

Podemos verificar na Fig. 4.15 um exemplo do histograma resultante da comparação de uma peça padrão com a peça analisada. Pelo histograma podemos verificar a diferença de tonalidade. Vale ressaltar que nessas aquisições a iluminação não era a mais adequada, e por isso os resultados não são sempre confiáveis.

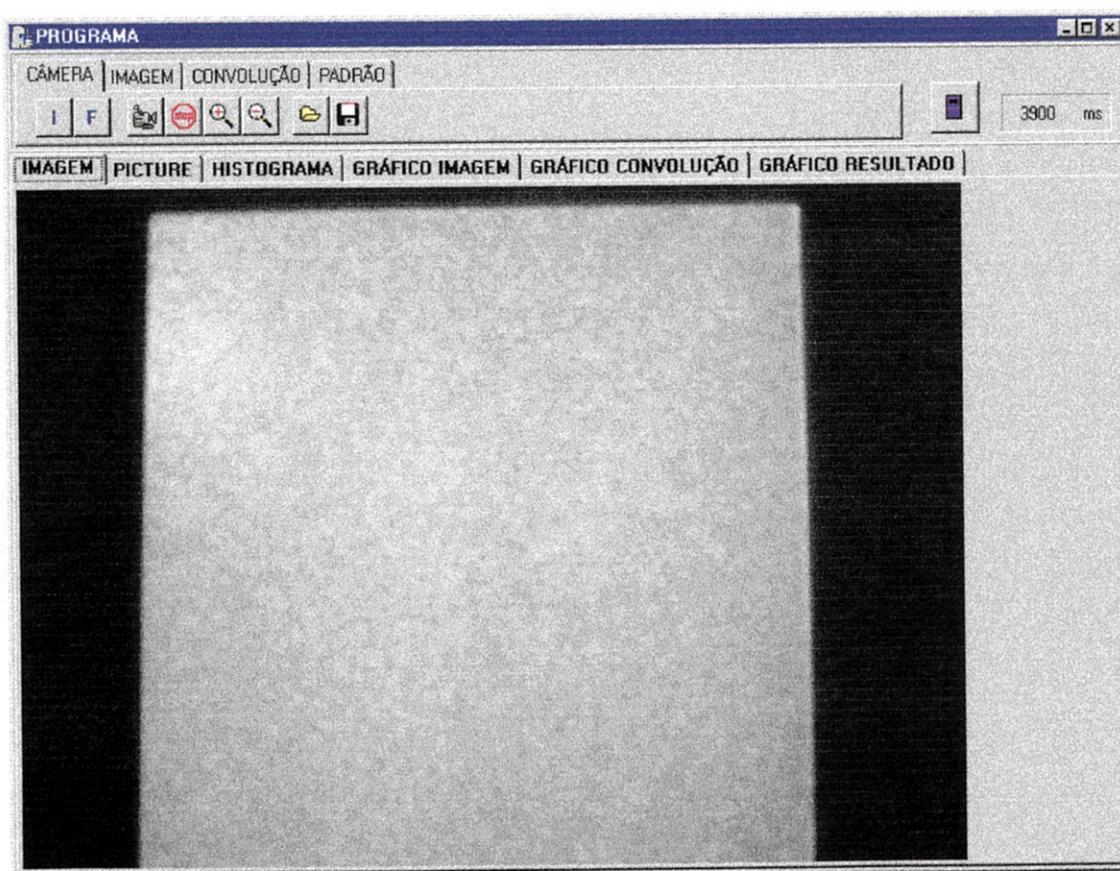


Fig. 4.14 Tela Principal do Programa de Imagens com uma imagem capturada

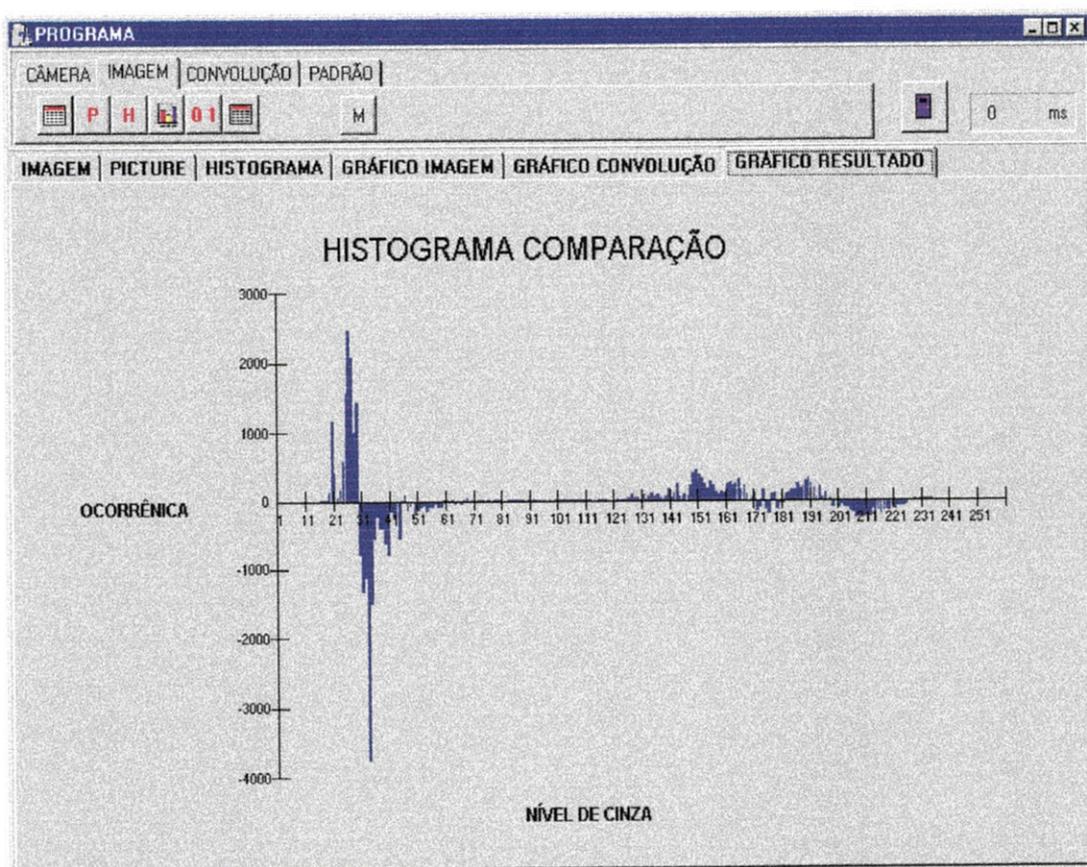


Fig. 4.15 Tela do Histograma de Comparação da Imagem Padrão com a Imagem analisada

4.5 Conclusões e Perspectivas

O *Sistema de Inspeção Visual de Falhas para Análise de Qualidade Superficial em Piso Cerâmico* possibilitará um controle de qualidade mais rigoroso na Classificação. Atualmente, a inspeção visual realizada nas indústrias cerâmicas, é realizada por inspetores humanos. Como já mencionado anteriormente, a inspeção visual de cerâmicas caracteriza-se por ser uma tarefa altamente monótona e repetitiva, que demanda alto grau de concentração. Além da subjetividade inerente ao processo de avaliação, as atuais velocidades do processo de produção excedem a capacidade humana de inspeção. Por isso, a tarefa de inspeção visual é uma forte candidata à automação.

Com o domínio das técnicas de processamento de imagens podemos implementar os algoritmos para operação em tempo real.

O sistema continuará a ser desenvolvido pela empresa e serão feitos novos testes para a validação do algoritmo de análise da tonalidade. Esses testes incluem a implementação do sistema numa indústria cerâmica, para que se possa alcançar resultados mais confiáveis, já que estaremos trabalhando diretamente na linha de produção em tempo real.

Capítulo 5 - Sistema Automático de Dosagem para Formulação de Massa para Cerâmicos FormIta

5.1 Introdução

O sistema apresentado a seguir foi desenvolvido para a Eliane Revestimentos Cerâmicos, Unidade fabril I, localizada em Cocal do Sul – Santa Catarina.

O objetivo desse projeto, é a automação do sistema de dosagem da massa para a fabricação de revestimento cerâmicos. O sistema aciona a esteira para avanço de matéria-prima e retorno para sobras, faz a leitura dos sensores, aciona uma eletroválvula para adicionar silicato a massa, mostra no display o próximo item a ser carregado juntamente com seu peso, e ainda possui um banco de dados para armazenamento das fórmulas e itens.

5.2 Descrição do Sistema

O Sistema Automático de Dosagem para Formulação de Massa para Cerâmicos, mostrado na Fig. 5.1, funciona da seguinte maneira:

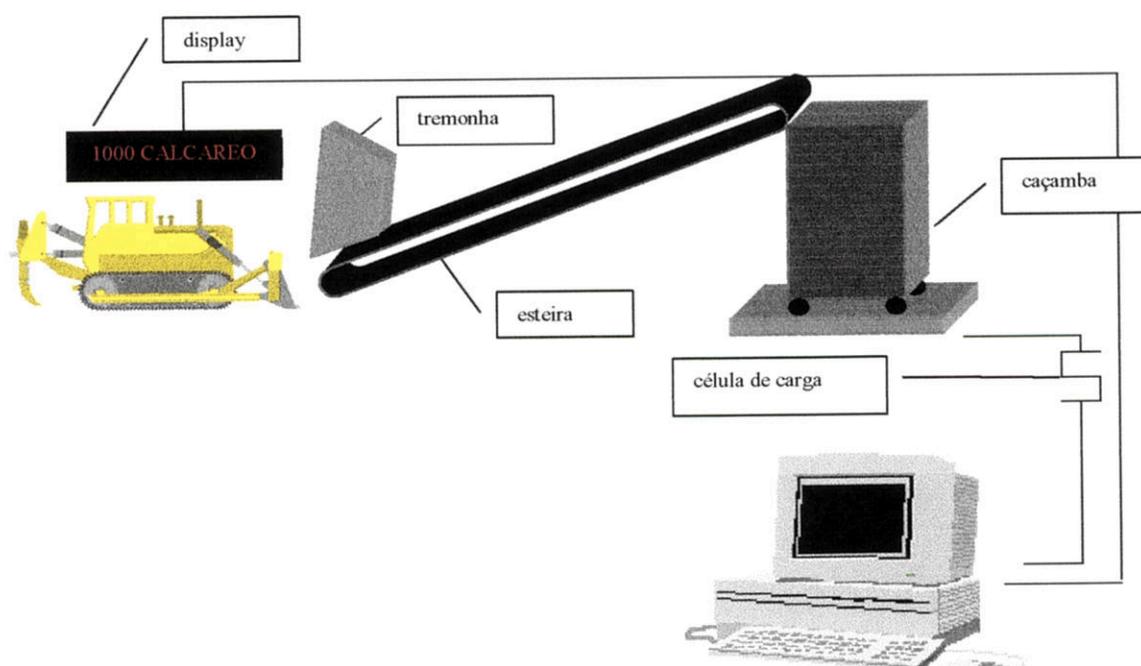


Fig.5.1 Esquema do Sistema

Para iniciar a dosagem, o operador deve primeiramente escolher a fórmula, da massa a ser dosada, a partir do banco de dados do software. Carregar uma caçamba vazia na balança, e acionar o botão da tara, para iniciar a operação.

A partir da fórmula escolhida o software vai monitorar e controlar a operação da seguinte maneira:

- Mostrar no display o item que deve ser carregado e o seu respectivo peso;
- Acionar a esteira quando o sensor de avanço estiver ON;
- Parar a esteira quando o peso desejado for alcançado;
- Retornar a sobra da esteira quando o sensor de reversão estiver ON;
- Recomeçar o ciclo até o último item ser carregado;
- Acionar a eletroválvula do silicato para acrescentar o silicato a fórmula;
- Fechar a válvula quando atingir o peso desejado;
- Esperar início de nova operação.

No fim de cada operação o operário retira a caçamba carregada e troca por uma vazia.

5.3 Estrutura do Sistema

O sistema foi estruturado em função dos níveis do processo conforme descrito no Cap. 2, ou seja, nível Atuador/Sensor, Interface de aquisição, Controle e Supervisão.

Abaixo será descrito cada nível.

5.3.1 Nível Atuador/Sensor

Para verificação sobre o estado das variáveis do processo foram utilizados sensores analógicos e digitais, como descrito abaixo:

- Sensores Digitais
 - Sensor fotoelétrico para indicar caçamba na posição de avanço;
 - Sensor fotoelétrico para indicar caçamba na posição de reversão;
 - Botão do tipo on-off para início da operação.
- Sensor Analógico
 - Célula de carga para indicar peso da balança

Com base no estado dessas variáveis, o software de controle atua no sistema realizando as seguintes funções:

- Acionamento de avanço da esteira
- Acionamento para reversão da esteira
- Acionamento para eletroválvula de silicato
- Painel Eletrônico

Armazenamento de informações no banco de dados

O banco de dados permite o armazenamento dos itens, fórmulas, e cargas.

Podemos verificar na Fig. 5.2 a tela de interface com o banco de dados.

The screenshot shows a software window titled 'RECEITA' with a sub-window 'FormIta'. It has a 'SAÍDA' button and tabs for 'ITENS', 'FORMULAS', and 'CARGAS'. The 'ITENS' tab is active, displaying a table of items. Below it, the 'FORMULAS' tab is active, displaying a table of formula components.

COD. FÓRM	DESCRIÇÃO	%SILICATO	%T. MP	T. CARGA SECA	T. CARGA UMIDA
1	Massa Normal	0.93	106	14000	21285
2	Massa Refratarios	0.93	100	10000	15000
4	Massa teste	0.93	100	15000	20000

COD. FÓRMULA	SEQUÊNCIA	COD. ITEM	ABREVIATURA	%COMPOSIÇÃO	SOBRE CARGA n/100
1	1	5001706	CALCAREO	19	
1	2	5000254	ARGS	10	
1	3	5057167	CHAMOTE		6
1	4	5000440	CAMPO LARGO	7	
1	5	5001790	T. L. BONITA	22	
1	6	5058457	DEMBOSKI	6	
1	7	5058520	FORMANSKI	8	
1	8	5000270	BRUNEL	20	
1	9	5000297	A. TABATINGA	8	

Fig. 5.2 Tela de Acesso ao Banco de dados do sistema

Configurações do sistema

O sistema dispõe de algumas telas para sua configuração. Pode-se configurar por exemplo, o tempo de escoamento do silicato, o tempo de retorno da esteira e o tempo de parada do motor.

Controle do sistema

A parte do software que realiza o controle, está descrita no diagrama de blocos da Fig. 5.3, sendo importante relevar, que a cada 1 segundo é feito uma varredura das variáveis do sistema e de acordo com esse resultado e o estado atual do sistema, realiza-se o controle.

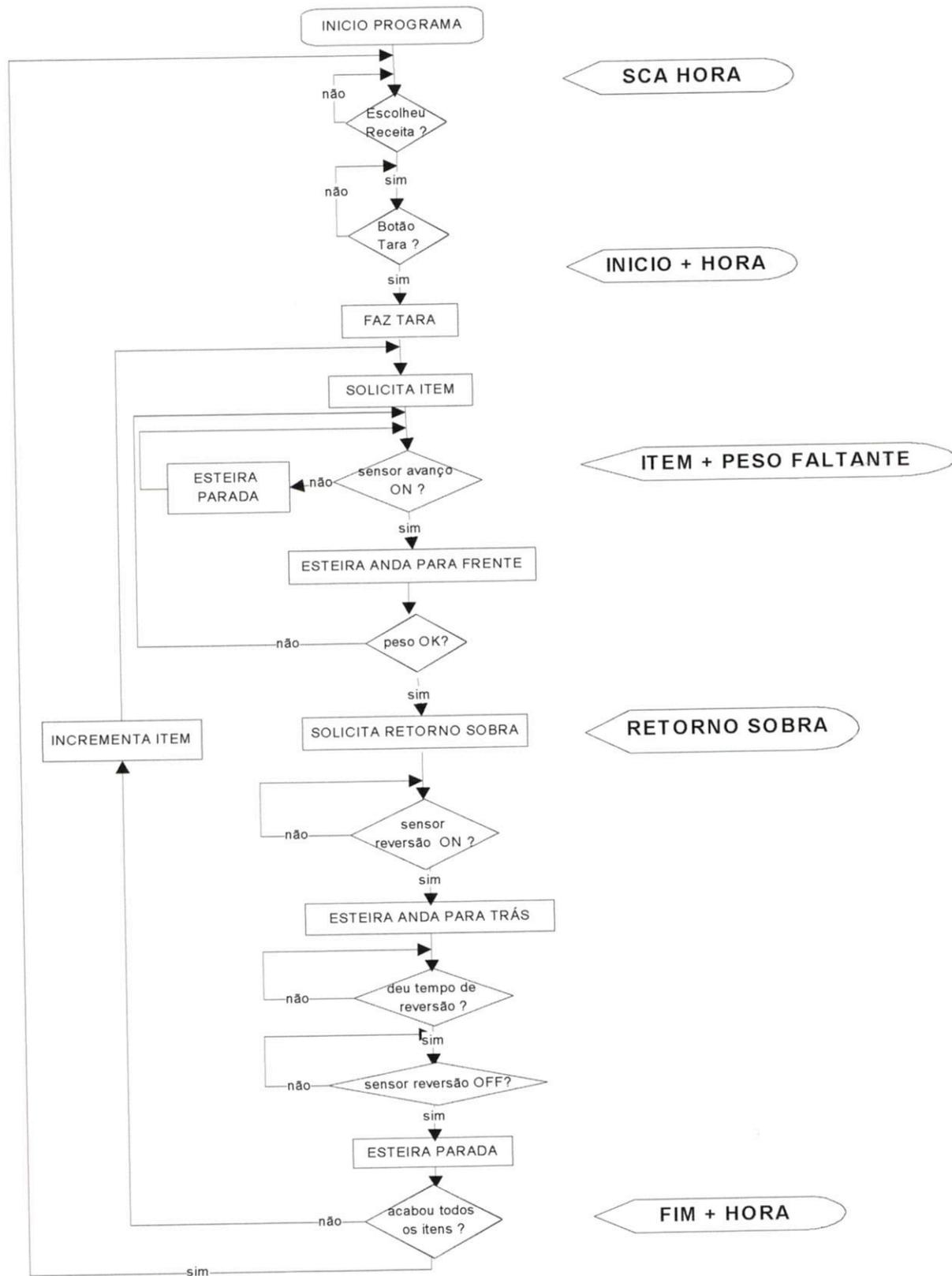


Fig. 5.3 Diagrama de blocos do funcionamento do sistema

Supervisão do sistema

A tela principal do programa permite verificar o andamento do processo, no momento em que se realiza, além de poder atuar no sistema, de maneira a parar o carregamento atual, ou torná-lo manual, para o caso de alguma emergência. (Fig. 5.4)



Fig. 5.4 Tela Principal do Software de Controle e Supervisão

Interface Serial

Para o funcionamento do sistema é necessário a utilização de três portas seriais. Uma para o mouse, outra para comunicação com os módulos de entrada e saída, e uma terceira para comunicação com o display. Como o microcomputador só dispõe de duas portas seriais, foi usado uma placa multiseriada. As três portas seriais utilizadas foram configuradas para RS-232, com taxa de comunicação de 9600 bps.

Além da multiseriada foram usados dois módulos conversores, para converter o sinal RS-485, da rede dos módulos de entrada e saída e do display, para RS-232.

5.4 Testes

Os testes foram realizados durante todo o desenvolvimento do sistema. Como o software implementado possui uma estrutura modular e orientada a objeto, testou-se cada módulo separadamente, e em conjunto. Todos os testes foram feitos em cima de parte do hardware disponível, que eram a placa multiseriada, os módulos de entrada e saída e o painel eletrônico. Os outros dispositivos eram simulados para verificação do funcionamento correto do sistema. Por causa disso, o sistema como um todo só pode ser testado na implementação.

5.5 Conclusões e Perspectivas

O Sistema Automático de Dosagem para Formulação de Massa para Cerâmicos, também chamado de FormIta, foi instalado na Eliane I no fim de setembro e está em funcionamento desde então.

Com a implantação do FormIta verificou-se uma melhoria no funcionamento global do sistema.

O sistema foi apresentado na VII FETEC (Feira de Tecnologia Cerâmica), e está disponível no mercado.

Capítulo 6 - Monitoramento da Qualidade na Classificação

6.1 Introdução

O sistema de Monitoramento da Qualidade na Classificação foi desenvolvido para a Eliane Revestimentos Cerâmicos, unidade fabril III.

Tipicamente, são feitas anotações manuais de hora em hora, ressaltando os seguintes pontos:

- Qualidade das peças, que são classificadas em A, C, D, sendo que o percentual é calculado em relação a quantidade de peças do tipo A pelo total produzido;
- Quantidade de peças embaladas por tamanho;
- Tipos de defeitos encontrados automaticamente, como a planaridade, e os classificados visualmente, conforme padrão da empresa, como riscado, lascado, fora de tom, etc;
- Total de quebras (peças perdidas).

Estes dados, auxiliam a gerência, na identificação dos principais problemas e pontos críticos do processo de produção.

Devido a complexidade do processo, e do grande número de dados, se faz necessário a aplicação de métodos estatísticos e gráficos, que, se feitos manualmente tornam o trabalho repetitivo e desgastante, associando ao método muitos erros humanos. Portanto, vê-se claramente a necessidade da automação, para a agilidade e confiabilidade da tarefa de análise feita pela gerência.

6.2 Descrição do Sistema

O sistema de Monitoramento da Qualidade na Classificação consiste em adquirir os dados gerados pela classificadora (Fig. 6.1) de revestimentos cerâmicos, e disponibilizá-los para a gerência de produção através de uma interface desenvolvida pela SCA.

Esta interface, possui uma placa para leitura e comunicação dos dados, que está inserida dentro da máquina de classificação, e para a aquisição dos dados, foi desenvolvido um software para decodificação do protocolo de comunicação, e armazenamento dos dados referentes à produção.

O sistema, realiza também a contagem de peças na entrada e saída do processo de classificação, gerando o percentual de quebra dos revestimentos cerâmicos, e para a coleta dos defeitos classificados manualmente (Fig. 6.2), foi instalado um coletor fixo, em cada linha, com um programa específico, para digitação dos defeitos conforme tabela pré-definida.

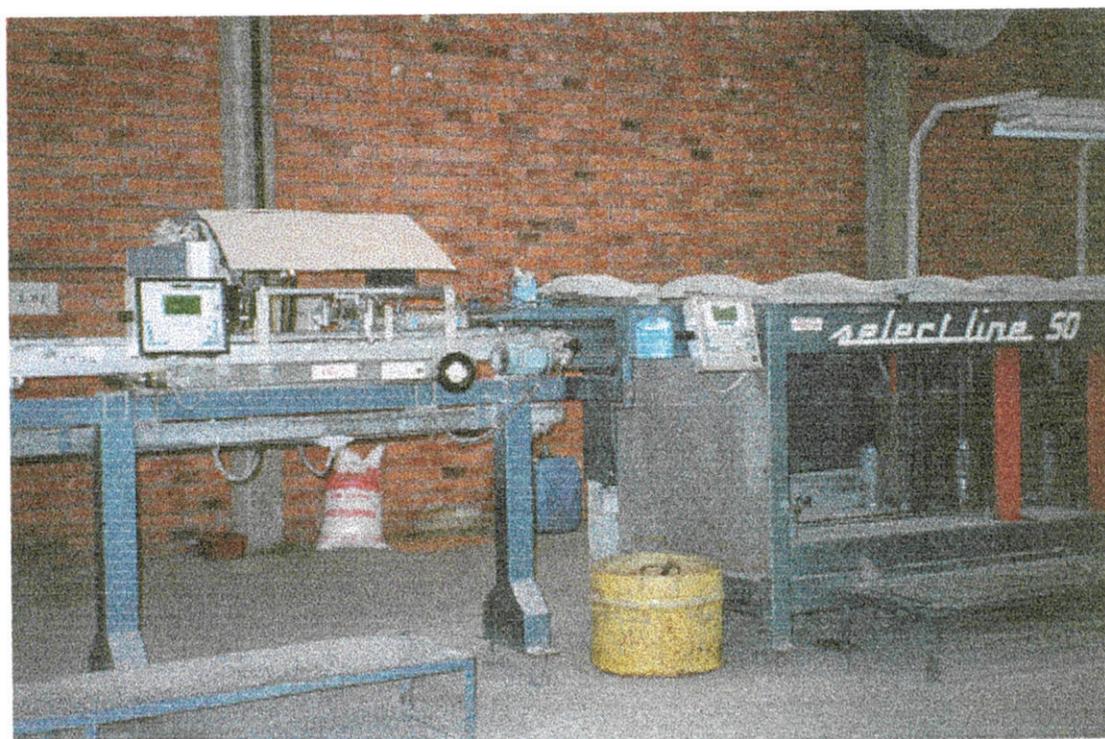


Fig. 6.1 Classificação Automática

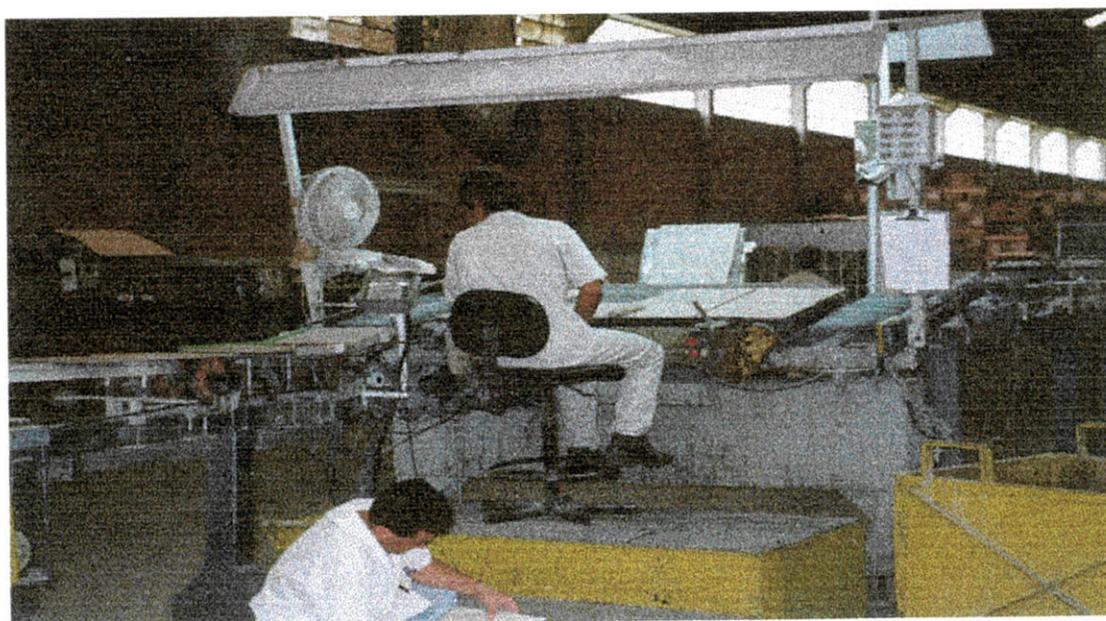


Fig. 6.2 Classificação Manual

6.3 Estrutura do Sistema

O sistema foi estruturado em função dos níveis do processo conforme descrito no Cap. 2, ou seja, nível Sensor Atuador, Interface de aquisição, Controle e Supervisão.

6.3.1 Nível Sensor Atuador

Para cada uma das linhas, foram utilizados dois sensores fotoelétricos para contagem das peças.

6.3.2 Nível Interface de Aquisição e Controle de Dados

Para a realização da contagem das peças foram utilizados três módulos contadores, sendo cada um responsável por duas contagens, para a coleta dos dados da classificadeira automática, utilizamos uma placa de interface com comunicação serial, e para digitação dos defeitos, referente a inspeção manual, foi utilizado um Microterminal Urano.

6.3.3 Nível Controle e Supervisão

Nesse sistema só é realizada a parte de supervisão, que é composta por quatro programas:

- Selet 50
- Defeitos
- Contagem
- Classificação

O programa principal é o Classificação, os outros três programas, são responsáveis pela coleta dos dados. Podemos verificar a estrutura dos programas na Fig. 6.3. A seguir será descrito cada um dos programas.

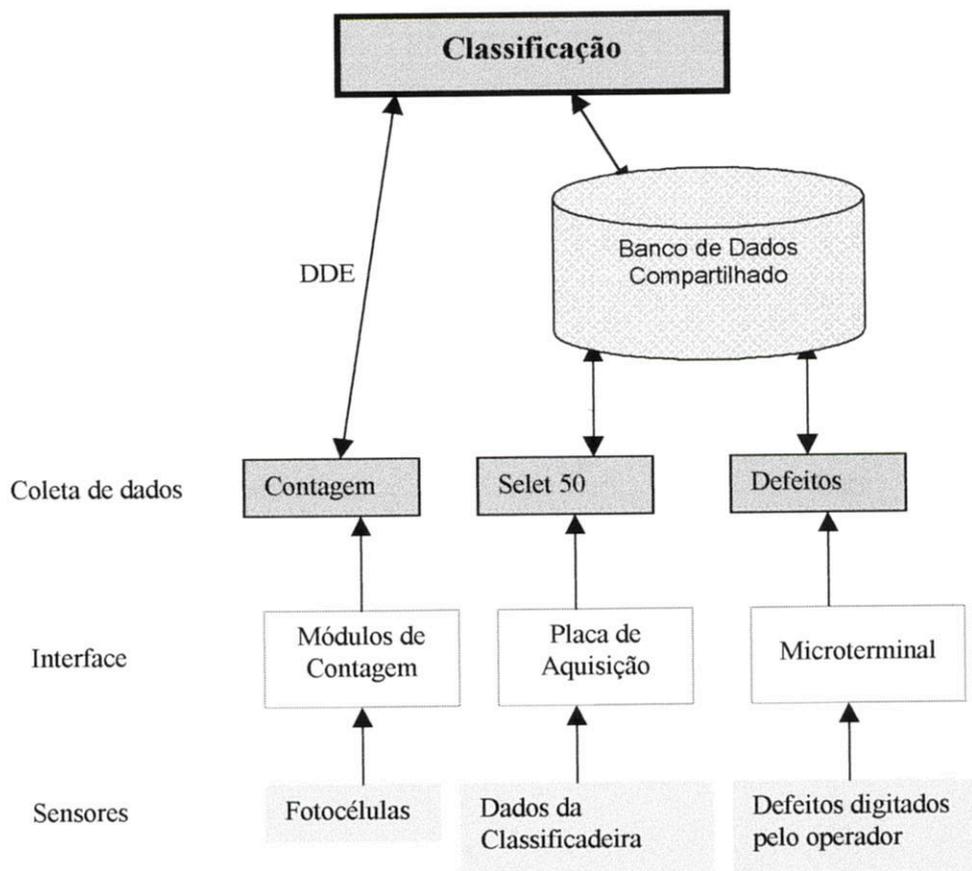


Fig. 6.3 Estrutura dos Programas

Software Classificação

O software foi desenvolvido em Delphi e tem os seguintes objetivos:

- Gerenciamento dos dados referente ao Sistema de Supervisão na Classificação, com diferenciação por referências, e linhas de produção;
- Interface via DDE, com o Servidor Contagem, para aquisição dos dados referentes a contagem na entrada e saída da Classificação e armazenamento destes, no banco de dados do sistema;
- Interface via DDE, com o Cliente Contagem, para zerar os módulos de contagem a cada nova referência aberta;
- Emissão dos relatórios e gráficos da qualidade, por linha, conforme padrão e cálculos fornecidos pela empresa.

A tela principal do sistema é apresentada na Fig. 6.4. Através dessa tela, pode-se monitorar as três linhas de produção, imprimir relatórios e analisar gráficos, Fig. 6.5.

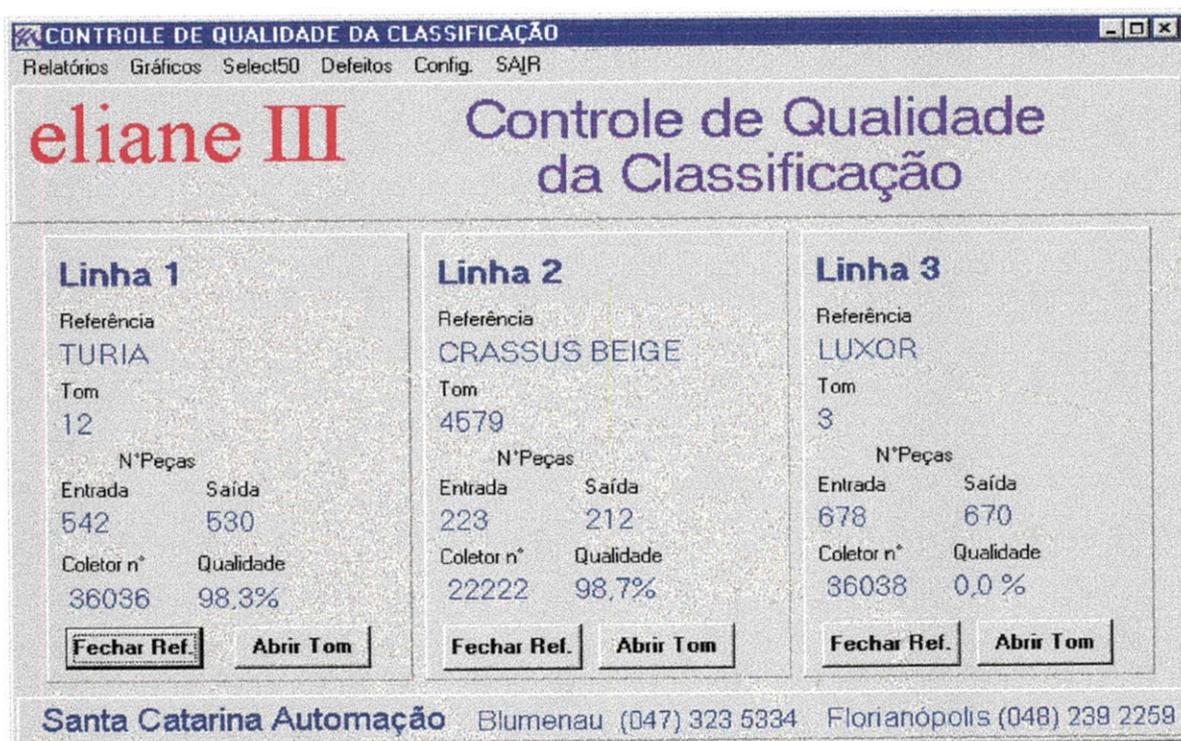


Fig. 6.4 Tela principal do programa Classificação

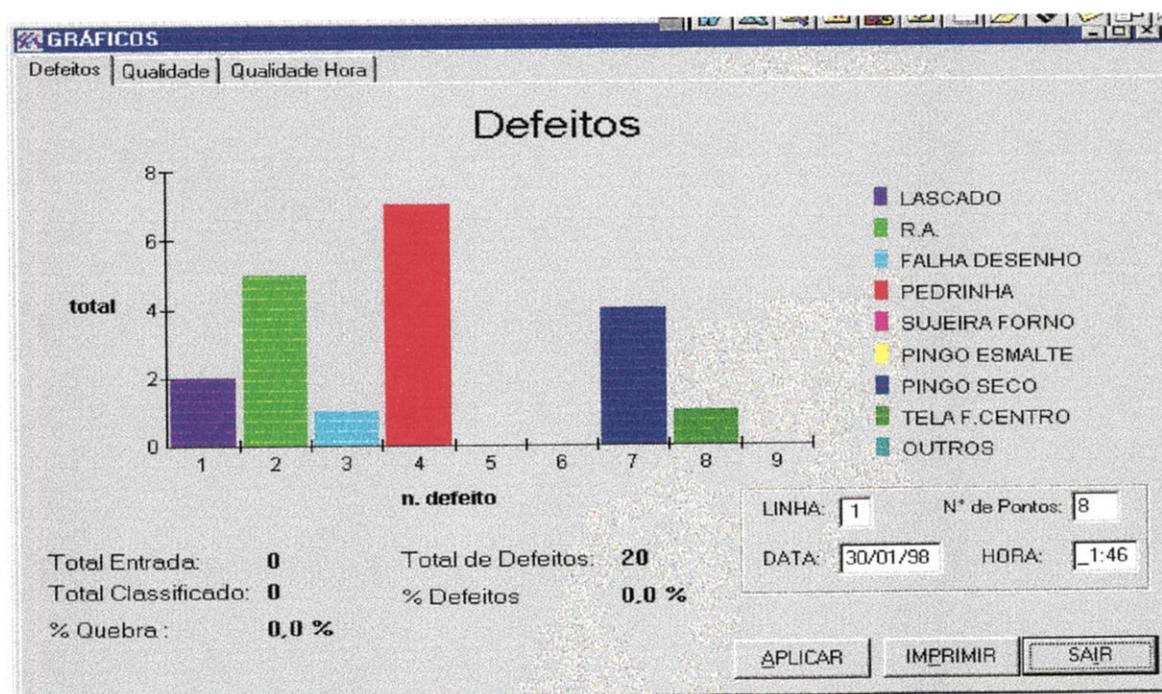


Fig. 6.5 Defeitos na Classificação

Software Contagem

O programa Contagem foi desenvolvido com o Genie (software supervisor). Este software, possui drivers para interface com os módulos de contagem, facilitando assim a implementação. O programa tem como objetivos:

- Contar o número de peças antes e depois da Classificação;
- Interface DDE, como Servidor e Cliente, com o software Classificação.

Obs.: Esta parte do software foi desenvolvida com o supervisor para futura ampliação do sistema.

Software Defeitos

O software defeitos foi desenvolvido em UACLIP para o microterminal, e tem como objetivos:

- Contar o número e tipo de defeitos inspecionados humanamente, na Classificação;
- Armazenar os defeitos com data, hora e linha no banco de dados central.

Software Selet 50

O software Selet 50 foi desenvolvido em Clipper, devido a recursos de interrupções, e tem como objetivos:

- Fazer a comunicação com a classificadora automática, para coletar os dados de produção referentes ao nº de caixas (timbratore), tamanho (calibre) e planaridade (planar);
- Armazenar os dados no banco de dados central.

Interface Serial

Para o funcionamento do sistema é necessário a utilização de quatro portas seriais. Uma para o mouse, outra para comunicação com os módulos de contagem, uma terceira para comunicação com o microterminal, e uma quarta para comunicação com a placa de aquisição de dados da classificadora. Como o microcomputador só dispõe de duas portas seriais, foi usado uma placa multiseriada, com configuração individual por porta, para evitar conflitos de interrupção, e ligar os diversos tipos de meio físico diretamente ao computador, sem uso de conversores. Neste sistema, usamos três meios de comunicação diferentes, RS-485 com os módulos de contagem e com os coletores, RS-422 com a classificadora, e RS-232 padrão para ligação em rede, do sistema com a gerência, a empresa instalou fibra ótica, devido a distância e ao tipo de ambiente (muito agressivo).

6.4 Conclusão e Perspectivas

Com a instalação do sistema foi possível garantir a confiabilidade e precisão dos dados.

Para a gerência, além de poder aumentar o número de pontos coletados, aumentou-se a capacidade de análise através dos recursos gráficos e computacionais, e possibilitou a supervisão on-line, que era impossível anteriormente.

É esperado em breve o aumento da qualidade e a redução dos custos gerais de produção através da eliminação de erros de maneira mais rápida, e da prevenção de erros, não detectáveis anteriormente.

Capítulo 7 – Conclusões e Perspectivas

A experiência com o trabalho realizado junto as Indústrias, ressaltou a receptividade e usabilidade da Automação, do ponto de vista dos usuários (gerentes e operadores), que cada vez mais, percebem a importância da Automação Industrial no mundo atual. Indústrias de todas as áreas, estão sempre a procura de inovações tecnológicas, para melhoria da qualidade de seus produtos, aumento da produtividade e liderança do mercado.

O caminho está aberto, mas, empresas que atuam como prestadoras de serviços na área de Automação, estão cada vez mais enfrentando uma forte concorrência, devido ao grande número de empresas que estão surgindo a cada dia. A empresa S.C. Automação vem atuando nesse mercado desde 1995, sempre oferecendo serviços com qualidade e eficiência, mantendo seus clientes antigos e buscando novos.

Nessa empresa de automação, foi desenvolvido o presente projeto de fim de curso, cujo objetivo inicial seria o de trabalhar principalmente com o “*Sistema de Inspeção Visual de Falhas para Análise de Qualidade em Piso Cerâmico*” (Capítulo 4), mas com o decorrer do trabalho e priorização de tarefas, se fez necessário também, a participação dos projetos de um “*Sistema de Dosagem Automático para Formulação de Massa para Cerâmicos*” (Capítulo 5), e o de “*Monitoramento da Qualidade na Classificação*” (Capítulo 6), além do conhecimento mais aprofundado dos produtos de automação (Capítulo 2), e do “*Processo de Produção do Revestimento Cerâmico*” (Capítulo 3).

As metas foram atingidas, foram colocados dois novos produtos no mercado, e um terceiro (inspeção visual), deverá ter sua primeira versão, pronta ainda no início deste ano.

Bibliografia

[Klette 96]

Reinhard Klette & Piero Zamperoni, "Handbook of Image Processing Operators", John Wiley & Sons, 1996.

[Chin 82]

Roland T. CHIN, "Automated Visual Inspection: A Survey", 1982.

[Petkovic]

D. Petkovic & J. Wilder, "Machine Vision in the 1990s : Applications and how to get there", Machine Visions and Applications 4, 1991.

[Gonzales 92]

R. C. Gonzales & R. E. Woods, "Digital Image Processing", Addison-Wesley Publishing Co., 1992.

[Groover 87]

M. P. Groover, "Automation, Production Systems and Computer Integrated Manufacturing", Prentice-Hall, 1987.

[Ernst 87]

D. Ernst & B. Phillipson, "Modern Developments in Industrial Automation", Plenary Papers, Automatic Control World Congress, 1987.

[Pessen 89]

David W. Pessen, "Industrial Automation Circuit Design & Components", John Wiley & Sons, 1989.

[Cantù 96]

Marco Cantù, "Dominando o Delphi", Makron Books, 1996.

[Pacheco 96]

Xavier Pacheco & Steve Teixeira, "Delphi 2 Developer's Guide", Sams Publishing, 1996.

[Gupta 90]

Umang Gupta & Willian Gietz, "Guia do Programador em SQL", Editora Campus Ltda., 1990.

[Connaly 94]

Runnoe Conally et al, "Segredos de Conectividade em Windows 3.1", Berkley Brasil Editora, 1994.

[Gaidzinski 96]

Vladimir H. Gaidzinski, “Os Sistemas de Supervisão no Contexto da Automação Industrial”, Projeto de Fim de Curso, ECAI, UFSC, Julho de 1996.

[Capanema 97]

Ivana F. Capanema, “Desenvolvimento de um Sistema de Supervisão em Tempo Real”, Projeto de Fim de Curso, ECAI, UFSC, Fevereiro de 1997.

[Martins 94]

Carlos Fernando Martins, “Um Experimento de Simulação para Avaliação de um Processo Industrial”, Projeto de Fim de Curso, ECAI, UFSC, Dezembro de 1994.

“ADAM 4000 Series Data Acquisition Modules”, User’s Manual, Advantech.

“Microterminal TR-100”, Manual de Instruções, Urano Automação.