

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA  
TESE DEFENDIDA POR Cintia Kimie  
Aihara E APROVADA  
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 28/02/05  
João Maurício Rosário  
ORIENTADOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

# **Uma Abordagem Interativa para o Problema de Capacitação e Pesquisa em Automação**

Autora: Cintia Kimie Aihara  
Orientador: Prof. Dr. João Maurício Rosário

06/2005

**UNICAMP**  
**BIBLIOTECA CENTRAL**  
**SEÇÃO CIRCULANTE**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA  
DEPARTAMENTO DE PROJETO MECÂNICO**

# **Uma Abordagem Interativa para o Problema de Capacitação e Pesquisa em Automação**

**Autor: Cintia Kimie Aihara**

**Orientador: Prof. Dr. João Mauricio Rosário**

**Curso: Engenharia Mecânica**

**Área de Concentração: Projeto Mecânico**

Tese de doutorado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica.

Campinas, 2005  
S.P. – Brasil

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIDADE BC  
Nº CHAMADA TUNICAMP  
Ai37a  
EX  
COMBO BC/ 64846  
PROC 12.00086-05  
PREÇO 11,00  
DATA 21/07/05  
Nº CPD Bu.12357769

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Aihara, Cíntia Kimie  
Ai37a Uma abordagem interativa para o problema de capacitação e pesquisa em automação / Cíntia Kimie Aihara.--Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientador: João Maurício Rosário.  
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas,  
Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Automação. 2. Ensino a distância. 3. Engenharia –  
Estudo e ensino. 4. Robótica. I. Rosário João Maurício. II.  
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia  
Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: An interactive approach for teaching and research problem in automation.

Palavras-chave em Inglês: Automation, Distance learning, Technological education e Robotics

Área de concentração: Automação

Titulação: Doutora em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: José Reinaldo Silva, Arthur José Vieira Porto, Humberto Ferosoli Filho e Antonio Batocchio

Data da defesa: 28/02/2005

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA  
DEPARTAMENTO DE PROJETO MECÂNICO**

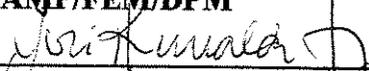
**TESE DE DOUTORADO**

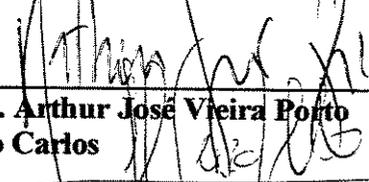
**Uma Abordagem Interativa para o Problema  
de Capacitação e Pesquisa em Automação**

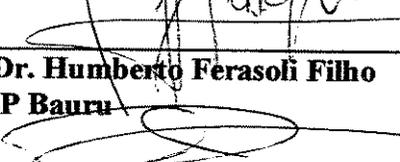
Autor: **Cintia Kimie Aihara**

Orientador: **Prof. Dr. João Maurício Rosário**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. João Maurício Rosário, Presidente  
UNICAMP/FEM/DPM**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. José Reinaldo Silva  
EPUSP**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Arthur José Vieira Porto  
USP São Carlos**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Humberto Ferasoli Filho  
UNESP Bauru**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Antonio Batocchio  
UNICAMP/FEM/DEF**

Campinas, 28 de Fevereiro de 2005

## **Dedicatória:**

Dedico este trabalho aos meus pais pelo amor, apoio e incentivo, sem os quais não teria chegado até aqui.

## **Agradecimentos**

Este trabalho não poderia ser terminado sem a ajuda de diversas pessoas às quais presto minha homenagem:

Aos meus irmãos, pelo incentivo em todos os momentos da minha vida.

Ao meu orientador, prof. Dr. João Maurício Rosário, pela forma como conduziu este trabalho e principalmente pela confiança que depositou em mim.

Aos amigos Almiro, Maurício, Gastão, Eder, Denise, Mauro, Ferreira e a todos os demais que ajudaram de forma direta e indireta na conclusão deste trabalho.

A amiga Dra. Olga Nabuco pela amizade, apoio e incentivo no desenvolvimento deste trabalho

Ao Rodrigo Nicoletti pelo amor, companheirismo e incentivo em todos os momentos difíceis.

Ao CNPq pela indispensável apoio financeiro.

*“Educai as crianças e não será preciso punir os homens”*  
Pitágoras

## Resumo

AIHARA, Cintia Kimie, *Uma Abordagem Interativa para o Problema de Capacitação e Pesquisa em Automação*,: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2005. 141 p. Tese (Doutorado)

Neste trabalho, desenvolve-se uma proposta de implementação de ferramentas e ambiente, visando a capacitação e a pesquisa na área da automação industrial, através da utilização de conceitos, ferramentas e ambientes de ensino mediado por computador e ensino à distância e plataformas didáticas. Desta forma, apresentam-se os elementos possíveis de serem encontrados em Sistemas Automatizados de Produção, através de plataformas didáticas capazes de simular ambientes industriais. Estas plataformas são compostas de Parte Operativa, referente ao sistema a ser controlado, e Parte Comando, referente ao sistema de controle. Através dos conceitos de e-learning, apresenta-se uma metodologia para a transmissão dos conhecimentos que permeiam a área da automação.

### *Palavras Chave*

Automação industrial, ensino a distância, educação tecnológica

## **Abstract**

AIHARA, Cintia Kimie, *An Interactive Approach for teaching and research problem in automation*, Campinas,: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2005. 141 p. Tese (Doutorado)

In this work, one presents the implementation of tools aiming at teaching and researching in industrial automation. For that, one adopts the concepts, tools and environments of computer aided teaching and distance learning, via didactic platforms. In these platforms, one can find the main elements that could be found in production automatic systems, which are the Operative Part (system to be controled) and the Command Part (control system). By using e-learning concepts, one presents a methodology for knowledge transmission in the area of automation.

### *Keywords*

Industrial automation, distance learning, technological education

## Sumário

Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas	ix
Nomenclatura	vi
1. Capítulo 1 – Introdução	01
1.1 Apresentação do Problema de Pesquisa	01
1.2 Motivação	02
1.3 Objetivos do Trabalho	03
1.4 Delineamento do Trabalho	03
1.5 Estrutura do Trabalho	05
2. Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica	07
2.1 Introdução	07
2.2 Educação e Formação	07
2.3 Automação e Integração	09
2.4 Ensino à Distância e Educação Mediada por Computador	10
2.5 A Educação no Contexto da Tecnologia	13
2.6 Conclusão	14

3. Automação e Integração – Conceitos Fundamentais	
3.1 Introdução	15
3.2 Sistemas Automatizados – Conceitos e Definições	15
3.2.1 Conceitos Básicos	15
3.2.2 Modelagem	17
3.2.3 Simulação	18
3.2.4 Elementos de Modelagem de um Sistema Automatizado	19
3.2.5 Sistema a Evento Discreto (SED)	22
3.2.6 Linguagens Gráficas utilizadas para Modelagem de SA	23
3.2.7 Norma Internacional IEC 61131-3	25
3.3 Grafo de Comando Etapa e Transição – GRAFCET	29
3.3.1 Etapas	31
3.3.1.1 Ações Detalhadas – Qualificadas	34
3.3.2 Transição	38
3.3.3 Ligações Orientadas	39
3.3.4 Regras de Evolução	42
3.4 Redes de Petri – Conceitos Básicos e Definições	45
3.4.1 Elementos de uma RdP	47
3.4.2 Regras de Evolução	49
3.5 Sistemas Robóticos	50
3.6 Sistema de Supervisão e Controle em Automação Industrial	51
3.7 Conclusão	56
4. Proposta de Dispositivos Didáticos de Arquitetura Aberta Utilizando Conceitos de Integração de Sistemas Automatizados	57

4.1	Introdução	57
4.2	Automação e Conhecimento	58
4.3	Plataformas Didáticas	59
4.3.1	Sistemas Flexíveis de Manufatura – FMS	60
4.3.2	Kit LEGO™	65
4.3.3	PIPEFA – Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação	65
4.3.3.1	Posto de Montagem/Desmontagem de Produtos	69
4.3.3.2	Posto de Carregamento de Placas de Base	70
4.3.3.3	Posto de Descarregamento e Armazenagem Intermediária de Produtos	71
4.3.3.4	Posto de Inspeção	72
4.3.3.5	Sistema de Transferência	74
4.3.3.6	Leitura do Código de um Produto	74
4.3.4	SIMTIA – Sistema Integrado para Mistura de Tinta Automatizada	75
4.3.4.1	Célula Robotizada para Escolha de Cores	77
4.3.4.2	Célula Robotizada para Lavagem e Mistura de Tinta	79
4.3.4.3	Sistema de Transferência	80
4.3.4.4	Maleta CLP	81
4.5	Conclusão	81
5.	Ferramentas de EAD	82
5.1	Introdução	82
5.2	O Ensino à distância no Brasil	83
5.3	O computador como mediador na aprendizagem	83

5.4 TelEduc	84
5.5 Conclusão	86
6. Proposta de um Ambiente Voltado ao Ensino para a Área de Automação	87
6.1 Introdução	87
6.2 Ambiente para Ensino de Automação	88
6.3 TelEduc	94
6.4 Laboratórios Virtuais	106
6.5 Implementação do ambiente e verificação da aprendizagem	109
6.6 Conclusão	110
7. Conclusões e Perspectiva Futuras	111
7.1 Conclusões Gerais	112
7.2 Perspectivas Futuras	113
Referência Bibliográfica	114
Anexos	123

## Lista de Figuras

1.1	Sistema Automatizado	04
3.1	Classificação de Sistemas Automatizados	16
3.2	Sistemas Automatizados (SA)– Parte Operativa e Parte Comando	20
3.3	Programação Utilizando Lista de Instruções (IL)	26
3.4	Telas Típicas de Diagramas Ladder (LD)	27
3.5	Diagrama de Blocos de Funções (FDB)	28
3.6	Exemplos de Telas de Programação utilizando SFC	28
3.7	Exemplo de GRAFCET	31
3.8	Representação de várias ações associadas a mesma etapa	34
3.9	Representação genérica de ação detalhada	34
3.10	Qualificador “S”	35
3.11	Qualificador “D”	35
3.12	Qualificador “L”	35
3.13	Qualificador “P”	36
3.14	Qualificador “C”	36
3.15	Reutilização de uma Seqüência	37
3.16	Macro etapa – Detalhamento de uma etapa	37

3.17	Simbologia da Transição	38
3.18	Representação das receptividades	38
3.19	Receptividade relacionada ao tempo	39
3.20	Transição incondicional	39
3.21	Ligações Orientadas	40
3.22	Ligações Orientadas não Cruzadas	40
3.23	Indicação de continuidade da ligação orientada	40
3.24	Ligação seqüencial	41
3.25	Seqüência seletiva	42
3.26	Seqüências simultâneas	42
3.27	Transições Simultâneas	43
3.28	Condição Verdadeira e Imediatamente Seguinte	44
3.29	Ciclo de Mistura	45
3.30	Utilização de Redes de Petri no modelamento e análise de sistemas	47
3.31	Exemplo de RdP	48
3.32	Representação de um sistema supervisorio	52
3.33	Sistema de Controle – Níveis	53
3.34	Arquitetura – Sistema SCADA	54
3.35a	Tela Gráfica Típica	55
3.35b	Tela Gráfica de Monitoramento de Variáveis	56
4.1	Caracterização de subsistemas	58
4.2	Metodologia de Concepção de Sistemas Mecatrônicos	62
4.3	Sistema Robótico ROBIX™	63
4.4	Estruturação de Tarefas	64

4.5	FMS Festo Didatic	64
4.6	Sistema Automatizado	65
4.7	Representação Esquemática da Plataforma PIPEFA	66
4.8	Produtos a serem confeccionados	67
4.9	Plataforma PIPEFA	69
4.10	Posto de Montagem/Desmontagem de Produto	70
4.11	Posto Carregamento de Produto	71
4.12	Posto Descarregamento de Produto	72
4.13	Posto de Inspeção	73
4.14	Sistema de Transferência	74
4.15	Leitura do Código de Barras	75
4.16	SIMTIA – Postos de Trabalho	76
4.17	Célula Robotizada para Escolha de Cores	77
4.18	Tela do Sistema Supervisório para escolha de cores	78
4.19	Tela do Banco de Dados	78
4.20	Célula Robotizada para Lavagem e Mistura de Tintas	79
4.21	Parte Comando da Plataforma	80
4.22	Sistema de Transferência	80
4.23	Maleta CLP	81
5.1	Tela de Acesso ao ambiente TelEduc	86
6.1	Abordagem Pedagógica	91
6.2	GRAFCET funcional da Plataforma SIMTIA	92
6.3	GRAFCET das trajetórias a serem realizadas pelo Sistema Robótico	93
6.4	Tela de Acesso ao Curso	94

6.5	Tela Agenda	95
6.6	Material de Apoio	96
6.7a	Material para aprendizagem	97
6.7b	Material para aprendizagem	97
6.7c	Material para aprendizagem	98
6.8	Material para aprendizagem – vídeo	99
6.9	Fórum de discussão	100
6.10	Portfólio	101
6.11	Dinâmica do Curso	102
6.12	Grupos	103
6.13	Estrutura do Ambiente	104
6.14	Perfil dos Participantes	105
6.15	Mapa de Acessos	106
6.16	Aspectos de um ambiente de Ensino	107
6.17	WebLab	108

.....

## Lista de Tabelas

3.1	Norma IEC 61131	25
3.2	Simbologia – Etapas	33
6.1	Desenvolvimento de Ambiente – Viabilidade	89
	Tabela 6.2 – Comparação – Tradicional x Proposto	109

.....

## **Nomenclatura**

### ***Siglas***

**ADEPA** – Agencie Nationale pour la Développement de la Production Automatisée

**AFCET** – Association Française pour la Cybernétique, Economique, Technique

**CIM** – Computer-Integrated Manufacturing

**CLP** – Controlador Lógico Programável

**CMC** – Comunicação Mediada por Computador

**CNC** – Comando Numérico Computadorizado

**DPM** – Departamento de Projetos Mecânicos

**EAD** – Ensino à Distância

**EMC** – Educação Mediado por Computador

**FDB** – Function Block Diagram

**FMS** – Sistema Flexível de Manufatura

**GRAFCET** – Grafo de Comando Etapa-Transição

**IEC** – International Electro technical Commite

**IHM** – Interface Homem Máquina

**IL** – Instruction List

**IUB** – Instituto Universal Brasileiro

**LDB** – Lei de Diretrizes e Bases

**LIISI** - Laboratoire d'Ingénierie Intégrée des Systèmes Industriels

**LD** – Ladder Diagram

**MEC** – Ministério da Educação

**PC** – Parte Comando

**PIPEFA** – Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação

**PO** – Parte Operativa

**RdP** – Redes de Petri

**SA** – Sistema Automatizado

**SAP** – Sistema Automatizado de Produção

**SCADA** – Supervisory Control and Data Acquisition

**SED** – Sistema a Evento Discreto

**SFC** – Sequential Flow Chart

**SIMTIA** – Sistema Integrado para Mistura de Tinta Automatizada

**ST** – Structured Text

**TIC** – Tecnologias de Informação e Comunicação

**UNICAMP** – Universidade Estadual de Campinas

# **Capítulo 1**

## **Introdução**

Este capítulo apresenta um panorama geral do trabalho desenvolvido. É apresentado um estado da arte do Ensino Tecnológico, com ênfase no ensino da Automação Industrial, justificando o desenvolvimento desse projeto de pesquisa, seus objetivos gerais e específicos, a necessidade de capacitação na área e a forma como foi delimitada esta questão, além da estrutura geral dos capítulos da tese.

### **1.1 Apresentação do Problema de Pesquisa**

A partir da década de 40, as mudanças tecnológicas vêm marcando a transição de uma sociedade industrializada para uma sociedade baseada em técnicas, apoiadas fundamentalmente na alteração da base do tratamento, da conservação e da transformação das informações (Machado, 1992).

Nos últimos anos, os avanços da microeletrônica e conseqüentemente dos circuitos eletrônicos que estão cada vez mais rápidos e eficientes, possibilitando a redução significativa de dimensões e custos de equipamentos. Desta evolução tecnológica, surgiu a necessidade de mudanças dos processos produtivos.

A globalização também trouxe a necessidade de mudanças no processo produtivo, pois a concorrência gerada deste fato criou a necessidade de maior qualidade e produtividade dos meios de fabricação.

Desta forma a diversidade de conhecimentos necessária para formação de um profissional para atuar neste novo cenário tecnológico faz-se necessário.

Na medida em que o processo de desenvolvimento tecnológico influi no processo educacional, é necessário refletirmos um pouco sobre a forma como a nossa escola atual vem acompanhando o desenvolvimento tecnológico.

A automação pode ser considerada uma área multidisciplinar pois envolve desde linguagem de programação (software), plataforma eletrônica (hardware), até dispositivos de atuação (mecânica). Dessa forma, um estudo nesta área é algo abrangente que envolve uma ampla gama de conhecimentos.

Portanto, no desenvolvimento de conhecimentos e estudos de razoável abrangência torna-se necessária a união de competências de diferentes áreas em torno de um projeto temático, podendo ser entendido como um conjunto de subsistemas que formam um único sistema integrado.

Para conseguir este objetivo torna-se imprescindível considerar novos conceitos e diferentes técnicas de abordagens no processo de ensino-aprendizagem entre outras atividades a metodologia de ensino.

As validações dos conceitos desenvolvidos neste trabalho de doutoramento foram realizadas através da implementação e aplicação de metodologias de aprendizagem e plataformas didáticas a um grupo de alunos do curso de pós-graduação do curso de engenharia mecânica e alunos do curso técnico em mecânica da UNICAMP e através da utilização de uma plataforma didática o ambiente proposto neste trabalho de pesquisa.

## **1.2 Motivação**

Através da prática docente adquirida ao longo da atual carreira profissional, verificou-se a necessidade de criação de novos métodos educacionais considerando-se o atual cenário tecnológico e o desenvolvimento dos sistemas de comunicação.

Diante do apresentado, a motivação encontrada para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa deve-se ao fato da necessidade de uma metodologia para o ensino de automação industrial, visando permitir de forma mais rápida a aprendizagem das tecnologias que compõem a área.

### **1.3 Objetivos do Trabalho**

O objetivo do presente trabalho é a proposta de um ambiente voltado à capacitação na área de automação industrial, através da utilização de ferramentas de ensino à distância, na forma de ensino presencial, semi-presencial ou à distância, buscando fornecer uma proposta para a análise e estratégias em qualquer ambiente.

Desta forma, este trabalho está direcionado ao ensino e capacitação na área da automação industrial, considerando-se aspectos relacionados ao desenvolvimento de novas tecnologias e a evolução da mesma e o desenvolvimento de conceitos técnicos.

No decorrer desse trabalho são apresentados conceitos envolvidos nas áreas que permeiam o ensino tecnológico, permitindo desta forma uma sólida capacitação em Automação Industrial. Ao fim deste trabalho, pretende-se desenvolver conhecimentos em aspectos como:

- Controladores Lógicos Programáveis;
- Sistemas Automatizados;
- Educação mediada por computador;

### **1.4 Delineamento do trabalho**

Através do conhecimento e experiência adquirida nos últimos anos na área de Ensino Tecnológico, Engenharia de Integração de Sistemas e no decorrer deste trabalho de pesquisa, pode-se implementar metodologias direcionadas à área de Formação Profissional, mais especificamente na área de Automação Industrial.

A era da informação juntamente com a globalização permitiu o desenvolvimento e popularização de tecnologias de produção, comunicação e processamento de informações,

levando à necessidade de capacitar profissionais que atuarão neste novo mercado de trabalho em vista da produtividade, flexibilidade e economia de tempo.

A busca do conhecimento tecnológico necessário para o profissional do mundo atual, deve ser levada em consideração ao elaborar uma proposta de metodologia educacional. Para conseguir estes objetivos tem-se que, necessariamente, considerar novos conceitos e diferentes técnicas de abordagens que possam ser aplicadas, tanto para a área educacional como para a área tecnológica, além, evidentemente, do aproveitamento eficiente e efetivo dos recursos tecnológicos disponíveis.

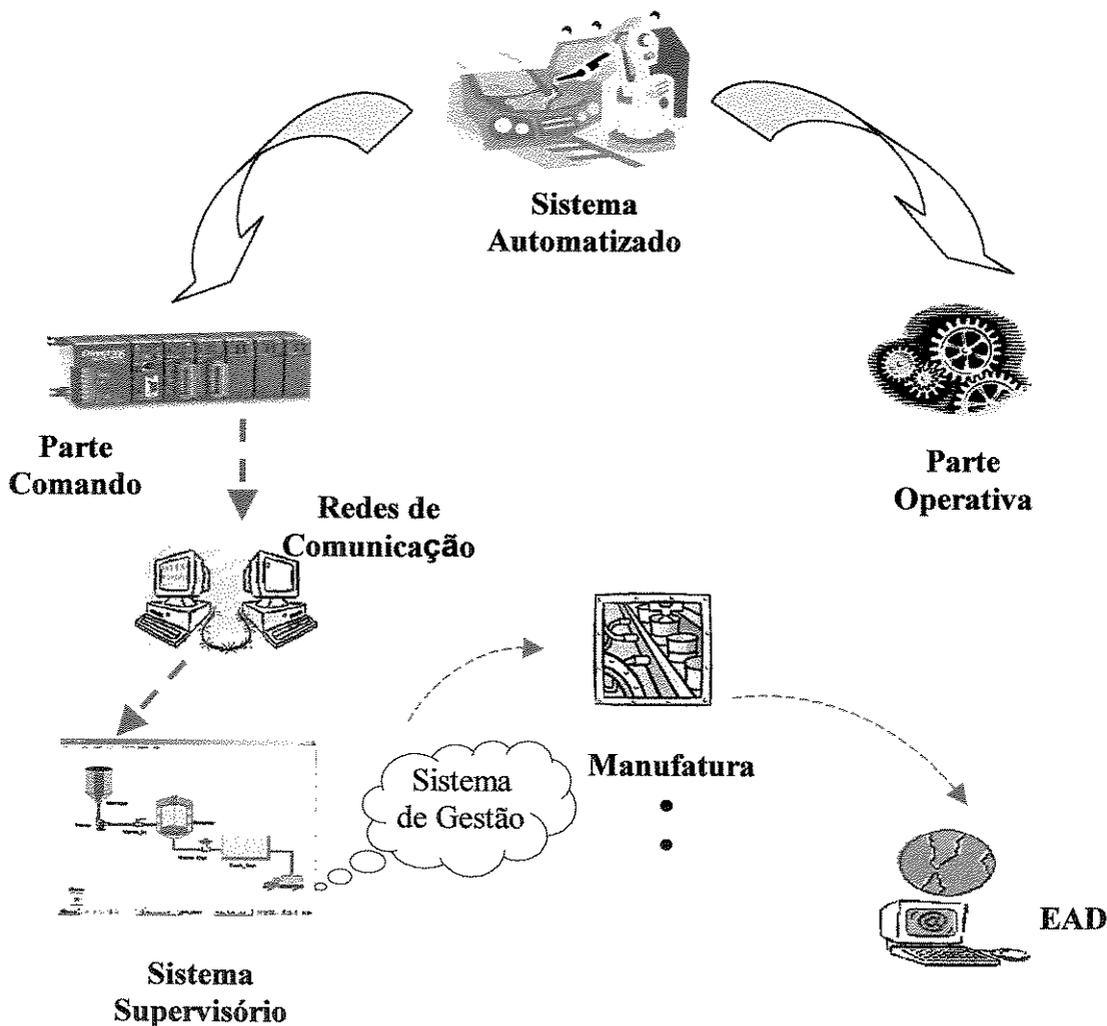


Figura 1.1 - Sistema Automatizado

Assim, a realização deste projeto de Pesquisa tem como objetivo principal o estabelecimento de uma metodologia que permita capacitar profissionais na área da automação industrial, permitindo simular um chão de fábrica em plataformas didáticas, aproximando-o da realidade do mercado de trabalho. A figura 1.1 mostra o desmembramento dado aos Sistemas Automatizados visando fornecer uma visão geral destes sistemas na sua forma genérica, e a partir desta visão o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

## **1.5 Estrutura do trabalho**

Este projeto de pesquisa apresenta metodologias e ferramentas direcionada as área de Automação e Educação, onde são utilizados conceitos educacionais e tecnológicos. Esta tese de doutoramento foi subdividida em seis capítulos:

Capítulo 1 – é realizada uma introdução ao problema, onde são apresentados os principais objetivos e justificativas deste projeto de pesquisa, a automação e a forma como foi delimitada esta questão e a estrutura geral dos capítulos da tese.

Capítulo 2 – é realizado um trabalho de revisão bibliográfica aprofundado, discutindo a Educação do ponto de vista histórico, a Automação e Integração e a Educação Mediada por Computador, finalizando o capítulo com a educação no contexto da formação tecnológica.

Capítulo 3: Neste capítulo são apresentados conceitos e definições dos elementos que compõem um sistema automatizado.

Capítulo 4: Neste capítulo é apresentado um breve histórico da automação e sua correlação com a educação e as plataformas didáticas que reproduzem um chão de fábrica com os seus postos de trabalho e elementos de atuação e controle.

Capítulo 5: Neste capítulo são apresentadas as ferramentas e ambientes de ensino à distância que podem ser utilizadas na comunicação e no processo de ensino-aprendizagem.

Capítulo 6: Neste capítulo é apresentada uma proposta de um ambiente de ensino voltado para a área da automação industrial utilizando-se recursos e metodologias de educação mediada por computador e ambientes de educação à distância.

Capítulo 7: Neste capítulo são apresentadas as conclusões e perspectivas futuras referentes a este trabalho e as áreas de conhecimento envolvidas.

## Capítulo 2

### Revisão Bibliográfica

#### 2.1 Introdução

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica referente às áreas que permeiam este trabalho de pesquisa. Sendo um assunto extremamente vasto, esta será abordada em três etapas: uma referente à educação no seu âmbito geral, outra referente à automação do ponto de vista histórico e tecnológico e, finalmente, outra referente à educação mediada por computador.

#### 2.2 Educação e Formação

Ao se realizar qualquer consideração acerca da educação, deve-se inicialmente atrelá-la ao termo escola, uma vez que a forma mais disseminada, desenvolvida e dominante da educação praticada na sociedade atual se dá através da escola, embora o conceito de educação seja muito mais amplo que este. (Rossi, 1980).

Segundo Manacorda (1992), na Idade Média, a escola era organizada pela igreja e passou a existir uma ligação entre cultura e profissão. Surgiram as universidades e a educação feudal. Jam Amos Comenius lançou a *Didática Magna* na tentativa de sistematizar o saber, propondo a modernização da instrução para as crianças, em que a escola tinha a função de dar bons livros-textos, bons professores e bons métodos (Eby, 1976).

No âmbito do ensino profissional, o artesanato surgiu como uma espécie de indústria rural, própria para a agricultura. Na forma de trabalho artesanal, existia um mestre artesão que detinha o conhecimento e o transmitia a um aprendiz (Timm, 1971), este possuía um notável pensamento técnico e domínio de conhecimento de química, mecânica e metalurgia. Deste período surgiu a educação artesanal.

No final da Idade Moderna a Revolução Industrial mudou os modos de produção e a vida dos homens, acabando-se a antiga produção artesanal e surgindo um novo método de produção. Desta época surge a moderna instrução pública com a proposta de uma escola elementar gratuita, onde os alunos que se destacassem deveriam ser selecionadas para as escolas secundárias e o melhor dentre estes para as universidades.

No início da Idade Contemporânea, o modo de produzir bens materiais necessários para a vida da sociedade transformou-se profundamente (Manacorda, 1992). A tendência científica da educação é uma continuação dos séculos anteriores e o pensamento e a prática social e política passa por revoluções que se refletem na educação (Monroe, 1970).

A partir de 1900, o currículo escolar passa a sofrer grandes modificações em função das tendências sociais e das mudanças tecnológicas. Passa a existir um grande esforço no sentido de tornar o processo de instrução e formação do homem mais científico e universal (Monroe, 1970). As escolas técnicas são criadas, onde os institutos de mecânica instruem os operários nos princípios científicos da matemática e das manufaturas. A instrução técnico-profissional passa a ser promovida pelas indústrias e pelo estado, tendo um mesmo objetivo: formar o homem capaz de produzir ativamente.

Por volta de 1917, com o objetivo de suprir a mão de obra da indústria, foi proposta a criação de uma escola voltada para a formação de homens capazes de qualquer trabalho, demonstrando a exigência de uma escola que servisse como instrumento de uma vida social melhor e que se adequasse à vida produtiva. Deste período surge a escola unitária proposta por Gramsci, dando início às novas relações entre o trabalho intelectual e industrial praticado não somente na escola, mas em toda a vida social. Escolas infantis foram instaladas junto às fábricas

para atender aos filhos dos operários, e escolas de agricultura, comércio e de artes e ofícios, em favor das indústrias.

A segunda metade do século XX é marcada pelo progresso tecnológico, iniciando a implantação e difusão de uma nova base tecnológica através da microeletrônica, permitindo a automação de processos produtivos, das tecnologias de informação, como a informática e a telemática (Segnini, 1992).

No final do século XX passou-se a discutir não somente a educação, mas também a criação de ferramentas educacionais capazes de adequar as escolas ao acelerado processo de desenvolvimento tecnológico vivido pela sociedade moderna. Neste contexto, o processo de difusão tecnológico vem influenciando a sociedade pela diversificação dos meios para aquisição de conhecimento, através da popularização do uso de microcomputadores, das modernas redes de telecomunicações e outros equipamentos.

### **2.3 Automação e Integração**

A automação vem fazendo parte da vida de todos em todas as instituições e organizações nas quais inclusive a doméstica. Do ponto de vista industrial, a automação pode ser definida como o processo que abrange as máquinas e os procedimentos de execução das operações. A automação vem alterando os meios de trabalho introduzindo novas formas e conceitos de organização da produção (Coriat, 1988).

A automação pode também ser definida como sendo o controle eletrônico que substitui a função de controle do cérebro humano (O'Brien, 1964), ou ainda uma tecnologia que se ocupa do uso de sistemas mecânicos, eletrônicos e à base de computadores na operação e controle da produção (Groover et al., 1988).

Historicamente a automação nos remete à técnica, como sendo todo método racional em vista de uma finalidade (Nélis, 1965); procedimentos e métodos de criação de bens de materiais de consumo, de equipamentos ou de comunicação, cuja livre disposição determina a evolução da existência do homem (Daumas, 1983), ou seja, do aprimoramento da técnica para a realização de trabalho que o homem vem caminhando em direção a automação ao longo de séculos.

Segundo Rosário (2004), a partir do desenvolvimento da microeletrônica, os sistemas mecânicos sofreram profundas modificações conceituais através da incorporação da capacidade de processamento, tornando-se mais rápidos, eficientes e confiáveis, com custos cada vez menores.

#### **2.4 Ensino a Distância e Educação Mediado por Computador**

Segundo Moore (1996), tanto a educação à distância quanto a educação mediada por computador são métodos de ensino, entretanto, a Educação Mediada por Computador (EMC) pode ser um recurso utilizado tanto na Educação a Distância quanto na Educação Presencial, pois trata-se da utilização do computador como mediador do processo de aprendizagem. Portanto, o sucesso da educação mediada por computador depende da instituição, da instrução individual apropriada e do material de aprendizagem para dar oportunidades de diálogo entre professores e alunos (Moore, 1998).

Segundo Damásio (2004), a integração crescente com a economia mundial está transformando a maneira de se formar profissionais, não se discutindo a necessidade de se prover qualificação ao corpo funcional de uma empresa, mas sim de tornar essa qualificação um processo permanente e em constante atualização.

Utilizada há várias décadas, a Educação a Distância vem se configurando hoje como uma força renovadora para o processo ensino-aprendizagem (Meneghel, 2003). Entretanto, há conceitos que, por sua pouca ou grande dependência com outros já dominantes, demoram muito para firmar a partir de suas próprias características (Nunes, 2002). Tal fato ocorreu com a Educação a Distância. Conceituou-se primeiro o que não seria Educação a Distância. Somente após pesquisas realizadas nos anos 70 e 80, definiu-se um conceito do que realmente é Educação a Distância (Queiroz, 1998).

Educação a Distância é um aprendizado planejado que normalmente ocorre em um lugar diferente do ensino e, como resultado, requer técnicas específicas de planejamento de curso, técnicas instrucionais específicas, métodos específicos de comunicação eletrônica ou outra tecnologia, bem como planos específicos de organização e administração (Moore e Kearsley, 1996).

A Educação a Distância pode ainda ser definida como um sistema de comunicação bidirecional, que pode ser massivo e que substitui a interação pessoal, na sala de aula, de professor e aluno, como meio preferencial de ensino, pela ação sistemática e conjunta de diversos recursos didáticos e pelo apoio de uma organização e tutoria que propiciam a aprendizagem independente e flexível dos alunos (Rezende, 2000).

Segundo a legislação brasileira, a Educação a Distância é uma forma de ensino que possibilita a auto-aprendizagem, com a mediação de recursos didáticos sistematicamente organizados, apresentados em diferentes suportes de informação, utilizados isoladamente ou combinados, e veiculados pelos diversos meios de comunicação (LDB, 1996).

A Educação a Distância surgiu da necessidade de uma adaptação do ensino presencial em um novo contexto, capaz de atender o aluno geograficamente distante e/ou com tempo limitado, democratizando o acesso ao ensino (Bosnardo, 2001).

Segundo Nunes (2002), esta forma de educação é um recurso que atende uma grande quantidade de pessoas com rapidez, eficiência e baixo custo, porém sem redução dos serviços oferecidos, sendo também considerada uma forma aprimorada de atualização do conhecimento.

A Educação a Distância apesar de suprir certas necessidades do aluno, não tem o propósito de substituir a educação presencial, mas sim ampliar as possibilidades de acesso ao conhecimento (Silva Junior et al., 1998). Tanto a Educação a Distância quanto a presencial procuram atender propriedades distintas sem o intuito da competição (Bosnardo, 2001). Exemplo disto é a televisão, que não significou o fim do rádio, dos livros ou das revistas.

A característica principal desta modalidade educacional é a separação física entre aluno e professor. Segundo Moore (1996), considera-se a distância educacional não do ponto de vista físico, mas sim do ponto de vista educacional, conhecido também como a distância transacional de Moore, sendo portanto, uma modalidade educacional que vai além da idéia de superar a distancia física.

Segundo Otto Peters (2001), o conceito de distância transacional de Moore distingue a distância física e comunicativa. A distância transacional será maior ou menor, dependendo se os

estudantes são abandonados à própria sorte, com seus materiais de estudo, ou podem comunicar-se com os docentes. Isto significa que havendo mais comunicação entre alunos e professores, a distância entre eles é menor, independentemente da distância física.

A Educação a Distância é considerada inovadora, porém com muitos anos de experiência. Há registro de sua origem no século XIX com a educação por correspondência e evoluindo com as novas tecnologias. A educação a distância pode ser dividida em três fases cronológicas, segundo a evolução da transmissão de informação (Loyolla e Prates, 1998):

- Geração textual: Esta fase ocorreu até a década de 60 e baseou-se no auto-aprendizado com suporte em textos impressos.
- Geração analógica: Essa fase ocorreu entre as décadas de 60 e 80 e baseou-se no auto-aprendizado com suporte em texto impresso, complementado intensamente com recursos tecnológicos de multimídia, tais como gravação de áudio e vídeo.
- Geração digital: Essa fase tem como base o auto-aprendizado com suporte, quase que exclusivamente, em recursos tecnológicos diferenciados, como: os sistemas de telecomunicação digital e via satélite; os computadores pessoais; e as redes computacionais locais e remotas, tais como a Intranet e a Internet. Sendo possível com isto acrescentar a interatividade à Educação a Distância, como também a flexibilidade na comunicação entre professor e aluno (Bosnardo, 2001).

Com a evolução tecnológica dos últimos anos, a Internet transformou-se em um importante meio de comunicação. Pela sua flexibilidade, a internet é capaz de tratar da transmissão de dados em inúmeros formatos e em condições assíncronas e síncronas.

Nesta fase surgiu a Comunicação Mediada por Computador (CMC), que é conceituada como qualquer sistema capaz de apresentar e/ou transportar informações de pessoa para pessoa por meio da tecnologia computacional.

Segundo Otsuka (1998), o CMC possibilitou uma comunicação rápida intensa e eficiente, introduzindo um grande número de recursos, provendo um maior enriquecimento nas comunicações, podendo-se citar o envio de mensagens por meio de correio eletrônico, pois em condições normais de funcionamento da rede, essa mensagem pode chegar em qualquer parte do mundo em alguns segundos, além de algumas ferramentas que permitem a comunicação em tempo real.

## **2.5 A educação no contexto da tecnologia**

A criação de condições de melhoria do nível educacional da classe trabalhadora permite a introdução de novas tecnologias. Acredita-se ser esta a única forma de se conseguir uma coexistência pacífica entre a classe empresarial e trabalhadores (D'Abreu, 2002).

Segundo Frigotto (1992), o estado deve ter como papel, a definição e a gestão de uma política educacional que propicie o acesso a todos os cidadãos dos benefícios decorrentes das inovações tecnológicas nas diversas áreas econômicas, sociais e culturais. Ou seja, criar condições para uma educação básica de qualidade para todos, sobretudo nas escolas públicas. Essa qualificação básica deve ser de qualidade tal que propicie a oportunidade de uma formação profissional mais específica de nível mais elevado, pois sem a formação básica, a formação profissional simplesmente se transformará em puro adestramento.

Com a evolução tecnológica, o que se tem verificado é que ela possibilita na verdade o deslocamento do homem das operações rotineiras para as inteligentes, deixando para os equipamentos computadorizados a realização das tarefas repetitivas com tomadas de decisão simples (Lepikson, 1995). Deixando claro desta forma a necessidade de se exigir trabalhadores com maior e melhor qualificação para tomada de decisões mais complexas.

A intervenção humana para tomada de decisões mais complexa está associada à capacidade de julgamento, destreza para execução de determinadas tarefas, experiência para reagir frente a situações imprevistas e capacidade de reconhecimento de características. Portanto um trabalhador com esse perfil tem que necessariamente ter um bom nível intelectual e estar bem capacitado para adquirir bom conhecimento do processo, do relacionamento com o sistema produtivo, dos equipamentos da supervisão e do software de controle do processo (D'Abreu, 2002).

Segundo Vargas (1999), a tecnologia é um saber que se adquire pela educação teórica e prática e, principalmente, pela pesquisa tecnológica. Sendo que uma nação somente irá adquirir capacitação tecnológica se tiver um sistema de educação completo, incluindo ciências teóricas e aplicadas, e quando dispuser de instituições de pesquisa e órgãos financiadores das mesmas. Os fatos históricos dos eventos tecnológicos recentes, ou de um passado próximo, mostra o fracasso da transferência de tecnologias quando se pretende comprá-las, ou embutida em aparelhos, máquinas ou produto ou pacotes de planos, desenhos e especificações, sem os concernentes conhecimentos por parte dos compradores. Esta tem que ser aprendida através de um sistema educacional adequado.

Desta forma, a educação tecnológica passa a ter um papel relevante na preparação de todo indivíduo que vive em sociedades em que a tecnologia se estabeleceu, quer para a formação de pessoas habilitadas que a crie, que desenvolva ou opere.

## **2.6 Conclusão**

Através das áreas apresentadas nesta revisão, espera-se ter demonstrado a necessidade de adequação do processo ensino-aprendizagem a atual geração tecnológica dos meios produtivos, dentre esta a automação industrial, através do desenvolvimento de ferramentas ou aplicativos educacionais atuais, considerando-se as evoluções das tecnologias de comunicação e informação, porém não se esquecendo o contexto pedagógico.

## **Capítulo 3**

### **Automação e Integração – Conceitos Fundamentais**

#### **3.1 Introdução**

Segundo Rosário (2004), desde os anos 80, as estruturas das plantas fabris vêm se modificando rapidamente, em busca de melhoria na produtividade e da racionalização dos recursos investidos a fim de atender as necessidades do mercado, da sociedade, a competição entre os fornecedores e à exigência dos clientes.

Para tanto, a implementação de novos métodos de produção como as células flexíveis de manufatura e de linhas de produção automatizadas tornam-se necessárias para a obtenção destas melhorias.

Neste capítulo são apresentados conceitos teóricos e definições básicas referentes a Sistema Automatizados, desde ferramentas para Modelagem até a Integração de Sistemas Automatizados.

#### **3.2 Sistemas Automatizados – Conceitos e Definições**

##### **3.2.1 Conceitos Básicos**

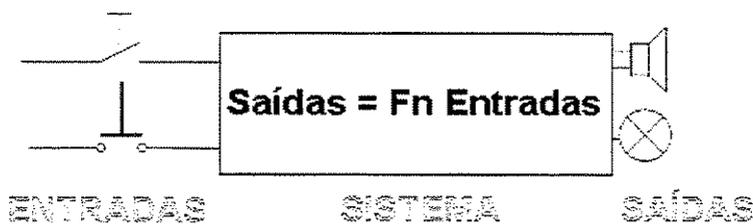
Para compreender um sistema automatizado é necessário entender inicialmente o conceito de sistema. Um sistema é qualquer interação de elementos cujo funcionamento visa alcançar um objetivo comum e que evoluiu com o tempo.

Portanto, segundo a definição citada, aquilo que pode ser definido como sistema num contexto pode ser apenas um componente de um outro sistema, originando o conceito de subsistema.

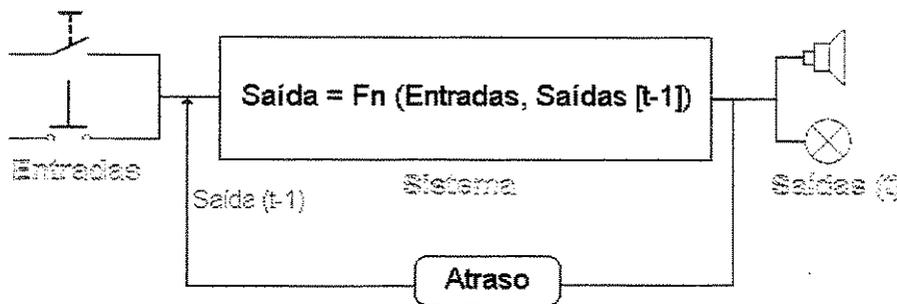
Pode-se definir ainda o sistema como um conjunto complexo de coisas diversas que relacionadas entre si, contribuem para determinado objetivo ou propósito.

Os Sistemas Automatizados podem ser classificados como:

- **Automatismos Combinatórios:** O estado das saídas depende do estado das entradas, ou seja as saídas são determinadas unicamente em função do estado corrente das entradas, conseqüentemente o funcionamento do sistema não depende do tempo, conforme mostra a figura 3.1a.
- **Automatismos Seqüenciais:** O estado das saídas depende do estado atual das entradas do sistema. O funcionamento depende do seu passado. Conseqüentemente, o estado das saídas no instante  $t$  é função do estado das entradas neste tempo  $t$  e dos estados das saídas no tempo  $(t-1)$ , conforme mostra a figura 3.1b.



a) Automatismos Combinatórios.



b) Automatismos Seqüenciais.

Figura 3.1 Classificação de Sistemas Automatizados.

Segundo Saramago (2002), sob o ponto de vista prático, define-se um sistema como um conjunto de elementos dinamicamente relacionados entre si, formando uma atividade para atingir um objetivo, operando sobre entradas (informação, energia ou matéria) e fornecendo saídas (informação, energia ou matéria) processadas, tendo como principais componentes:

- Fronteiras: limites do sistema, que podem ter existência física ou apenas uma delimitação imaginária para efeito de estudo.
- Subsistemas: elementos que compõem o sistema.
- Entradas: representam os insumos ou variáveis independentes do sistema.
- Saídas: representam os produtos ou variáveis dependentes do sistema.
- Processamento: engloba as atividades desenvolvidas pelos subsistemas que interagem entre si para converter as entradas e saídas.
- Retroação (feedback): é a influência que as saídas do sistema exercem sobre as suas entradas no sentido de ajustá-las ou regulá-las ao funcionamento do sistema.

### 3.2.2 Modelagem

Pode-se definir a Modelagem de um Sistema como uma representação de um objeto, sistema ou idéia em uma forma diferente ao elemento propriamente dito. Desta forma, o Modelo de um Sistema é um conjunto de informações sobre um determinado sistema com o propósito de entender o mesmo, ou seja, um modelo é uma descrição do sistema real.

Literalmente pode-se dizer que o modelo é a representação de alguma coisa, podendo ser definido também como a representação simplificada de um sistema com o propósito de estudar o mesmo.

Desta forma um modelo passa a ser uma réplica ou uma abstração com a característica essencial de um sistema ou processo. Através destes problemas que desobedecem a soluções diretas por causa do tamanho, complexidade ou estrutura, são freqüentemente avaliados através de modelos de simulação, ou seja, o Modelo passa a ser uma representação simplificada de alguma parte da realidade de sistemas, podendo ser estes sistemas de diferentes tipos.

Segundo Soares (1992), existe a concepção forte de que os modelos devam ser construídos para resolver problemas específicos. Desta forma, podem-se ter vários modelos de um sistema, cada um mais adequado à resolução de um problema particular do que o outro. Apesar de serem construídos dependentes do problema a resolver, os modelos requerem uma estrutura organizada. Uma linguagem para simulação pode fornecer estas estruturas, e sua compilação é o que vai traduzir a descrição do sistema em uma forma aceitável por um sistema de computação.

Segundo Morcelli (2004), ao desenvolver um modelo de simulação, o modelador precisa selecionar a estrutura conceitual na qual o modelo vai se apoiar para a descrição do sistema. A estrutura conterá o "enfoque" (ou visão), dentro do qual as relações funcionais entre os elementos do sistema são percebidas e descritas.

Estes modelos podem ser classificados como: físico (escala natural e reduzida) e matemático (numérico/algóritmico), sendo que as principais etapas necessárias para a obtenção dos mesmos são a análise do sistema, através da identificação de entidades, atributos, etc, e a simplificação, através da desconsideração das entidades e atributos considerados irrelevantes.

### 3.2.3 Simulação

A simulação de um sistema pode ser definida como a capacidade de conduzir experimentos utilizando um modelo de sistema real de forma a compreender o comportamento deste e possibilitar a avaliação de estratégias para a operação do mesmo, ou seja, é a técnica de resolver problemas seguindo as variações ocorridas ao longo do tempo.

Segundo Morcelli (2004), um importante fator para a larga utilização da simulação é a sua flexibilidade. A maioria das outras técnicas, tal como modelagem analítica, requer que os sistemas reais sejam transformados em um modelo idealizado em uma estrutura bastante específica. Quando esta idealização é possível sem um significativo compromisso da natureza do sistema considerado, a técnica analítica pode ser usada para obter uma solução.

Segundo Adam (1979), os objetivos da simulação podem ser classificados em quatro categorias:

- Comparação de estratégias com respeito a um problema individual no mundo real: A maioria das aplicações de simulação incluem-se nesta categoria. Estas aplicações iniciam com alguma análise estatística em relação a um problema específico e através da simulação procura-se encontrar uma solução para um problema.
- Desenvolvimento de afinidade funcional. Nesta situação, a utilização da simulação tem por objetivo obter critérios de relação entre variáveis que, posteriormente, com uma análise matemática poderá possivelmente chegar a uma solução ótima.
- Validação e avaliação de métodos analíticos recentemente desenvolvidos: É a utilização da simulação como ferramenta ou fonte de idéias para novas técnicas analíticas, como a aplicação para validação de métodos matemáticos ou novas teorias.
- Propósitos educacionais ou de treinamento: A simulação permite colocar uma pessoa frente a situações difíceis e analisar seu comportamento e suas decisões sem que isso possa colocar em risco o andamento normal do sistema. Desta forma, a Simulação é um importante dispositivo de aprendizado.

Porém, a utilização da simulação possui limitações, dentre as quais podemos destacar a dependência entre resultados e estímulos, o desenvolvimento de bons modelos podendo ser onerosos e a falta de precisão e/ou qualidade da modelagem no fornecimento de valores das variáveis em todos os instantes de tempo.

#### **3.2.4 Elementos de Modelagem de um Sistema Automatizado**

A evolução tecnológica está levando à crescente complexidade dos sistemas automatizados, implicando numa grande dificuldade por parte do usuário, na definição de uma maneira clara, concisa e não ambígua das especificações funcionais associadas a esses sistemas. Esta complexidade tende a aumentar ainda mais, com a utilização de um número elevado de troca de informações entre os elementos constituintes deste sistema. Desta forma é necessário descrever o sistema através de uma linguagem de descrição adequada. Esta linguagem precisa ser do ponto de vista do homem, uma forma que expresse de modo natural a especificação do sistema e do ponto

de vista do sistema, uma descrição simples que seja facilmente interpretada e executada (Aihara, 2000).

A linguagens verbal e textual não são as mais indicadas para a modelagem dos SA, pois pode levar a mais de uma interpretação, e até mesmo a informações ambíguas. Portanto, em sistemas complexos, onde haja ações simultâneas e decisões com múltiplas possibilidades, deve-se evitar a utilização da linguagem verbal e textual. Sempre que possível e necessário, as descrições de sistemas automatizados devem ser representadas na forma gráfica, pois possuem uma facilidade maior em serem interpretadas e executadas, porém, existe a dificuldade de se encontrar uma forma que seja aceita e entendidas por todos.

Visando a padronização de uma linguagem de descrição para os sistemas automatizados, o “International Electrotechnical Committe” estabelece uma nomenclatura internacional para sistemas automáticos, a norma internacional [IEC 61131-3]. Esta norma divide o Sistema Automatizado (SA) em duas partes distintas, como ilustrado na figura 3.2:

- Parte Operativa (PO) – corresponde ao processo físico a automatizar, que opera sobre a matéria prima e o produto. É constituída pelos atuadores que realizam as operações, agindo sobre componentes e dispositivos de automação, tais como válvulas, atuadores, motores, lâmpadas, etc;
- Parte Comando (PC) – caracterizado por receber as informações vindas do operador e/ou do processo a ser controlado e emitir informações ao sistema controlado, coordenando assim, as ações da Parte Operativa (PO).

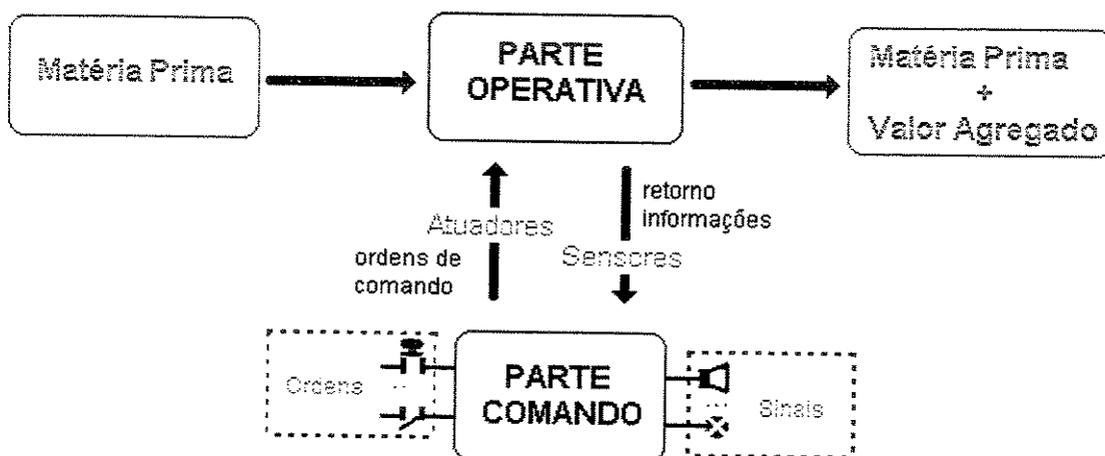


Figura 3.2 Sistema Automatizado (SA) – Parte Operativa e Parte Comando.

A Parte Comando de cada processo necessita, dentre as diferentes tecnologias de comando disponíveis, a mais adequada e a de melhor adaptação. Dentre as diferentes tecnologias existentes, podem-se citar os comandos pneumáticos, hidráulicos, eletro-mecânicos e os Controladores Lógicos Programáveis (CLP).

Desta forma, a Parte Comando é mantida informada sobre o estado dos subsistemas, através das informações fornecidas pela Parte Operativa. Esta pode ainda trocar informações com o exterior do sistema, de onde pode receber indicações, ordens (botões de comando, chaves, sensores, etc.) e fornecer sinalizações sonoras e/ou luminosas (sinalizadores, buzinas, lâmpadas, etc.).

Portanto, para o desenvolvimento de um SA deve-se inicialmente descrevê-lo de modo a não ficar nenhuma dúvida sobre os objetivos a serem atingidos no projeto proposto, sem a preocupação com detalhes tecnológicos, quando então se devem descrever os elementos específicos do sistema automatizado.

No trabalho de Araújo (1997), cita-se a necessidade de se desenvolver o Caderno de Tarefas, cujo objetivo é a descrição de seu comportamento em função da evolução das etapas que descrevem o processo a ser automatizado. O mesmo deve apresentar uma descrição clara, precisa e sem ambigüidades, nem omissões, do papel das etapas constituintes do processo a ser automatizado. Com isto, a descrição do sistema deve ser dividida em dois níveis sucessivos e complementares: nível 1 e nível 2.

O **nível 1 – Especificações Funcionais** - deve descrever o comportamento da parte comando PC em relação a parte operativa PO. As especificações funcionais permitem a compreensão das funções que o automatismo deve realizar, face às diferentes situações que podem surgir. Neste nível, pouco importa qual a forma que realizará um determinado movimento, mas é importante conhecer em que circunstância o deslocamento deve ser realizado. É neste nível que aspectos de segurança previstos para o funcionamento devem ser incorporados nas especificações funcionais, na proporção em que eles não dependam diretamente da tecnologia empregada.

O nível 2 – **Especificações Tecnológicas e Operacionais** - deve acrescentar às exigências funcionais um detalhamento das condições de funcionamento dos constituintes do processo a ser automatizado, através de especificações tecnológicas e operacionais. Neste nível, deve haver indicações sobre a exata natureza dos transdutores e atuadores, do modo como estes elementos deverão ser inseridos fisicamente no processo que compõe o sistema automatizado e informações acerca do seu meio ambiente de atuação.

Estas considerações são muito importantes para a exploração do processo a automatizar, considerando-se suas repercussões sobre o aspecto econômico, que são freqüentemente esquecidas durante a elaboração do caderno de tarefas, pois são difíceis de serem expressas de maneira quantitativa.

### 3.2.5 **Sistemas a Evento Discreto (SED)**

Segundo Cardoso e Valette (1997), sistema discreto é um sistema no qual as mudanças de estado ocorrem em instantes precisos. Porém esta classificação depende do ponto de vista em que se coloca o observador e depende do grau de abstração desejado. Este fato pode ser observado em um processo de fresagem, em um sistema de manufatura. Do ponto de vista da operação de fresagem o sistema deve ser modelado por um modelo contínuo. Do ponto de vista da coordenação do sistema de manufatura, considerando os evento início e fim de fresagem, o sistema deve ser modelado por um modelo a eventos discretos.

Desta forma, os Sistemas a Eventos Discretos (SED) são sistemas cujas variáveis de estado mudam somente num conjunto discreto de pontos no tempo, ou seja, os valores das variáveis nos estados seguintes podem ser calculados diretamente a partir dos valores precedentes e sem ter que considerar o tempo entre estes dois instantes. Como exemplo podemos verificar um banco, cuja variável de estado, é o número de clientes no banco, sendo que este muda somente quando um cliente chega ou quando o serviço prestado a um cliente é completado.

Portanto, os Sistemas a Eventos Discretos são sistemas cujos sinais:

- assumem valores num conjunto discreto, tais como on/off, início, fim, verde, amarelo, vermelho, etc;

- alteram de valor rapidamente, de modo a permitir ser modelado como instantâneas, em qualquer instante  $t$ ;
- alteram-se por duas possíveis razões: ocorrência de eventos instantâneos externos, isolados e independentes; ocorrência de eventos internos, definidos por rigorosas cadeias lógicas.

Segundo Cassandras (1993), atualmente são inúmeros os sistemas a eventos discretos, sendo de fundamental importância na ordenação da vida civilizada contemporânea; ocorrendo em todas as indústrias, nos serviços prestados ao público, nos processos burocráticos, nos softwares de tempo real e dos bancos de dados e nas manufaturas. Nestes sistemas em geral intervêm eventos externos importantes, enquanto internamente existe uma lógica rigorosa de causas e efeitos.

Desta forma segundo Ramadge e Wonham (1989), a crescente complexidade dos sistemas automatizados tende a aumentar a utilização de um número elevado de informações de entradas e saídas, implicando na grande dificuldade por parte do usuário na definição das especificações funcionais associadas a esses sistemas.

### **3.2.6 Linguagens Gráficas utilizadas para Modelagem de Sistemas Automatizados**

Os modelos devem ser expressos através de uma linguagem cujo principal objetivo é a descrição destes sistemas. Dentre as principais características desta linguagem, tem-se:

- a necessidade de possuir uma base formal, visando obter uma interpretação exata e precisa;
- a clareza, visando facilitar a comunicação entre todos os envolvidos numa modelagem;
- a possibilidade de construção de modelos que obedeçam aos requisitos de conceitualização (contendo apenas propriedades desejadas do sistema modelado) e de totalidade (todas as propriedades desejadas do sistema modelado).

Desta forma, o estudo de modelagem e simulação de sistemas discretos estão associados às necessidades de se estabelecer limites e prever o comportamento destes sistemas. Nos SA este comportamento está intimamente ligado à utilidade destes sistemas, quer seja como extensão da capacidade humana de operação e transformação de objetos, como por exemplo os sistemas de

manufatura, quer seja como forma de substituir completamente o elemento humano em atividades perigosas, tais como a manutenção de centrais nucleares, as operações de inspeção, reparos, soldagem em grandes profundidades, ou mesmo a manipulação de carga em grandes alturas nas construções civis, ou ainda os sistemas de coleta de dados, exemplos estes de casos onde a substituição completa ou parcial do homem pelos sistemas automatizados esta relacionada com segurança e respeito à vida ao invés de simplesmente o desemprego.

Entretanto, nestas atividades onde o forte é a extensão da capacidade humana, através da melhora da precisão de intervenção, repetibilidade, confiabilidade, e outros fatores, torna-se necessário que o processo de automatização represente um avanço ao invés de uma simples modernização.

Portanto, a maneira mais direta de representar formalmente um sistema controlável é através do mapeamento de seu comportamento, ou pelo menos dos seus principais processos, como autômatos finitos. Neste caso, todo o sistema, incluindo as suas partes, é considerado uma única representação chamada estado e a evolução dentre os estados, isto é, uma transição de um estado para outro, é uma condição, ou seja é o elemento de ligação entre estes estados.

Esta transição pode ser representada através de um arco direcionado, sendo esta forma pictórica de representação da evolução dos estados, somente uma representação alternativa e talvez mais fácil de se interpretar. Isto provavelmente por ter uma comunicação quase subliminar sobre a evolução do sistema e sobre o conceito de processo. Entretanto, a formalização mais acabada do sistema e seu funcionamento estão associados à definição do que se conhece como um autômato.

Um autômato finito é definido como sendo um conjunto finito de estados, dos quais um é identificado como o estado inicial, e um outro ou eventualmente nenhum, é considerado como o estado final, sendo este associado o final do processo.

Segundo Peterson (1981), é comum nos sistemas encontrar componentes que apresentem atividades concorrentes ou paralelas e, neste sentido, as Redes de Petri são uma linguagem de modelagem que foi desenvolvida especificamente para modelar sistemas discretos que possuem

componentes que interagem concorrentemente. Sistemas seqüenciais podem ser modelados através de GRAFCET.

3.2.7 Norma Internacional IEC 61131-3A necessidade de se realizar uma boa especificação e documentação visando evitar a ambigüidade e dúvidas durante o processo de implementação e manutenção da Parte Comando de um Sistema Automatizado, foi criado um comitê internacional da IEC responsável pela especificação das etapas de projeto dos CLP's, incluindo desde o projeto de hardware, teste, documentação, programação, comunicação e até instalação.

Além disto coube a este comitê unificar e padronizar os símbolos gráficos e a seqüência do sistema, e também o que concerne os diferentes componentes de automação e CLP's distribuídos por diferentes fabricantes.

Deste processo de unificação e padronização resultou a norma internacional IEC 61131-3, visando atender todas as etapas acima citadas.

Tabela 3.1 – Norma IEC 61131.

Parte	Título	Descrição
1	Informações Gerais	Definição de terminologias e conceitos básicos
2	Requisito de Equipamentos e Testes	Construção eletrônica e mecânica e testes
3	Linguagens de Programação	Estrutura do software do CLP, linguagens de programação e execução do programa
4	Guia do Usuário	Guia sobre seleção, instalação e manutenção de CLP's
5	Especificação do Serviço de Mensagens	Facilidades de softwares para comunicar com outros dispositivos utilizando comunicação baseada em MAP MMS ( <i>Manufacturing Message Specification</i> )
6	Comunicação via Fieldbus	Facilidades de software de comunicação de CLP utilizando IEC Fieldbus
7	Programação para Controle Fuzzy	Facilidades de software para manipulação de lógica fuzzy dentro de CLP's
8	Guia para Implementação de Linguagens para CLP's	Guia para aplicação e implementação das linguagens IEC 61131-3

No desenvolvimento desta norma, procurou-se definir os pontos de intertravamento de sistemas seqüenciais, baseada nos seguintes objetivos: Visibilidade, Equipamentos, Linguagens de programação, Manuais ou Guias do Usuário e Sistemas de Comunicação. A tabela 3.1 apresenta as partes que constituem esta norma.

Juntamente ao desenvolvimento da norma, foram definidas cinco linguagens, onde duas são textuais e as demais são linguagens gráficas, utilizadas atualmente na maioria dos controladores lógicos programáveis disponíveis no mercado, sendo estas customizadas de acordo com cada fabricante. Apesar dessa diversidade de implementações, e estando baseadas nesta padronização, permitem sempre meios para especificar todos os procedimentos e intertravamentos de controle inerente ao sistema a ser automatizado. A seguir são descritas estas linguagens.

- IL: “Instruction List” - Lista de Instruções: Linguagem textual, de baixo nível, semelhante à linguagem Assembler, baseada em comandos “load”, “store”, “move”, “add”, que apresentam alta eficiência em pequenas aplicações (como sensores/atuadores inteligentes) ou na otimização de partes de uma aplicação. A figura 3.3 apresenta esta forma de linguagem.

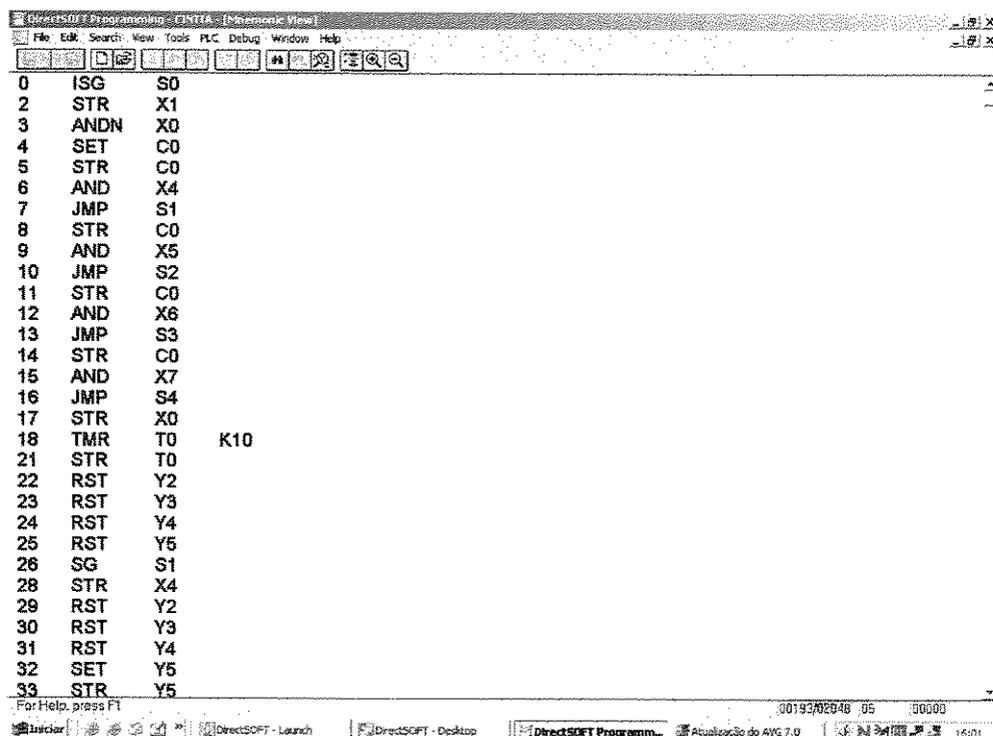


Figura 3.3 Programação utilizando Lista de Instruções (IL).

- ST: “Structured Text”: Texto Estruturado: Linguagem textual de alto nível similar ao Pascal, porém incorporando uma série de conceitos intuitivos ao engenheiro de automação. Seu uso é bastante interessante na implementação de procedimentos complexos, que são difíceis de

expressar com linguagens gráficas tais como linguagem de algoritmos de otimização de processo e inteligência artificial.

- LD: “Diagram Ladder” - Diagrama Ladder : Trata-se de uma linguagem gráfica baseada em símbolos e esquemas elétricos, tais como relês, contatos e bobinas, proporcionando um entendimento intuitivo das funções de intertravamento, sendo muito bem aceita pelos profissionais da área de automação e controle de processos. A figura 3.4 apresenta esta forma de linguagem.

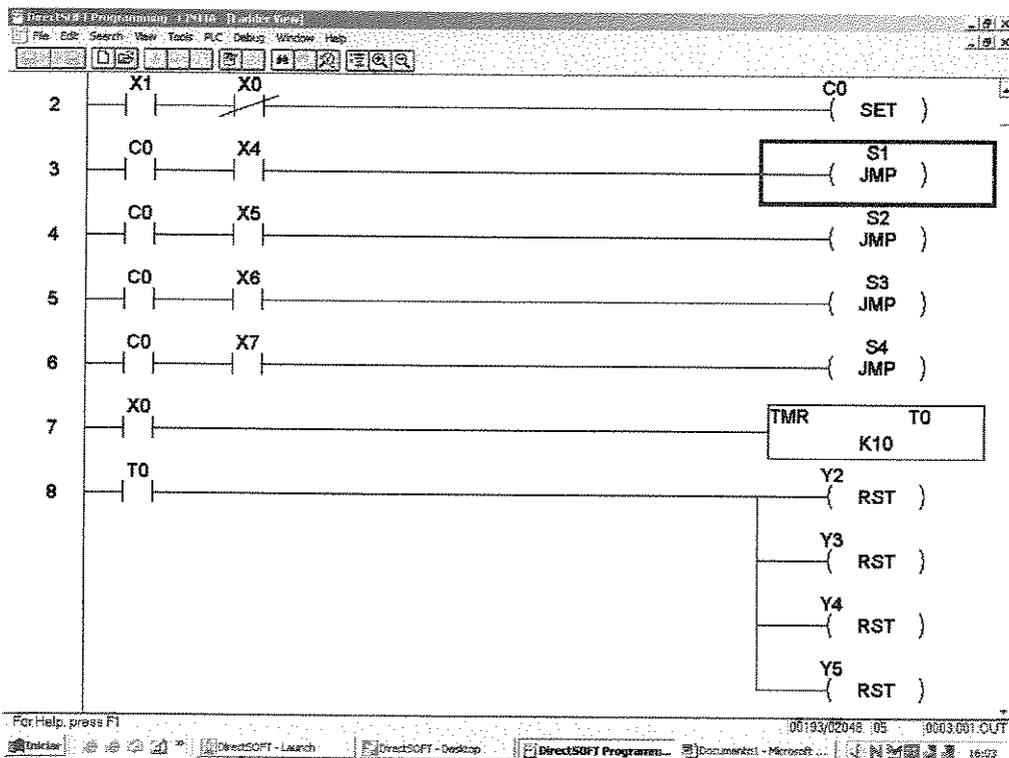


Figura 3.4 Telas típicas de Diagramas Ladder (LD).

- FDB: “Function Block Diagram” - Diagrama de Blocos de Função: Linguagem gráfica que permite ao usuário construir procedimentos combinacionais complexos utilizando-se de blocos padrões como, AND, OR, NOT, etc. Muito utilizado no desenvolvimento de dispositivos automatizados de baixo custo. A figura 3.5 apresenta esta forma de linguagem.

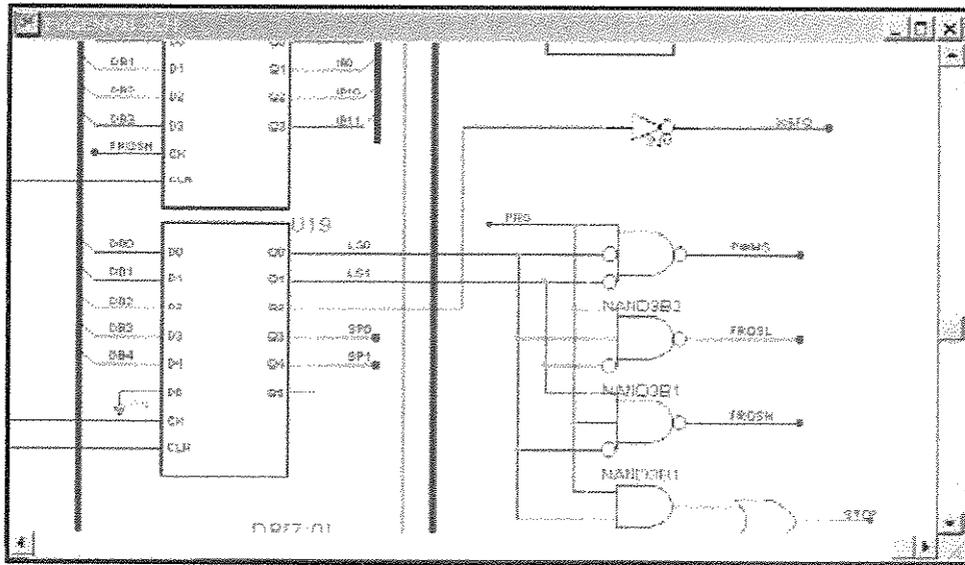


Figura 3.5 Diagramas de Blocos de Funções (FDB).

- SFC: “Sequential Function Chart” - Diagrama Funcional Seqüencial: Também conhecida pelo nome de GRAFCET, divide o processo em um número definido de passos separados por transições. Esta linguagem é o tópico principal do IEC 61131-3, pois as outras linguagens são utilizadas apenas para descrever as ações realizadas a cada passo, bem como as lógicas combinatórias envolvidas. A figura 3.6 apresenta esta forma de linguagem.

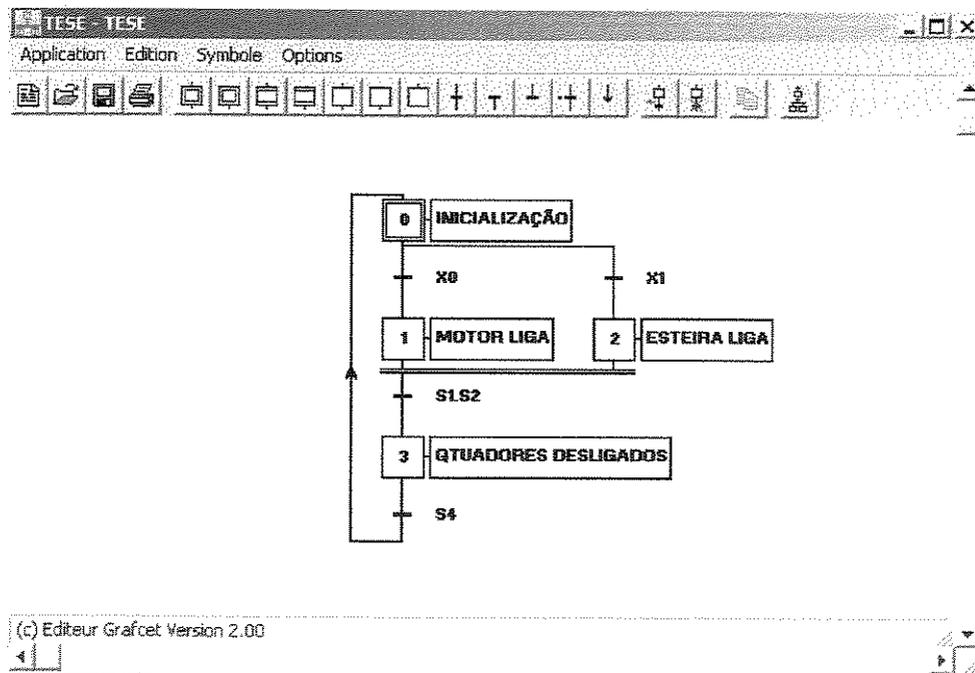


Figura 3.6 Exemplos de telas de programação utilizando SFC.

### 3.3 Grafo de Comando Etapa e Transição - GRAFCET

Devido à variedade de CLP's existentes no mercado, o desenvolvimento de programas e ferramentas de descrição devem ser adequadas permitindo o desenvolvimento de tarefas, independente da PC utilizada e que adicionalmente ofereçam a opção de se programar em uma linguagem mais natural para os vários níveis de usuários. Desta forma pode-se dividir o problema em várias etapas, tornando-o mais simples e facilitando a visualização das seqüências de operações, alteração de especificação e detecção de falhas conceituais no programa.

O SFC - "Sequential Function Chart" ou Diagrama Funcional Seqüencial, também conhecida pelo nome de GRAFCET, oferece vantagens aos usuários e programadores, principalmente na modelagem de problemas complexos de automação, pois se pode dividir o problema em várias partes, tornando mais simples a programação, facilitando a visualização das seqüências de operações, alteração de especificação e a detecção de falhas conceituais no programa.

Com isto o diagrama funcional GRAFCET deve atender as seguintes exigências:

- Aplicabilidade a todo sistema lógico de controle para descrição de um automatismo industrial, não importando sua complexidade ou tecnologia utilizada (elétrica, mecânica, pneumática, eletrônica através de software ou hardware dedicado, etc.);
- Possibilidade de uma descrição completa do sistema, onde as evoluções poderão ser expressas seqüencialmente, ou seja, a possibilidade de uma decomposição das etapas;
- Possibilidade de ser utilizada na descrição de processos combinatórios, fornecendo assim ao automatismo uma descrição seqüencial mais fácil de ser analisada e compreendida.

O GRAFCET (Grafo de Comando Etapa - Transição) foi criado na França em 1975, através de um grupo de pesquisadores e gerentes industriais, envolvidos com sistemas discretos de grande complexidade, sendo coordenados pela AFCET - "Association Française pour la Cybernétique, Economique, Technique" e posteriormente padronizado pela ADEPA - "Agence Nationale pour le Développement de la Production Automatisée", sendo considerado uma particularização das Redes de Petri, pois as redes possuem uma possibilidade de aplicações bem superior às que estão restritos os comportamentos cíclicos das máquinas e sistemas automáticos.

Após ser testado pela AFCET em sistemas educacionais e em empresas privadas francesas, mostrou ser muito interessante e eficaz para representação de sistemas seqüenciais. Em 1988 ele foi incorporado à norma IEC 60848 (Preparação e Diagramas Funcionais para Sistemas de Controle), sob a sigla SFC conforme publicação 848, e regularizado pela norma Francesa NF C03 190.

Posteriormente, os fabricantes de CLP e produtores de software escolheram o GRAFCET como linguagem de entrada para controle seqüencial booleano e propuseram implementações em computadores e controladores. Seu uso industrial vem se ampliando, assim como o interesse em pesquisá-lo quanto ao valor teórico desse modelo. O nome GRAFCET derivou-se de GRAF, devido à representação gráfica e, AFCET, que deu suporte ao trabalho de definição, em 1982, onde o GRAFCET foi incorporado como norma pela AFNOR - Association Française de Normalization.

O conceito do GRAFCET se baseia em um conjunto de definições sobre as quais são estabelecidas suas regras fundamentais em álgebra booleana (verdadeiro ou falso). É um método de descrição, formado basicamente por um conjunto de etapas, transições e a condição associada à transição e ligações orientadas. Estes conceitos permanecem até hoje, sendo que a etapa representa o estado parcial do sistema, uma vez que esta pode estar ativa ou inativa, no qual a ação é realizada. A ação associada é realizada somente se a etapa estiver ativa. A transição indica a possibilidade de evolução entre as etapas e a cada transição existe uma condição conhecida também por receptividade, representando uma decisão para a mudança de estado do sistema. Isto significa para que uma transição seja efetuada é necessário que a etapa anterior à transição esteja ativa e que a condição lógica (booleana) associada à transição seja verdadeira. A ligação orientada, indica o caminho de evolução do GRAFCET.

Com a combinação destes elementos teremos a representação estática do Sistema Automatizado. Aplicando-se as Regras de Evolução, obtemos a visão dinâmica do mesmo. Isto pode ser verificado, no exemplo da figura 3.7, em que um motor inicia desligado. Quando acionado um botão o motor liga e somente após a desativação da botoeira o motor é desligado e assim sucessivamente.

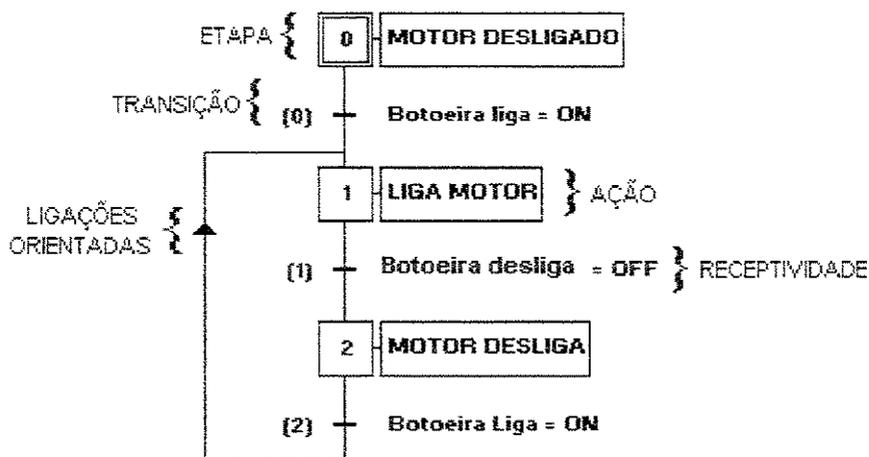


Figura 3.7 Exemplo de GRAFCET

Algumas técnicas utilizadas atualmente para descrever comportamento seqüencial em sistemas automatizados, incluem fluxogramas, diagramas de variáveis de estado, Rede de Petri, diagrama trajeto-passo e o GRAFCET.

A seguir são apresentados os elementos que compõem o GRAFCET.

### 3.3.1 Etapas

A etapa corresponde a uma situação durante a qual o comportamento da totalidade ou parte do sistema em relação às suas entradas e saídas é invariável, ou seja, a Parte Comando permanece numa mesma etapa, enquanto o comportamento do sistema se mantém constante, ou ainda há uma ação é associada a esta etapa. Portanto, a etapa corresponde à condição invariável e definida do sistema descrito. É a situação durante a qual o comportamento de todo ou parte do sistema em relação às suas entradas ou saídas é invariável. A eficiência e precisão de um GRAFCET estão diretamente relacionadas à quantidade de etapas utilizadas para descrever determinado sistema. Portanto, quanto maior o número de etapas possíveis de ser dividido, maior a eficiência da descrição de cada etapa e do diagrama funcional como um todo.

A etapa é representada por um quadrado ou retângulo, referenciada numericamente internamente, como demonstrado na tabela 3.2. A relação entre o tamanho dos lados não é

definida, porém recomenda-se a igualdade. Estas referências são dadas de forma arbitrária, não necessitando de utilização seqüencial do mesmo e nem de respeito à ordem numérica – crescente ou decrescente – não sendo permitido somente que etapas distintas tenham a mesma referência.

Uma etapa pode estar ativa ou inativa e o conjunto de etapas ativas em um determinado momento define a situação do sistema ou o estado de automatismo naquele momento. A representação deste estado pode ser dado por valores lógicos “0” ou “1” (inativo ou ativo) de uma variável binária “X”. Por exemplo:  $X_5 = 0$ , ou seja, a etapa 5 está inativa. Para indicar no diagrama a etapa ativa é dada por um ponto (•) localizado na parte inferior dos símbolos correspondente.

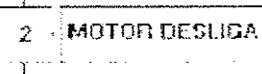
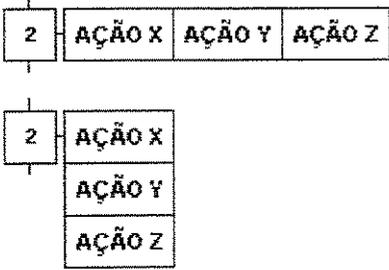
O ponto não pertence à simbologia da etapa, sendo utilizado somente na análise e/ou apresentação do Diagrama.

A etapa inicial é ativada incondicionalmente no início do controle de um sistema e indica a situação inicial do mesmo. Podem existir tantas etapas iniciais quantas se fizerem necessárias, sendo que todas serão ativadas simultaneamente no início do controle do sistema. A etapa inicial é distinguida através da simbologia que recebe traços duplos.

A cada etapa está associada uma ação, ou seja, a ação a ser efetuada quando ativada tal etapa. Esta ação será executada sempre que, e só quando, as respectivas etapas estejam ativas. Enquanto ativadas, as ações podem ser inicializadas, continuadas ou finalizadas. Quando a etapa for desativada, as ações podem ser continuadas ou finalizadas, conforme a definição utilizada. As ações a efetuar quando a etapa estiver ativa, podem ser descritas em notação literal ou simbólica, no interior de retângulos ligados ao lado direito da etapa.

A representação de mais de uma ação associada à mesma etapa é dada utilizando-se uma das formas apresentadas na tabela 3.2, que apresenta as simbologias das etapas. Embora cada ação esteja em retângulos individuais, a simbologia utilizada não especifica a seqüência entre as ações associadas à etapa.

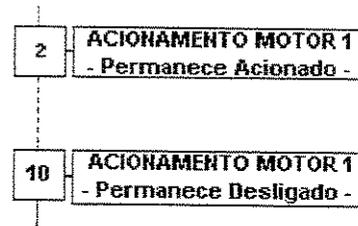
Tabela. 3.2 - Simbologia – Etapas

SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO
	Etapa Inicial
	Etapa
	Indicação da Etapa Ativa no SFC
	Ação Associada à Etapa
	Representação de Várias Ações Associadas a Mesma Etapa

É importante que a definição da ação associada à etapa seja feita com clareza e sem ambigüidades. Além de definir o comportamento do sistema em determinado momento, deve definir se a ação será mantida ou finalizada após a desativação da etapa. Isto pode ser realizado descrevendo juntamente com a ação, como na figura 3.8.



a. ação iniciada ao ser ativada a etapa 2 e, mantida enquanto a etapa estiver ativa, sendo finalizada pela desativação da etapa 2



b. ação iniciada ao ser ativada a etapa 2 e continuada mesmo após a sua desativação, sendo finalizada somente com a ativação da etapa 10.

Figura 3.8 Representação de várias ações associadas a mesma etapa

### 3.3.1.1 Ações Detalhadas – Qualificadas

A ação não continuada é executada pelo período de tempo em que a etapa estiver ativa. Sendo, portanto necessário em alguns casos condicionar ou limitar a execução da ação. Isto é possível através da utilização das ações detalhadas. A simbologia é representada na figura 3.9, sendo que o campo “b” deve possuir pelo menos o dobro da largura dos campos “a” ou “c”.

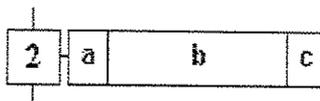


Figura 3.9 – Representação genérica da ação detalhada

Sendo:

- a: o qualificador que define como a ação à etapa será executada;
- b: declaração textual ou simbólica da ação;
- c: somente quando necessário.

São definidos cinco qualificadores:

- S ( stored – armazenada mantida ) – a ação é mantida ou continuada após a desativação da etapa sem a necessidade de especificar textualmente ou simbolicamente na ação, até ser finalizada por outra etapa. Exemplo demonstrado na figura 3.10

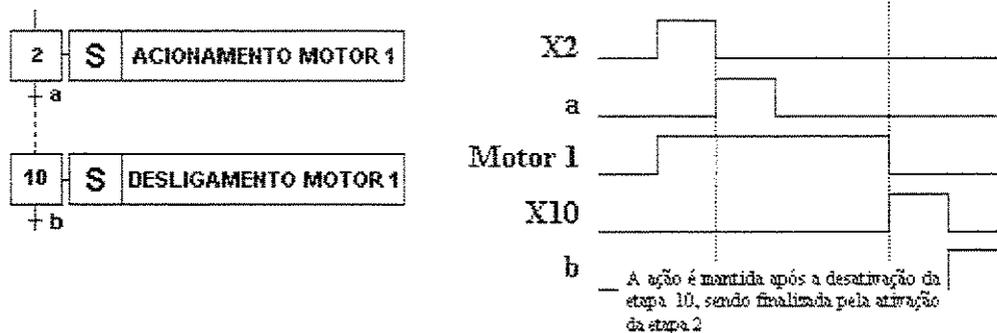


Figura 3.10 Qualificador “S”

- D ( delayed – atrasada ) – a ação é iniciada após decorrido o tempo ( atraso ) especificado, e mantida enquanto a etapa estiver ativa. Se a etapa permanecer ativada por um período menor que o especificado, a ação não é iniciada, conforme demonstrado na figura 3.11.

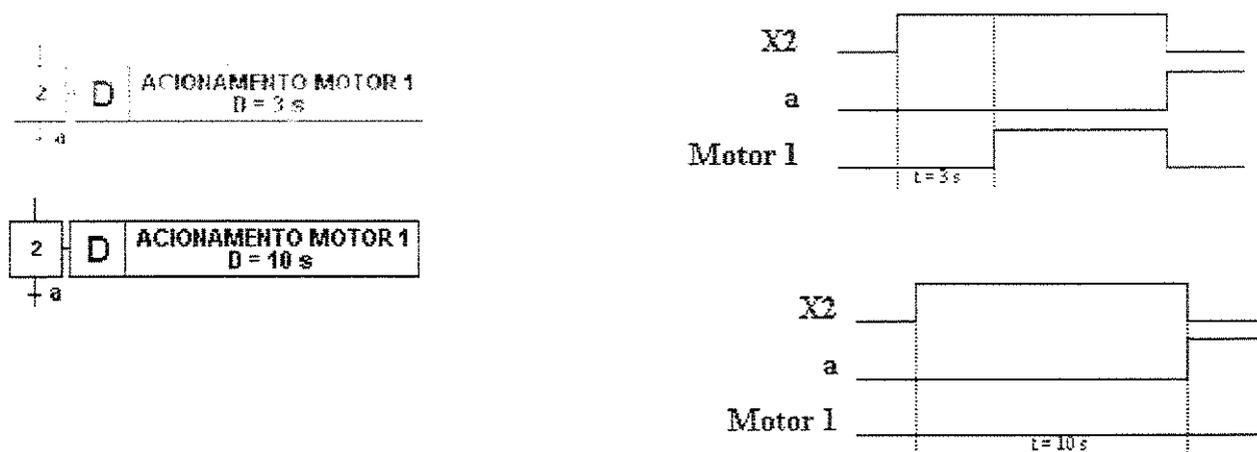


Figura 3.11 Qualificador “D”

- L ( time limited – limitada pelo tempo ) – a ação é mantida enquanto a etapa estiver ativa ou até ser atingido o tempo especificado, conforme demonstrado no exemplo da figura 3.12.



Figura 3.12 Qualificador “L”

- P (pulse shape – pulsada) – quando o tempo de execução for muito pequeno, utiliza-se o especificador P em vez de L. Conforme demonstrado na figura 3.13.

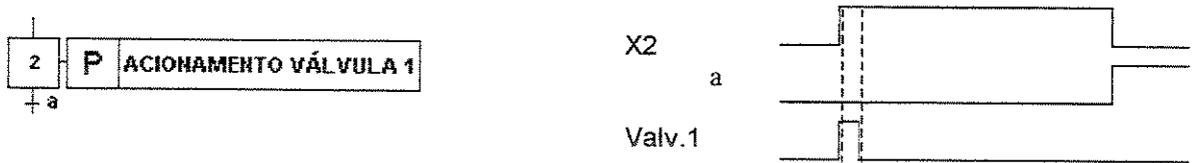


Figura 3.13 Qualificador “P”

- C ( conditional – condicional ) – a ação é iniciada e mantida enquanto a etapa estiver ativa, desde que a condição lógica especificada seja satisfeita, podendo ser indicada interna ou externamente ao símbolo. Conforme demonstrado na figura 3.14.

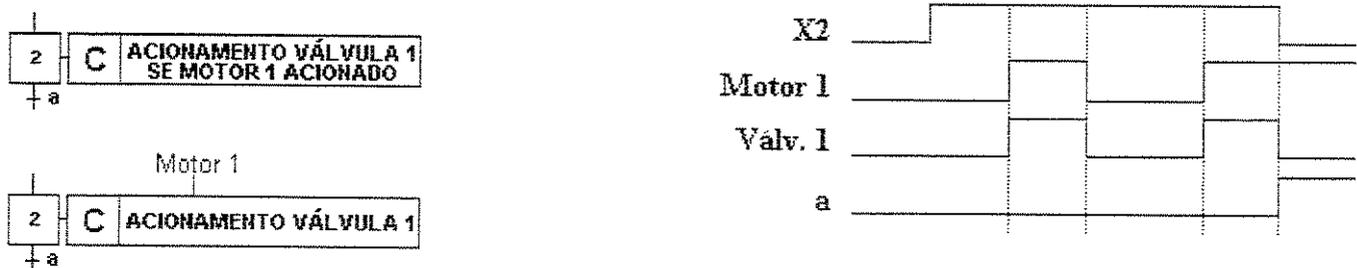


Figura 3.14 Qualificador “C”

Além de um único qualificador, uma ação pode ser detalhada através da combinação de qualificadores, sendo que neste caso a ordem de apresentação dos mesmo determina a seqüência que deve ser satisfeita para a execução da ação associada à etapa. É possível utilizar qualquer combinação de qualificadores, excluindo-se “LP” e “PL”, que são funções de tempo.

Uma seqüência de etapas que apareça mais de uma vez no diagrama funcional e em situações distintas, pode ter a representação reutilizada, conforme apresentado na figura 3.15.

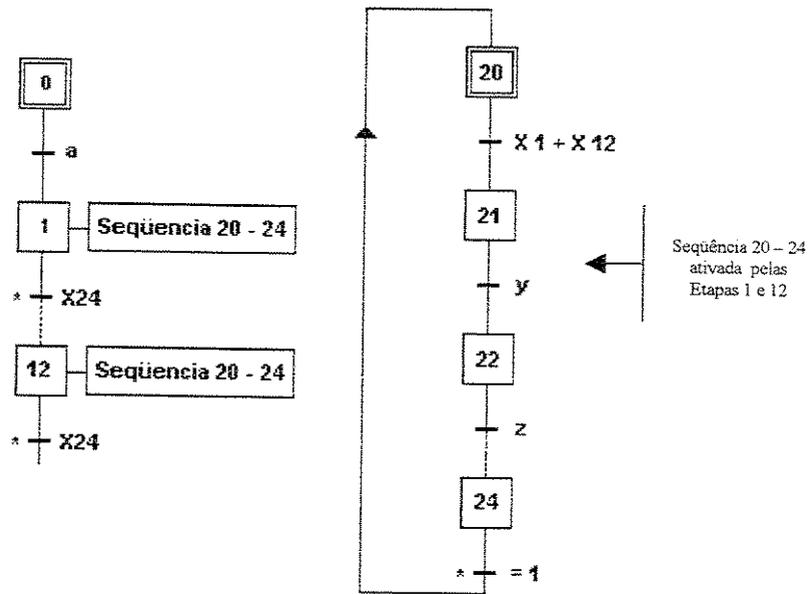


Figura. 3.15 Reutilização de uma seqüência

Uma etapa também pode ser apresentada mais detalhadamente através de sub-etapas, nas quais pode conter seqüências, estas etapas são conhecidas também como macro etapas, como demonstra a figura 3.16.

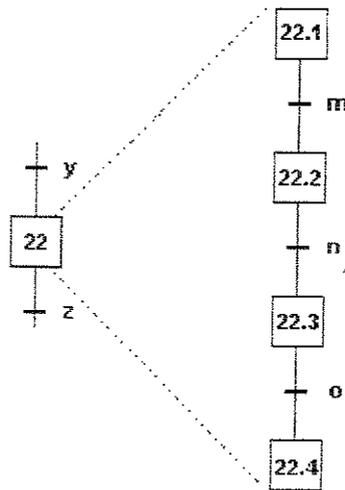


Figura 3.16 Macro etapa – detalhamento de uma etapa

### 3.3.2 Transição

É a função lógica que coordena a possibilidade de evolução entre as etapas. Em um determinado instante uma transição pode ser válida ou não, permitindo a evolução entre a etapa ativa e a etapa inativa. Para que uma transição seja habilitada, ou seja, possível de ser transposta, é necessário que todas as etapas imediatamente precedentes estejam ativas. E, para que a transição seja transposta, é necessário que esteja habilitada e a condição associada, a receptividade, seja verdadeira. Esta transposição ocasiona a ativação de todas as etapas imediatamente seguintes e a desativação de todas as etapas imediatamente precedentes, simultaneamente. A figura 3.17 representa a simbologia de uma transição.



Figura 3.17 Simbologia da transição

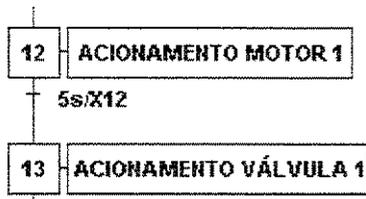
A receptividade associada à transição é escrita sob a forma de uma preposição lógica, ou seja, é uma função combinatória de informações lógicas, exteriores, de variáveis auxiliares do estado ativo ou inativo de outras etapas e determina o fim da etapa que a precede. Uma etapa permanece ativa até que a receptividade que lhe está associada seja verdadeira.

As receptividades, podem ser representadas através de declarações textuais, expressões booleanas ou símbolos gráficos padronizados, colocados à direita ou esquerda das transições, como demonstrados na figura 3.18.



Figura 3.18 Representação das receptividades

Cada transição está associada a uma receptividade, sendo esta a condição lógica que permite distinguir entre todas as informações disponíveis num dado instante: apenas aquela que permite a evolução da etapa. Estas receptividades podem apresentar detalhes que se relacionam ao tempo ou ao estado lógico de uma variável, como no exemplo da figura 3.19.



A receptividade apresenta que a transição deve ocorrer somente após 5 segundos decorridos da ativação da Etapa 12

Figura 3.19 Receptividade relacionada ao tempo

Existem transições que devem ser transpostas incondicionalmente, desde que habilitadas, utilizando-se a notação “= 1”. Conforme exemplo da figura 3.20.

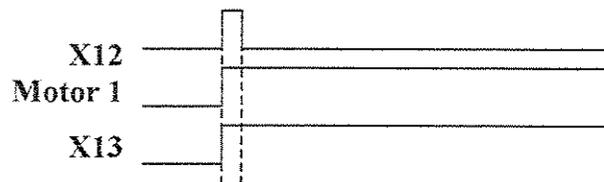
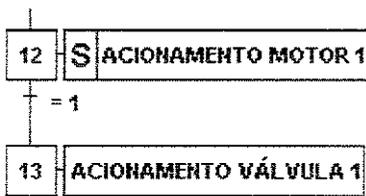


Figura 3.20 Transição incondicional

### 3.3.3 Ligações Orientadas

As ligações orientadas indicam o caminho de evolução de estado do Diagrama, ou seja, as etapas são conectadas às transições, e estas às etapas, através das ligações orientadas. As ligações entre as etapas são orientadas e irreversíveis. Sempre que possível as ligações entre etapas devem ser representadas por linhas verticais ou horizontais, podendo ser oblíquas para facilitar a compreensão do diagrama.

Convencionalmente, o sentido de evolução é de cima para baixo. Porém, quando o sentido for inverso, será necessário a inclusão de uma seta ou ainda, para melhorar o entendimento em certas ocasiões, conforme demonstrado na figura 3.21.

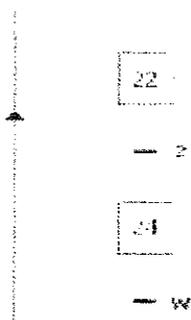


Figura 3.21 Ligações orientadas

O cruzamento de ligações deve ser evitado, utilizando-se as estruturas apresentadas na figura 3.22.

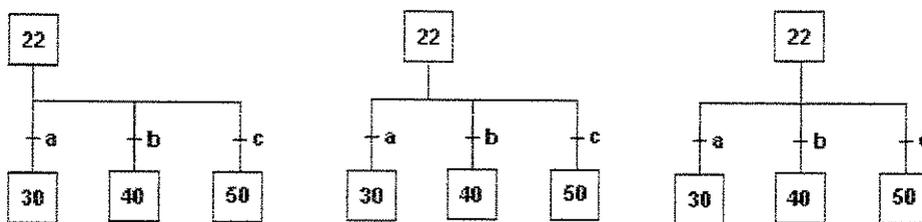


Figura 3.22 Ligações orientadas não cruzadas

Necessitando-se interromper uma ligação orientada para continuá-la em outra página, a referência da etapa seguinte e o número da página em que se encontra devem ser indicadas. Como demonstrado na figura 3.23.

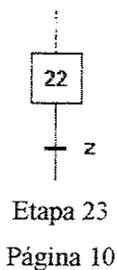


Figura 3.23 Indicação de continuidade da ligação orientada

As ligações entre as etapas podem ser: seqüenciais, divergentes em OU, convergentes em OU, divergentes em E e convergentes em E.

Nas ligações seqüenciais, figura 3.24, a transição diz-se validada quando a etapa precedente está ativa. Para que a transição seja transposta é necessário que esta seja validada e que simultaneamente, a receptividade que lhe é associada seja verdadeira.

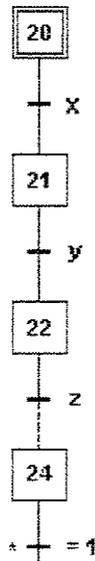


Figura 3.24 Ligação seqüencial

As ligações entre etapas divergentes em OU ou seqüências seletivas, figura 3.25, são utilizadas para representar decisões, nas quais é definida apenas uma seqüência a ser seguida. As condições associadas às transições do início de cada seqüência devem ser exclusivas, ou seja, apenas uma condição pode ser verdadeira em determinado instante. O início de uma seqüência seletiva é sempre divergente, e o final sempre convergente.

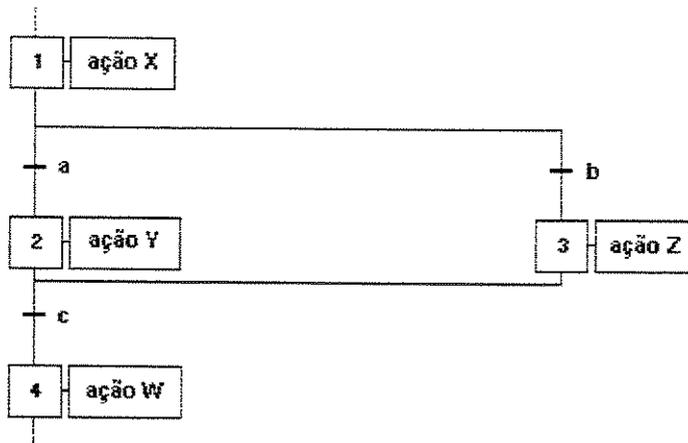


Figura 3.25 Sequência seletiva

As ligações divergentes em E ou seqüências simultâneas, figura 3.26, definem seqüências que são iniciadas paralelamente, através de uma única transição, ou seja uma única transição ativará simultaneamente todas as etapas imediatamente seguintes. Após a ativação, cada seqüência tem sua evolução independente. O início de uma seqüência simultânea é sempre divergente, e o final sempre convergente, ambos indicados por linhas duplas.

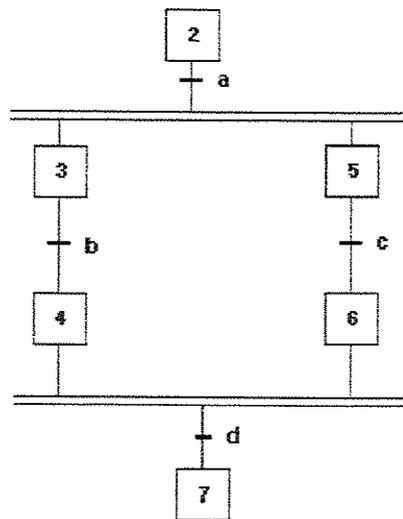


Figura 3.26 Seqüências simultâneas

### 3.3.4 Regras de Evolução

Apresentar o Diagrama através do conjunto de elementos fornece somente uma visão estática do sistema automatizado que se pretende descrever. Para se obter uma visão dinâmica do

mesmo é necessário que se aplique as regras de evolução. Estas regras podem ser ditas como a representação da alternância entre as etapas e transições e vice e versa, ressaltando que nenhuma ação é realizada ou nenhuma receptividade é validada em um espaço de tempo nulo, isto é, estas operações não são simultâneas.

1ª Regra: A situação inicial do sistema é dada pelas etapas iniciais, que são ativadas incondicionalmente no início da operação do mesmo. Podem existir tantas etapas iniciais quantas forem necessárias. Obrigatoriamente, deve existir pelo menos uma etapa inicial em cada Diagrama.

2ª Regra: Uma transição é transposta somente se a mesma estiver habilitada e a receptividade associada a ela for verdadeira.

3ª Regra: A transposição de uma transição ocasiona simultaneamente a ativação da(s) etapas(s) imediatamente seguinte(s) e a desativação da(s) etapa(s) imediatamente precedente(s).

4ª Regra: As transições que serão transpostas simultaneamente devem ser representadas através de linhas duplas agrupando as etapas imediatamente precedentes e as imediatamente procedentes. Caso, estejam dispostas separadamente no Diagrama, utiliza-se a representação demonstrada na figura 3.27. Todas as transições simultâneas devem conter o asterisco e a referência da(s) etapa(s) envolvida(s).

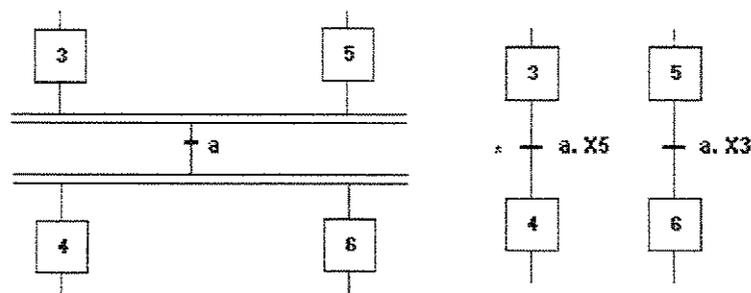


Figura 3.27 Transições Simultâneas

5ª Regra: Se, no momento da ativação de uma etapa, a receptividade associada à transição desta à etapa seguinte for verdadeira, a mesma não ocorrerá. Como demonstrado no exemplo da figura 3.28.

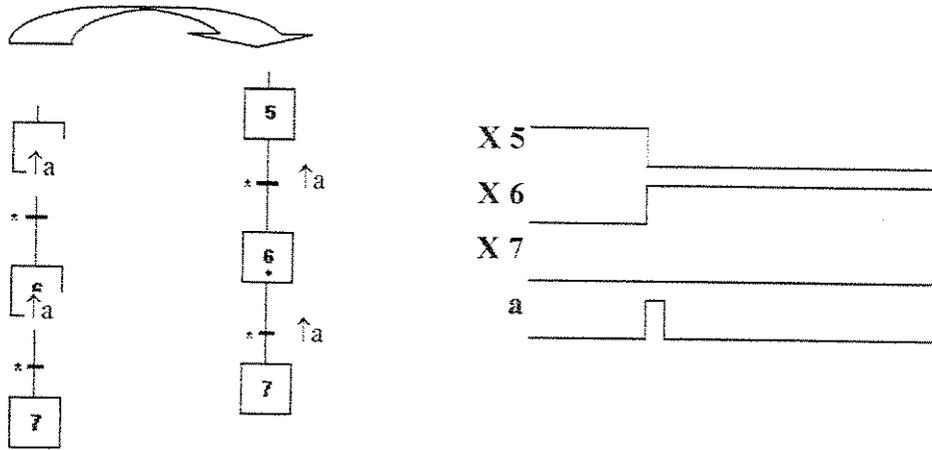


Figura 3.28 Condição Verdadeira e Imediatamente Seguinte

6ª Regra: Caso ocorra a ativação e desativação de uma mesma etapa simultaneamente, a ativação é prioritária.

7ª Regra: Normalmente, a tecnologia utilizada para a implantação do Sistema Automatizado determina o tempo de transposição de uma transição, ou a ativação de uma etapa, podendo ser extremamente curtas. Porém, estes tempos nunca podem ser considerados nulos, ou iguais a zero.

Um exemplo da utilização do GRAFCET como ferramenta de descrição de um caderno de tarefas no nível funcional é apresentado na figura 3.29, cuja linguagem esta sendo utilizada para escrever o ciclo de mistura de uma plataforma didática de mistura de tintas.

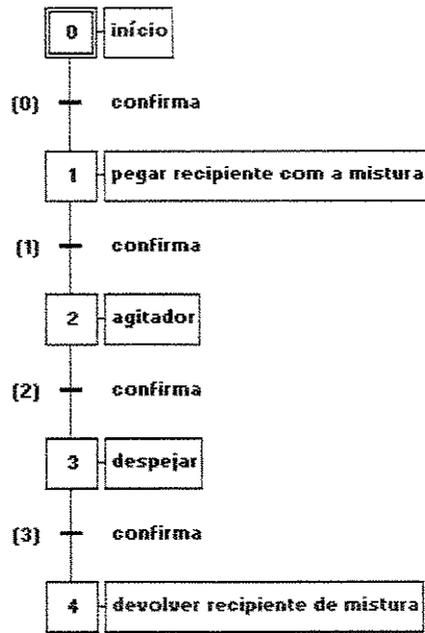


Figura 3.29 Ciclo de Mistura

### 3.4 Redes de Petri - Conceitos Básicos e Definições

A metodologia de modelagem de Sistemas a Eventos Discretos (SED) utilizando Redes de Petri, (RdP) foi proposta em 1962, por Carl Petri, matemático alemão, que através de uma tese de doutoramento criou esse método de estudo para sistemas dinâmicos a evento discreto, direcionado às Comunicações com Autômatos, originando posteriormente, duas grandes linhas de desenvolvimento nas áreas de Ciências da Computação e em Engenharia de Sistemas padronizando as Redes de Petri (Huber, Jensen e Shapiro, 1990).

Portanto as Redes de Petri são ferramentas gráficas e matemáticas de modelagem para descrição e/ou especificação que podem ser aplicadas a diversos tipos de sistemas apresentando um bom nível de abstração em comparação com outros modelos gráficos. Além disso, as Redes de Petri possibilitam a verificação do sistema especificado. Usando-se RdP, pode-se modelar sistemas paralelos, concorrentes, assíncronos e não-determinísticos (Melo e Sobreira, 2003).

Desta forma a RdP é uma linguagem formal que permite a modelagem de sistemas dinâmicos discretos com grande poder de expressividade, permitindo representar com facilidade

todas as relações de causalidade entre processos em situações de: seqüencialidade, conflito, concorrência e sincronização (Matos e Santos, 2004). Sendo que a sua aplicabilidade em diversas áreas transformou-o em tema alvo de investigação básica e aplicada, e sua utilização na Modelagem de Sistemas Automatizados apresenta algumas vantagens como:

- captura das relações de precedência e os vínculos estruturais dos sistemas reais;
- graficamente expressivas, permitindo a modelagem de conflitos e filas;
- possui fundamento matemático e prático;
- admite várias especializações (RP's temporizadas, coloridas, estocásticas, de confiabilidade etc.).

Desta forma, o interesse por esta forma de linguagem tem aumentado nos últimos anos, pois permite modelar sistemas com níveis de complexidade maior, gerando modelos mais compactos e extensões que incorporam parâmetros temporais.

Portanto, podem-se definir as Redes de Petri (RdP's) por meio de conjuntos, funções e também por grafos, de maneira que suas propriedades possam ser obtidas pela teoria dos conjuntos e/ou pela teoria dos grafos.

As redes de Petri permitem modelar sistemas constituídos por componentes que apresentem características de funcionamento concorrente e interatuantes. Segundo Peterson (1981) a sua utilização poderá ser realizada de modos diversos, dependendo do objetivo em vista.

Uma abordagem possível de utilização das RdP considera-as como uma ferramenta auxiliar de análise, sendo que nesta abordagem, outras técnicas e formalismos são utilizados para especificar o sistema. Com base nessa especificação, o sistema é então modelado através de uma RdP que será posteriormente analisada. Se forem detectados problemas, procedem-se as alterações na especificação e o ciclo será repetido até que mais nenhum problema seja detectado. A figura 3.30 demonstra este processo.

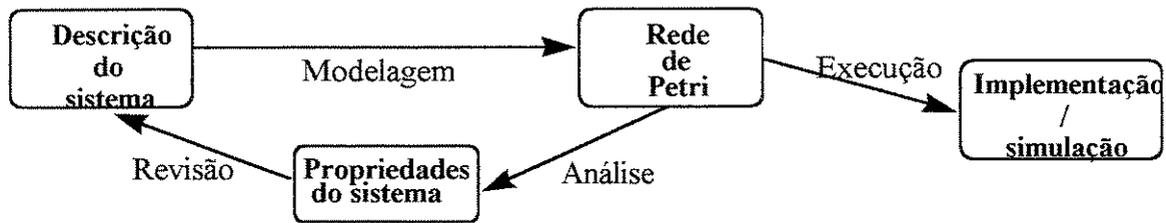


Figura 3.30 Utilização de redes de Petri no modelamento e análise de sistemas

### 3.4.1 – Elementos de uma RdP

As RdP são formadas por dois tipos de componentes, um ativo denominado de transição e outro passivo denominado lugar. Os lugares correspondem às variáveis de estado e as transições às ações realizadas pelo sistema. Os arcos que interligam lugares às transições correspondem à relação entre as condições verdadeiras, que em um dado momento possibilitam a execução das ações, enquanto os arcos que interligam transições aos lugares representam a relação entre as ações e as condições que se tornam verdadeiras com a execução das ações. Assim, uma RdP pode ser vista como um grafo orientado mais uma marcação.

Desta forma, as RdP são grafos orientados constituídos de quatro tipos de entidades:

- Lugar (representado por um círculo): modela a condição ou estado de um agente (componente de hardware ou software) e corresponde às condições que devem ser certificadas para os eventos acontecerem.
- Transição (representada como um retângulo ou barra): modela um evento, tal como o início de uma operação que corresponde aos eventos que caracterizam as mudanças de estado do sistema.
- Arco Orientado: interliga um lugar a uma transição ou vice-versa, encadeando condições e eventos - os lugares e as transições são interligados por arcos direcionados.
- Marca ou Ficha: representa um recurso disponível ao agente, o posicionamento dessas fichas em alguns lugares do grafo, constitui a marcação, sendo que a evolução da marcação permite modelar o comportamento dinâmico do sistema.

Segundo Murata (1989), graficamente os lugares são representados por círculos e as transições por traços ou retângulos e os arcos são orientados e ligam os lugares às transições, e

vice-versa. Assim, este conjunto forma um gráfico bipartido: cada lugar só é ligado a transições e cada transição só é ligada a lugares. Estes lugares contêm um número inteiro (positivo ou nulo) de marcas. Cada transição é ligada a uma dada quantidade de lugares denominados "entradas" e "saídas" representando, respectivamente, as pré-condições e as pós-condições deste subsistema. Cada arco é designado como "arco de entrada" ou "arco de saída", tem associado a ele um determinado número de marcas, denominado seu "peso". A figura 3.31 demonstra estes elementos.

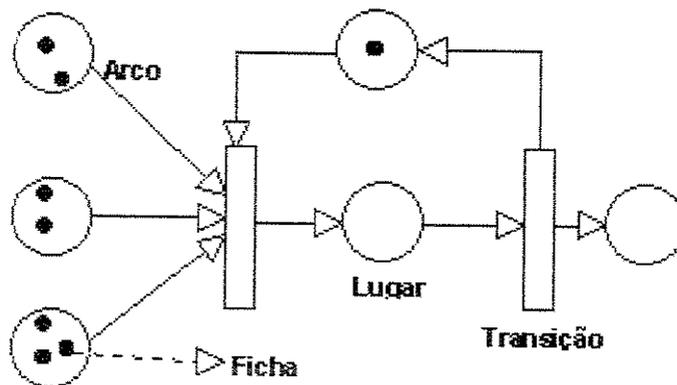


Figura 3.31 Exemplo de RdP

Algumas tentativas de aplicação a novas áreas tiveram como consequência o aparecimento de extensões ao modelo inicialmente proposto. Desta forma, vários outros modelos foram propostos, embora mais ou menos equivalentes, cada um com suas próprias características. Deste processo um elevado número de classes de RdP resultante de extensões e reduções, comporta-se como dialetos de uma mesma linguagem, permitindo, no entanto, um meio comum de comunicação entre comunidades ou setores diversos.

Uma das extensões das Redes de Petri que possibilitaram a construção e a avaliação de modelos de sistemas complexos, é a utilização de cores nas marcas e a temporização associada às entidades da RdP.

Freqüentemente, ao se modelar um sistema real utilizando RdP, este se torna muito grande, estando normalmente relacionado à repetição das sub-redes de estrutura idêntica que servem unicamente para indicar estados diferentes do sistema. Neste caso, uma das extensões das RdP são as RdP coloridas cuja extensão do conceito original possibilita uma economia de escrita e de

leitura, fatores extremamente necessários à representação de sistemas complexos, sem mudar o poder do algoritmo deste conceito, nem suas propriedades.

Desta forma, as RdP coloridas têm por objetivo reduzir o tamanho do modelo, permitindo que as marcas sejam individualizadas, através de cores atribuídas a cada um deles. Assim, diferentes processos ou recursos (sub-redes) podem ser representados na mesma rede, o que é conveniente nos modelos que representam sistemas reais. As cores não significam apenas cores ou padrões. Elas podem representar tipos de dados complexos, usando a nomenclatura colorida para referenciar a possibilidade de distinção entre as marcas (Jensen, 1998).

Assim, as RdP coloridas seguem o princípio de que a marcação de uma rede representa em geral o número de acontecimentos de eventos de um mesmo tipo. Associando a cada tipo de evento uns atributos distintivos, chamados de cor, a marcação de um único lugar pode então modelar diversos acontecimentos de eventos de tipos diferentes, através de marcas de cores diferentes. Segundo a definição de RdP colorida (Jensen, 1998), um lugar deve ter a cor das marcas que pode conter definida a priori; este lugar poderá conter, no entanto, todas as sub-cores que tenham sido definidas como "filhas" desta "cor mãe".

### 3.4.2 Regras de Evolução

A regra fundamental da teoria das Redes de Petri é a do disparo das transições. Uma transição é dita "habilitada" se cada um dos lugares anteriores desta transição contiverem uma quantidade de marcas igual ou superior ao peso do arco de entrada correspondente.

O disparo de uma transição consiste em retirar de cada lugar um número de marcas igual ao peso do arco de entrada correspondente, e em adicionar a cada lugar posterior um número de marcas igual ao arco de saída correspondente.

Nas RdP coloridas, uma transição é "habilitada" não somente se os lugares possuírem o número de marcas exigidas pelos arcos de entrada, como no conceito original, mas ainda se estes lugares contiverem marcas de cores exigidas pelos arcos de entrada.

A temporização não é abordada na definição original das RdP. Porém, para a avaliação de desempenho de sistemas automatizados, torna-se necessário introduzir intervalos temporais às

transições e/ou lugares dos modelos. Desta forma, a extensão das RdP conhecida como “RdP temporizadas” possibilita avaliar quantitativamente o desempenho temporal dos sistemas estudados.

Assim, nas RdP temporizadas, as regras de disparo de transições foram modificadas para levar em consideração a duração das atividades, ações ou estados de um modelo. Assim, se uma marca chega a um lugar num instante  $t$  e a transição  $T_i$  (cujo disparo gerou esta marca) especifica uma atividade de duração  $z$ , esta marca somente estará "pronta" para disparar a transição  $T_{i+1}$  seguinte no instante  $t+z$ . Isto devido as marcas em RdP temporizadas apresentarem dois estados: disponível ou indisponível. A passagem dos estado disponível ao estado indisponível acontece quando uma transição dispara, ou seja, as marcas colocadas pela transição em um lugar de saída estão em estado indisponível. o estado indisponível corresponde à situação em que o disparo de uma transição representa uma atividade sendo executada.

Segundo Brams (1983), fundamentalmente a evolução das RdP temporizadas depende do "relógio global", sendo que os valores deste relógio representam o tempo no modelo. Além de portar cores, as marcas podem portar um valor de tempo, chamado também de selo de tempo. O selo de tempo de uma marca indica o mínimo valor de tempo do modelo em que a marca pode se utilizada, ou seja, retirada do lugar em que ela está para disparar uma transição.

Desta forma, em uma RdP colorida e temporizada, uma transição é "habilitada" quando as marcas apresentarem as cores e em número exigidos para cada arco de entrada, ou seja, as marcas estão disponíveis, isto significa que os valores de tempo das marcas a serem retiradas tiverem valor menor ou igual ao tempo do modelo.

### **3.5 Sistemas Robóticos**

Automação e robótica são duas tecnologias intimamente relacionadas. Num contexto industrial podemos definir a automação como uma tecnologia que se ocupa do uso de sistemas mecânicos, eletrônicos e à base de computadores na operação e controle da produção. Como exemplo tem-se: máquinas de montagens mecanizadas, sistemas de controle de realimentação, máquinas operatrizes dotadas de comando numéricos e robôs (Groover, 1988).

A definição de um robô industrial dada pela Associação das Indústrias de Robótica (RIA) é:

“Um robô industrial é um manipulador reprogramável, multifuncional, projetado para mover materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especiais em movimentos variáveis programados para a realização de uma variedade de tarefas.”

A robótica hoje, continua sendo utilizada para o desenvolvimento, estrutural e funcional de máquinas como: (Ferreira, 1991)

- Robôs manipuladores, com estrutura antropomórfica ou não, capazes de pegar objetos e deslocá-los, ou de atuar sobre objetos com ferramentas específicas;
- Robôs móveis, que se deslocam sobre rodas, patas ou lagartas;
- Robôs de supervisão, que verificam e selecionam objetos.

A robótica é considerada hoje a mola mestra de uma nova mutação dos meios de produção, isto devido a sua versatilidade, em oposição à automação fixa. Os robôs, graças ao seu sistema lógico ou informático, podem ser reprogramados e utilizados em uma grande variedade de tarefas, sendo que a reprogramação não é o fator mais importante na versatilidade desejada e sim a adaptação às variações no seu ambiente de trabalho, mediante um sistema adequado de percepção e tratamento de informação.

### **3.6 Sistema de Supervisão e Controle em Automação Industrial**

Um Sistema de Supervisão e Controle é responsável pelo monitoramento de variáveis de controle dos Sistemas Automatizados, como também pela integração entre estes sistemas e os sistemas hierarquicamente superiores responsáveis por um gerenciamento mais global como, por exemplo, nas indústrias os Sistemas de Gerenciamento da Produção (Aihara, Cosso, et al., 2001).

Segundo Cosso (2002), atualmente pode-se definir um sistema supervisorio como uma interface homem máquina (IHM) amigável, com recursos tecnológicos capazes de controlar e/ou supervisionar um sistema automatizado.

Portanto, um Sistema Supervisório é também a rigor, um sistema de comunicação no sentido mais amplo da palavra, pois engloba a visualização de todo o processo, que aliado a um sistema de informação tem a finalidade de manter um banco de dados atualizado, fornecendo em tempo real o posicionamento do sistema e, acoplado à uma interface com o usuário, pode interagir numa intervenção e/ou controle, e ainda conectar a parte operacional dos processos com os sistemas mais altos em hierarquia de planejamento. A figura 3.32 mostra uma representação de um sistema supervisório, segundo esta visão.

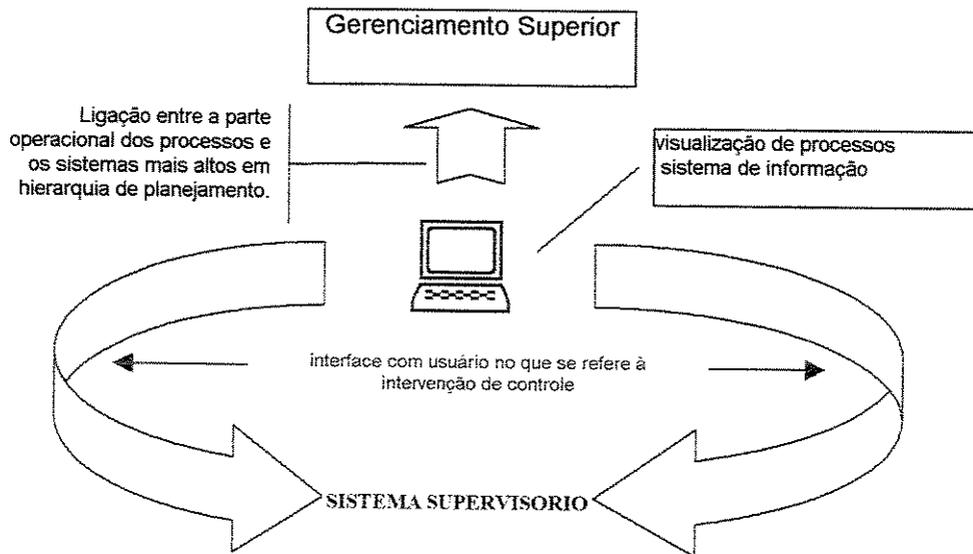


Figura 3.32 Representação de um sistema supervisório

Segundo Silva et al. (1998), nos sistemas automatizados o controle pode ser organizado nos seguintes níveis: Planta, Controle Local, Supervisão, Ordenação e Planejamento. A figura 3.33 ilustra estes níveis, cuja forma piramidal referencia tanto a quantidade de recursos humanos envolvidos em cada nível, como também o número de controladores utilizados, ou seja um controlador do nível supervisão controla diversos controladores do nível Controle Local.



Figura 3.33 Sistema de Controle - Níveis

Nos Sistemas Automatizados a integração entre os postos de trabalho e a gestão de produção realizada a partir do Sistema de Supervisão tem como uma das tarefas receber os dados do “chão de fábrica” e colocá-los a disposição dos níveis superiores de gerenciamento. Esta integração possibilita o acompanhamento em tempo real de variáveis e estados representativos das operações em curso no chão da fábrica (postos de trabalho), com a finalidade de tomada de decisões operacionais, otimização dos processos e criação de históricos. As aquisições dos dados a serem repassados ao Sistema Supervisório provenientes dos postos de trabalho, são realizados por CLP's e dispositivos de controle com interfaces de aquisição de informações, ou seja, o Controle Local interage com os dispositivos físicos da Planta.

O nível de Supervisão possui como características principais agir sobre o sistema de controle local de modo a executar as tarefas determinadas pelo nível de controle superior e supervisionar a evolução do processo na planta.

Desta forma o sistema de controle no nível supervisão é conhecido como sistema supervisório. Estes sistemas revelam-se de crucial importância na estrutura de gestão de Sistemas, e, por isso, deixaram de ser vistos como mera ferramenta operacional ou de engenharia, e passaram a ser visto como uma importante fonte de informação e controle.

O Sistema Supervisório recebe também orientações do Sistema de Gestão da Produção para determinar as operações de produção, conseqüentemente deve dialogar com os sistemas localizados hierarquicamente acima e abaixo dele. A figura 3.34 apresenta a arquitetura típica de um sistema supervisório do tipo SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*).

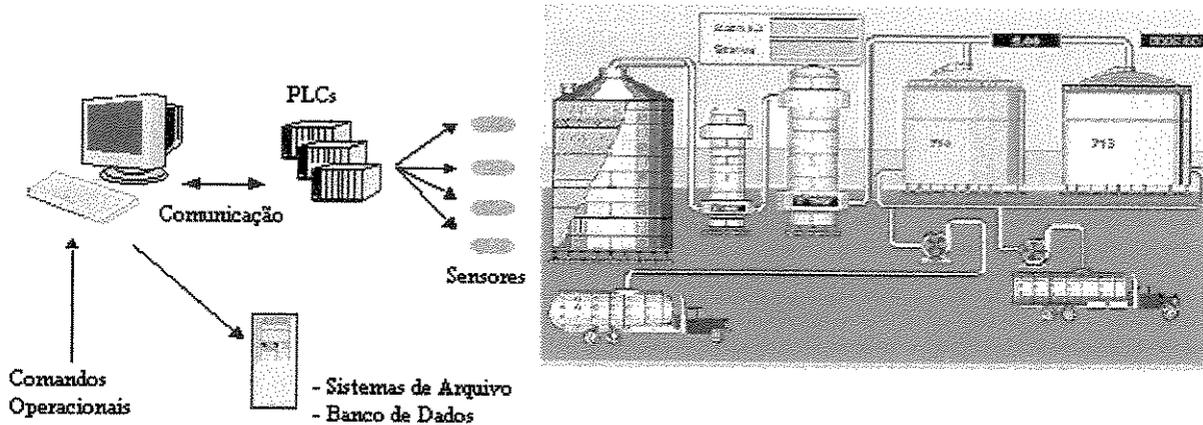


Figura 3.34 Arquitetura Sistema SCADA

Os primeiros sistemas SCADA eram basicamente telemétricos, permitiam informar periodicamente o estado corrente do processo industrial, através da monitoração de sinais representativos de medidas e estados de dispositivos, utilizando-se de painéis de lâmpadas e indicadores sem que houvesse qualquer interface de aplicação com o operador.

Através da evolução tecnológica, os computadores passaram a assumir um papel de gestão na aquisição e tratamento de dados, permitindo a sua visualização em períodos curtos de tempo e ainda permitindo a geração de funções de controle complexas.

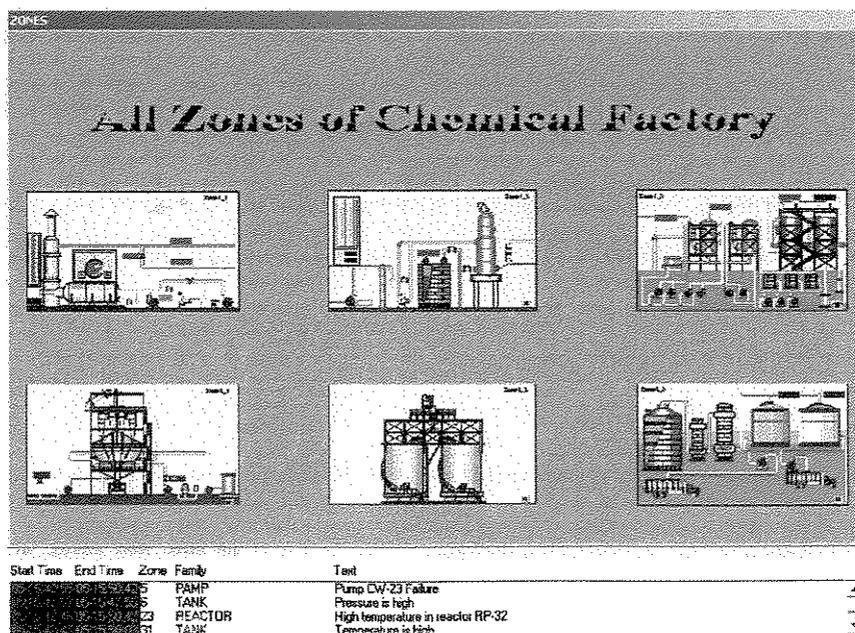
Dentro desta evolução tecnológica, a evolução dos sistemas de comunicação através das redes de comunicação, permite tal controle, uma vez que a mesma é utilizada como plataforma pelos sistemas supervisórios para a transferência de informações.

Atualmente os sistemas supervisórios estão sendo utilizados para automatizar a monitoração e o controle de Sistemas Automatizados, através do recolhimento de dados em ambientes complexos, podendo estes ambientes estar eventualmente dispersos geograficamente,

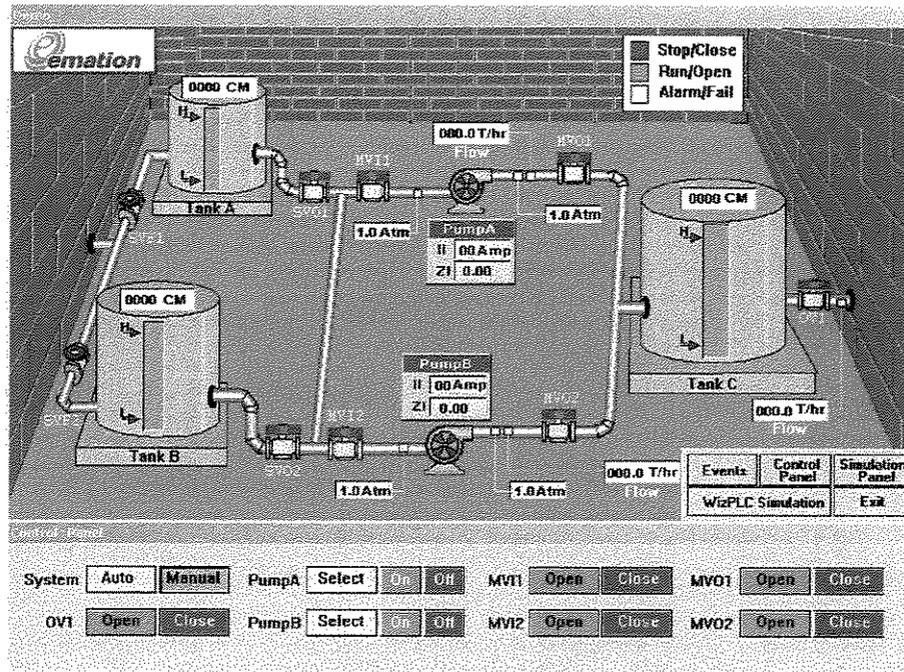
além de apresentar uma visualização de modo amigável para o operador, através de Interface Homem-Máquina (IHM) altamente sofisticada.

Num ambiente industrial cada vez mais complexo e competitivo, os fatores relacionados com a disponibilidade e segurança da informação assumem elevada relevância tornando-se necessária a garantia de que a informação estará disponível e segura, quando necessária, independentemente da localização geográfica. Portanto, tornam-se necessárias implementações de mecanismos de acessibilidade, mecanismos de segurança e mecanismos de tolerância à falhas.

Com isto, os sistemas SCADA melhoram a eficiência do processo de monitoração e controle, disponibilizando em tempo útil o estado atual do sistema através de um conjunto de previsões gráficas e relatórios, de modo a permitir a tomada de decisões operacionais apropriadas, quer automaticamente, quer por iniciativa do próprio operador, ou seja, a supervisão atua de maneira automática e normalmente conta com o auxílio de um operador que poderá interferir no sistema por intermédio de uma interface. Esta se constitui num elemento de fundamental importância no Sistema de Supervisão, devendo permitir a monitoração dos processos de modo hierárquico. A figura 3.35a e 3.35b apresenta algumas telas gráficas de monitoração e controle de variáveis em processos industriais.



a. Tela Gráfica Típica



b. Tela Gráfica de monitoramento de Variáveis

Figura 3.35 Telas Gráficas

Desta forma, um sistema supervisorio de controle e aquisição de dados – SCADA passa a ser uma ferramenta largamente utilizada na indústria, para o desenvolvimento de aplicações que permitam aos integradores de sistemas gerarem sofisticadas aplicações industriais para uma variedade de indústrias.

### 3.7 Conclusão

Este capítulo apresenta a multidisciplinaridade que envolve a área de automação industrial através da apresentação dos diversos assuntos que se encontram inseridos no conhecimento de sistemas automatizados de produção. Desta forma, ao permitir o conhecimento dos assuntos tratados neste capítulo, permite-se também uma visão da decomposição do Sistema Automatizado em PO e PC, através dos elementos de cada parte e seu sistema de controle, de maneira a abordar através de uma visão geral do sistema para os subsistemas que o compõe este todo. A figura 1.1 (pág. 4) – Sistemas Automatizados, apresenta esta decomposição visando ilustrar o enfoque apresentado.

## Capítulo 4

### **Proposta de Dispositivos Didáticos de Arquitetura Aberta Utilizando Conceitos de Integração de Sistemas Automatizados**

#### 4.1 Introdução

A utilização da microeletrônica tornou os equipamentos flexíveis. Isto tem permitido que eles sejam utilizados para atender diferentes finalidades, assim propiciando um atendimento mais diversificado, de um mercado que vem crescendo a cada dia. Os trabalhadores que utilizam estes equipamentos precisam de maior qualificação, na medida que automação flexível necessita de processos de trabalho flexíveis e de flexibilização das funções (Machado, 1992).

Os Sistemas Automatizados (SA) estão cada vez mais complexos e diversas formas têm sido utilizadas para os caracterizar. Uma atitude possível, amplamente utilizada, é a de considerar o sistema dividido em vários componentes ou subsistemas (no sentido que podem ser caracterizados individualmente como um sistema), que interagem mutuamente através de um conjunto de interligações "bem caracterizadas", correspondendo à atitude de "dividir para reinar".

Desta forma, um modelo simples resultante desta atitude é baseado na decomposição de um subsistema de controle e de um subsistema controlado, conforme caracterizado na figura 4.1. Segundo Demongodin e Koussolulas (1998), é interesse caracterizar o subsistema controlado como uma componente de processamento de dados, sendo conduzido às arquiteturas micro-

controladas típicas, com as suas componentes de dados e de controle, interoperantes e com funcionamento concorrente.

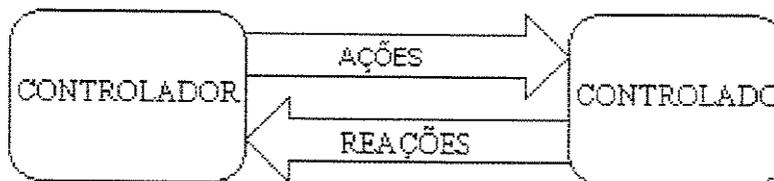


Figura 4.1 – Caracterização de subsistemas

#### 4.2 – Automação e Conhecimento

Com a Revolução industrial, surgiu a necessidade da popularização do ensino, pois máquinas e processos complexos exigiam trabalhadores qualificados, porém somente no século XX os custos dos meios de ensino tornaram-se acessíveis, atingindo todos os ramos do conhecimento.

Segundo Rosário (2004), as estruturas das plantas fabris vêm se modificando rapidamente ao longo dos últimos anos, em busca de melhoria na produtividade e da racionalização dos recursos investidos, a fim de atender as necessidades do mercado e da sociedade, a competição entre os fornecedores e principalmente a exigência dos clientes.

A implementação de células flexíveis de manufatura e de linhas de produção automatizadas torna-se necessárias para a obtenção destas melhorias.

Essas inovações tecnológicas demandam profissionais atualizados, com conceitos e técnicas avançadas de automação integrada, tais como processos de engenharia assistidos por computador, automação das linhas de fabricação, robótica e engenharia de novos materiais.

O estudo dos sistemas produtivos e das tecnologias a eles associadas, como a automação industrial, está na frente dos assuntos que devem ser detalhadamente estudados nos diversos ramos relevantes da engenharia, caso se queira o desenvolvimento sustentável da sociedade, capaz de garantir o aumento da qualidade de vida sem desperdiçar a longo prazo os recursos disponíveis. (Rosário, 2004).

Segundo D'Abreu (2002), a simulação de uma linha de produção traz grandes vantagens ao processo de aprendizagem pois propicia aos alunos a vivência de um ambiente de fábrica dentro de um laboratório da universidade.

Desta forma a capacitação e adequação do profissional às novas tecnologias que no futuro têm a tendência de se modificarem em velocidade ainda mais vertiginosa que a atual, inviabiliza qualquer formação baseada na simples transmissão de conhecimentos envolvendo a tecnologia dominante no presente. Sendo assim, a capacitação do profissional em automação industrial deve ser baseada em três conjuntos de conceitos (Rosário, 2004):

- Conceitos básicos adquiridos de forma sólida e a mais abrangente possível, incluindo-se aí, Modelagem de Sistemas, Simulação, Controle, Cinemática e Dinâmica de Sistemas Mecânicos e Mecatrônicos;
- Visão multidisciplinar e sistêmica abrangendo a Mecânica, a Eletro-Eletrônica, a Informática e conhecimento de sistemas de controle.
- Aprendizado baseado na experimentação de modo a eliminar o fosso existente entre o projeto meramente acadêmico e o mundo real com suas limitações e compromissos entre a técnica, custo e a realidade industrial.

Dentro desta perspectiva são apresentadas as plataformas didáticas existente na Faculdade de Engenharia Mecânica, da UNICAMP, cujo objetivo é propiciar ao aluno uma visão de sistema automatizado, com enfoque em um chão de fábrica.

#### 4.3 – Plataformas Didáticas

Segundo Vygotsky (1991), os conceitos científicos são conceitos reais. Nos conceitos científicos que o sujeito adquire na escola, a relação com o objeto é mediada, desde o início, por um outro conceito, ou seja, a proposta de integração de plataformas didáticas para o processo ensino-aprendizagem de conceitos científicos, passa necessariamente pela utilização das tecnologias de CMC como ferramenta educacional, que por sua vez, diz respeito ao enriquecimento do ambiente educacional.

O enriquecimento destes ambientes busca estabelecer uma ligação entre teoria e prática de forma a criar um ambiente propício à familiarização dos diferentes conceitos que envolvem a área de conhecimento em questão. Este ambiente propício é, na verdade, todo um contexto real que se deve criar para se desenvolver conteúdos, dos mais simples aos mais complexos, que não devem ser ensinados somente de forma teórica, mas também com atividades práticas que pressupõem o desenvolvimento de funções intelectuais tais como: memória lógica, abstração, capacidade de comparar e diferenciar, dentre outras (Vygostski, 1991).

Sendo portanto, uma das formas de aprendizagem a baseada em experimentação, a utilização de equipamentos didáticos é requerida, tais como dispositivos de automação, robótica e maquetes industriais visando a formação e preparação de profissionais para enfrentarem contextos industriais diversificados e complexos, realidades que encontrarão no mercado profissional. Através destes elementos, permite-se a partir de conceitos simples produzir equipamentos e processos que estão presentes na realidade do cotidiano em sistemas automatizados de produção.

Sendo as plataformas didáticas a serem apresentadas representações de baixo custo de sistemas automatizados de produção, é necessário inicialmente discutir estes sistemas de produção.

#### **4.3.1 Sistemas Flexíveis de Manufatura - FMS**

Segundo Silveira e Santos (2002), a fabricação em linha de montagem, chamada Organização em Linha, opera de modo completamente adverso àquela apontada pela Organização Funcional. Deste caráter divergente surgiu a necessidade de se criar métodos e técnicas alternativas de fabricação mais flexíveis, objetivando uma padronização simplificada da produção e melhor organização do processo, assim surgiram conceitos como célula flexível de manufatura, linha de transferência flexível e sistemas flexíveis de manufatura.

Células Flexíveis de Manufatura são sistemas de manufatura compostos por máquinas completamente automatizadas, possuidoras de um sistema de transporte e armazenamento automáticos, ou seja, um conjunto flexível que atende à técnica de produção de baixo volume de produção, porém bastante diversificado.

Ainda segundo Silveira e Silva (2002), as linhas de Transferência Flexível são sistemas que permitem que as peças a serem produzidas percorram de forma seqüencial o processo disposto linearmente, sendo que, mesmo que a seqüência de processamento seja fixa, a rotina pode ser totalmente programável em todas as máquinas que compõem o sistema.

Segundo Battesini (2003), Sistemas Flexíveis de Manufatura, são sistemas de manufatura automatizados de concepção celular composto por máquinas DMC. Possuem um sistema de transporte e manuseio de peças controlado automaticamente, apresentando um alto grau de flexibilidade, seja em nível de produção, maquinário ou de controle. Estes sistemas são caracterizados por possuírem a capacidade de produzir peças de diversos tipos simultaneamente, pelas mesmas máquinas-ferramentas, com intervenção mínima de operadores.

Literalmente, flexibilidade significa a aptidão para variadas coisas ou aplicações, porém nenhum sistema de manufatura pode ser totalmente flexível. O que torna um sistema flexível é a sua capacidade de identificar e distinguir entre as diferentes partes dos produtos processados pelo sistema, alterando rapidamente as instruções de operação e conseqüentemente o ajuste físico.

Segundo Lepikson (1995), quando do surgimento dos FMS, admitia-se a hipótese de que o FMS seria capaz de propiciar uma dispensa total da intervenção humana, porém como mencionado anteriormente com a evolução tecnológica verificou-se a necessidade de trabalhadores com maior e melhor qualificação para tomada de decisões mais complexas, ou seja, decisões flexíveis e ágeis, que são inerentes aos problemas de qualidade numa fábrica.

Neste sentido, a disponibilização de ambientes educacionais que simulem um processo produtivo vem a ser uma alternativa para se alcançar tal objetivo, capaz de propiciar condições aos indivíduos para que estes cheguem ao mercado de trabalho aptos para assumir o perfil solicitado na atual geração tecnológica.

Na área da automação de manufatura encontra-se ainda o termo *Computer-Integrated Manufacturing* (CIM), ou manufatura integrada por computador, cujo significado é o uso extensivo de um único sistema computacional no projeto de produtos, planejamento da manufatura e controle das operações e nas funções de negócio das empresas.

Desta forma, as plataformas a serem apresentadas, do ponto de vista de produto, podem não parecer flexíveis, porém, como o próprio significado literal de flexibilidade, esta característica pode se verificar a partir da ESPECIFICAÇÃO do sistema.

Segundo Rosário (2004), uma metodologia para o desenvolvimento de sistemas mecatrônicos, entre os quais englobar os SAP, pode ser realizado segundo a figura 4.2.

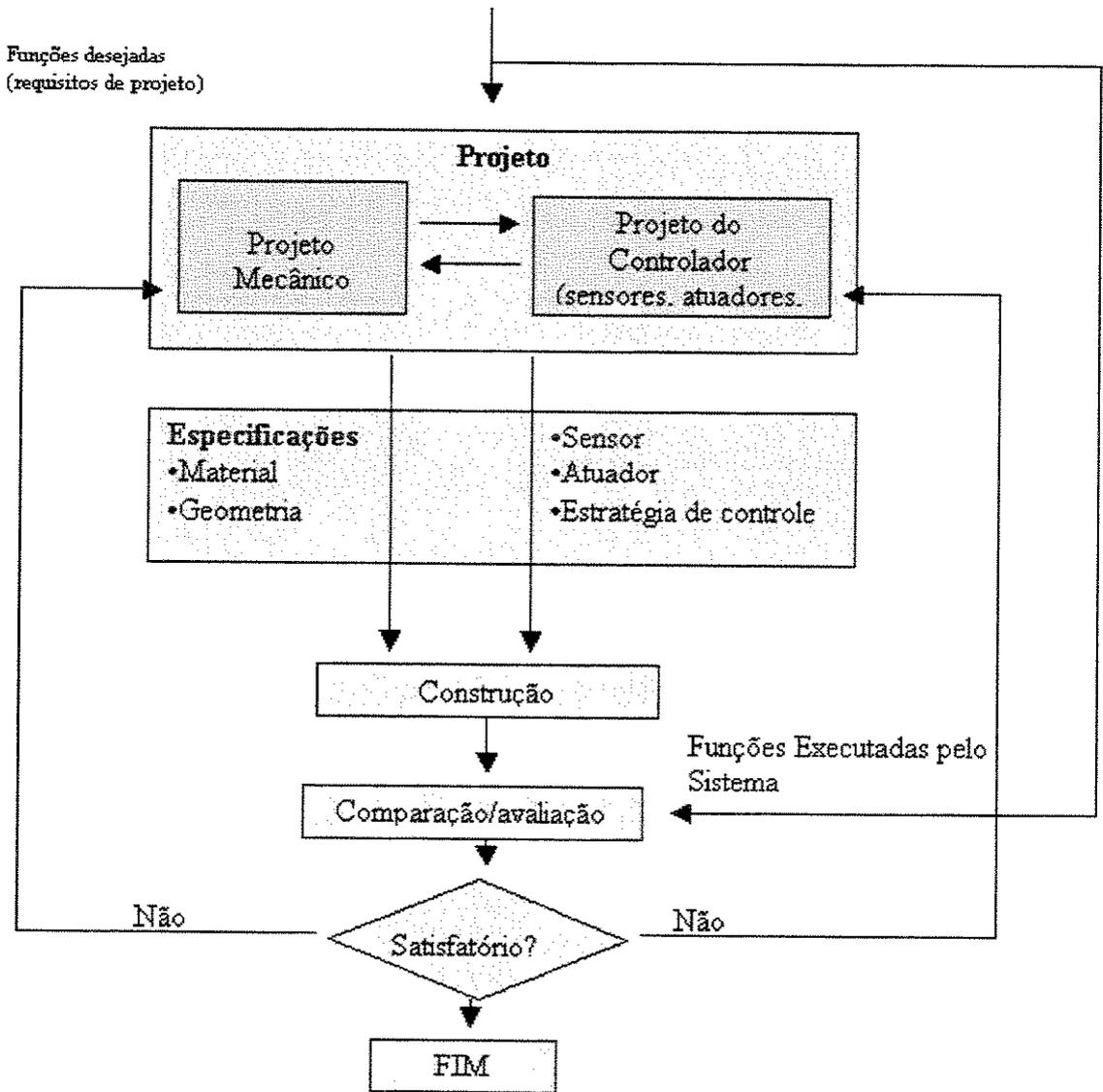


Figura 4.2 Metodologia de Concepção de Sistemas Mecatrônicos

Desta forma, a flexibilidade das plataformas apresentadas encontra-se em uma especificação forte, ou seja, através da especificação conceitual, simulação, modelagem e

programação tanto do chão de fábrica como do sistema supervisorio, sendo estas independentes da especificação tecnológica e da implementação. Pode-se verificar isto por exemplo, em um dos elementos utilizados em uma das plataformas de testes da UNICAMP que é o sistema robótico.

O sistema robótico utilizado na plataforma SIMTIA é um sistema didático conhecido comercialmente por ROBIX<sup>TM</sup>, este sistema é composto por servos motores CC interligados através de elementos mecânicos que permite montar diferentes configurações de sistemas robóticos e um microcontrolador como elemento de controle destes servos motores. Este sistema por sua concepção necessita de uma estrutura computacional, conforme a figura 4.3. O PC representa a parte comando e o PO a parte operativa do sistema robótico. Para permitir a integração do sistema robótico com outros elementos que podem compor um SAP, utiliza-se um CLP e um programa em linguagem C. Desta forma, com utilização do CLP e o programa de controle pode-se integrar este sistema com qualquer outro elemento industrial desde que este seja controlado por sinais de Entrada e Saída.

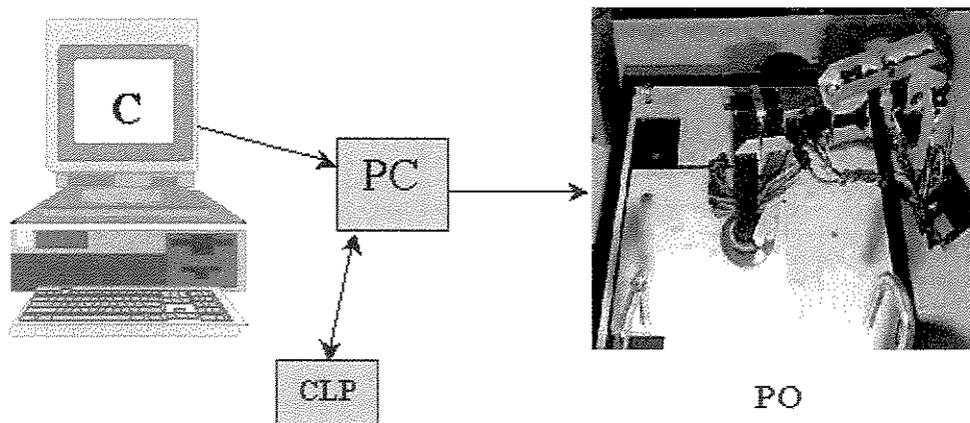


Figura 4.3 Sistema robótico ROBIX<sup>TM</sup>

Pode-se ainda dizer que, a flexibilidade deste sistema está em apresentar a utilização de elementos que ao serem substituídos em um sistema industrial, as ESPECIFICAÇÕES das tarefas, ou seja, a estruturação das tarefas a serem realizadas será a mesma, conforme apresentado na figura 4.4. Apesar do sistema industrial não necessitar de todos os elementos (PC e programa em C) apresentados na figura 4.3, pois todos os requisitos necessários encontram-se disponíveis no sistema de controle do sistema robótico industrial.

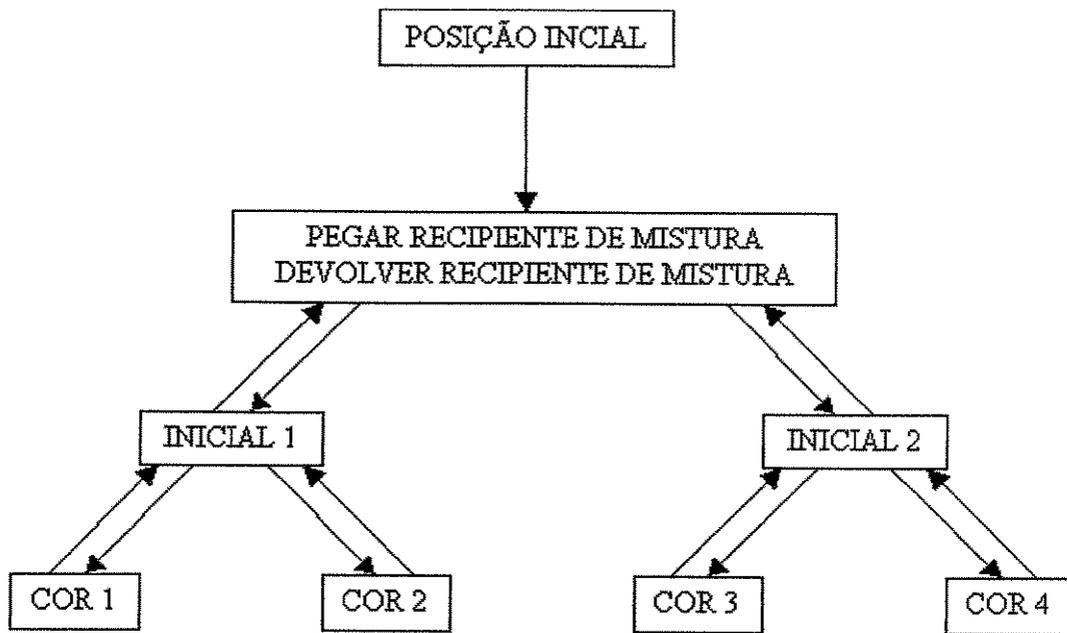


Figura 4.4 Estruturação de Tarefas

Atualmente, existem no mercado sistemas didáticos FMS, porém estes sistemas não permitem a implementação de novas tecnologias que venham a surgir, tão poucos permitem a variação de operações, podendo ser considerados portanto sistemas engessados. A figura 4.5 apresenta um destes FMS existentes.

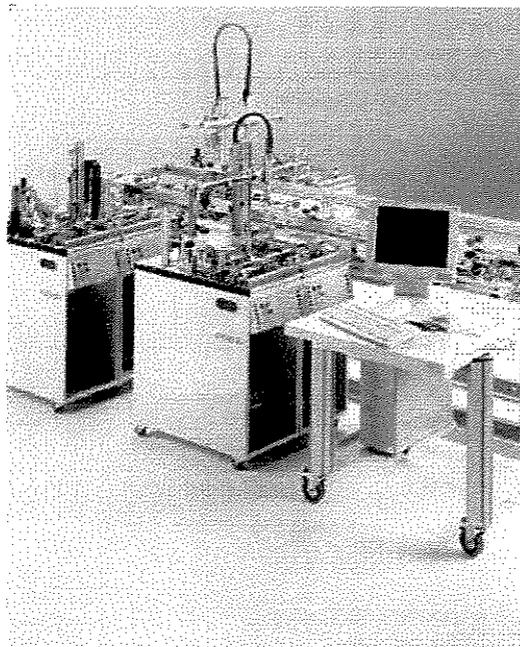


Figura 4.5 FMS Festo Didatic

### 4.3.2 Kit LEGO™

Estes kits são constituídos pelas peças Lego e peças adicionais como motores, engrenagens, eixos, sensores entre outros. Através destes elementos é possível desenvolver protótipos de sistemas automatizados contendo a parte operativa formada pelos elementos acima citados e a parte comando através da interface fornecida pelo fabricante.

A utilização destes kits permite a capacitação dos usuários nas áreas pertinentes a automação industrial e robótica, através da integração entre os diversos elementos que possuem e outros sistemas didáticos como o sistema robotizado ROBIX™. Esta aprendizagem pode ser realizada em três etapas: conhecimento de sistemas robóticos, conhecimento de automação e conhecimento de integração de sistemas.

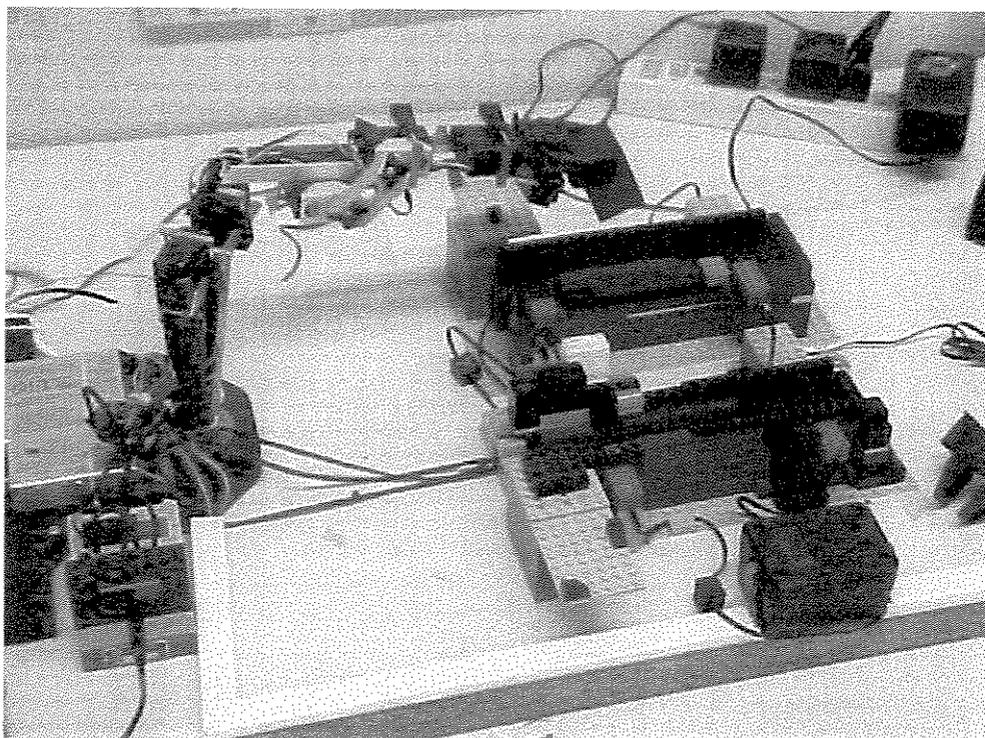


Figura 4.6 Sistema Automatizado

### 4.3.3 PIPEFA – Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação

A plataforma PIPEFA foi implementada no Laboratório de Automação Integrada e Robótica da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Campinas (UNICAMP).

Representa um chão de fábrica que retrata aspectos reais de produção, tais como integração, flexibilidade e técnicas de gestão de produção, com baixo custo operacional e de implementação.

Ela é composta por uma parte operacional, correspondente a um “chão de fábrica” constituído de postos de trabalho com sistemas de comando independentes, e por um sistema de supervisão cooperativo e de gestão de produção. Uma representação simplificada da plataforma é mostrada na Figura 4.7. A plataforma realiza a confecção de um produto genérico constituído de uma placa de base e cubos menores, do tipo *LEGO*, que além de apresentarem um baixo custo possuem boa precisão mecânica. Esse produto será realizado a partir da montagem, nas placas de base, de cubos em diferentes posições e em até dois níveis. Dependendo do número, posições e, futuramente, das cores dos cubos montados nessas placas, os produtos finais serão considerados diferentes conforme sugere a Figura 4.8.

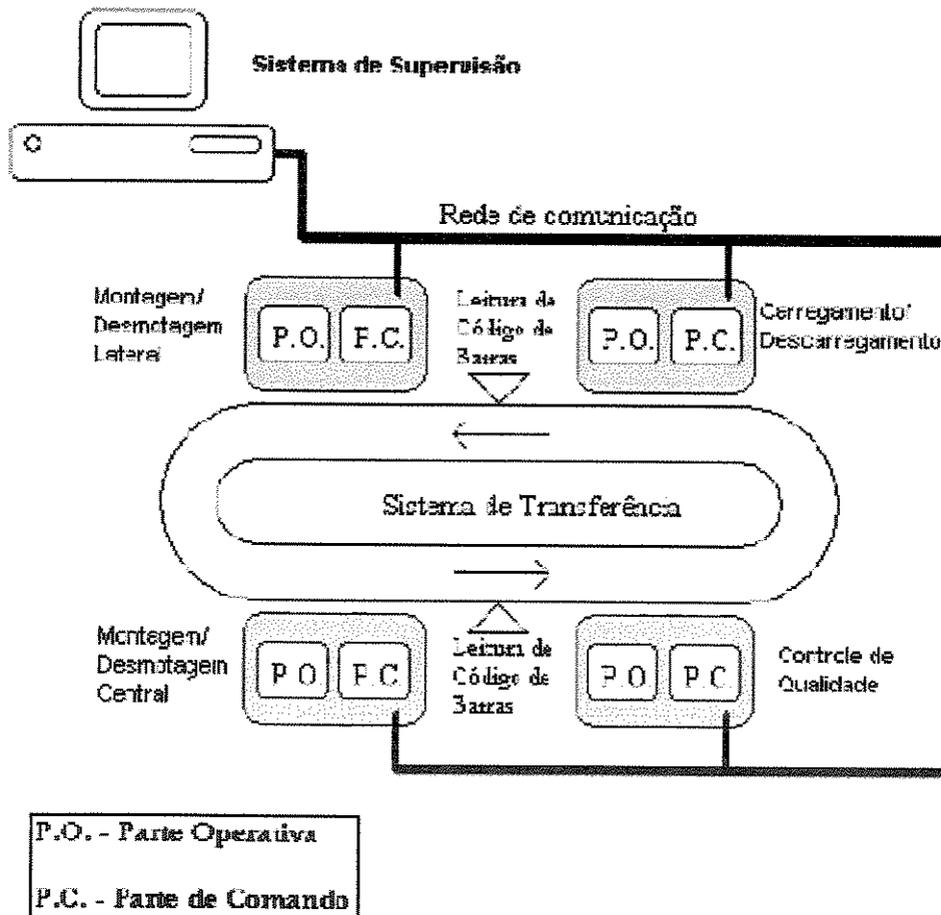


Figura 4.7 Representação esquemática da Plataforma PIPEFA

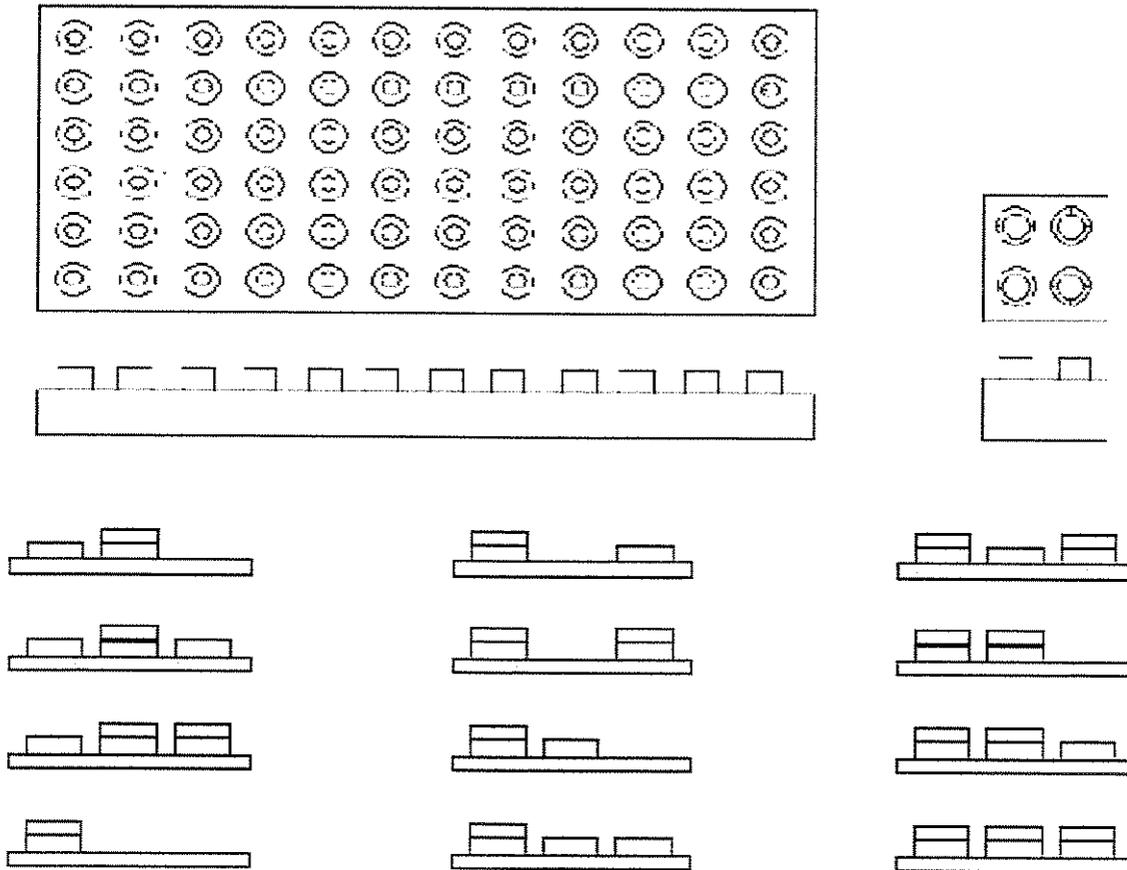


Figura 4.8 Produtos a serem confeccionados

O processo de produção se inicia com o recebimento de uma placa de base, inserida no Sistema de Transferência pelo Posto de Carregamento, sobre a qual podem ser encaixados cubos em três diferentes posições e em até dois níveis. A colocação dos cubos é feita nos dois Postos de Montagem (designados Central e Lateral), totalizando uma família de 26 produtos diferentes.

Em seguida, o Posto de Inspeção recebe as placas montadas e verifica a montagem feita. Caso o produto seja aprovado, o mesmo deverá ir para o Posto de Descarregamento para ser estocado. No caso de haver um defeito de montagem, esses produtos poderão ser rejeitados ou desmontados nos Postos de Desmontagem (os mesmos: Central e Lateral), para retornar ao sistema sob a forma de matéria-prima (cubos e placas individuais). Essas diferentes formas de montagem possibilitarão a utilização do conceito de família a ser explorado através de um sistema de gestão de produção no qual metodologias e algoritmos poderão ajudar na

determinação da melhor seqüência de fabricação em função da capacidade de máquinas, prazo de entrega, lucro, etc.

A parte operacional e uma parte do sistema de supervisão cooperativa e comando estão sendo instalados no Laboratório de Automação Integrada e Robótica da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP e o LIISI – *Laboratoire d'Ingénierie Intégrée des Systèmes Industriels* da França. A separação física desses centros de pesquisa permitirá a utilização do conceito de empresa estendida, a integração de dois diferentes grupos de pesquisadores e, principalmente, a realização de um trabalho na área de automação industrial que considere desde aspectos ligados a concepção de um produto e implantação de um sistema automatizado de manufatura até sua integração com os níveis de gerenciamento de produção. Finalmente, esta plataforma deverá considerar todos os níveis da "pirâmide CIM" (gestão global, gestão da produção, controle de processos e "chão de fábrica"). Assim, poderá servir de suporte aos estudos e pesquisa na integração das diferentes atividades de uma empresa.

Atualmente, a plataforma retrata totalmente um sistema de produção discreta, sendo constituída dos seguintes postos de trabalho:

- Sistema de Transferência;
- Carregamento de placas de base;
- Leitura de Código do Produto;
- Montagem/Desmontagem Central;
- Montagem/Desmontagem Lateral;
- Inspeção de um Produto;
- Descarregamento com sistema de armazenagem
- Manipulador robótico para reposição de produtos

Cada um desses postos de trabalho é constituído de uma Parte de Comando e uma Parte Operativa. A Parte de Comando consiste em um Controlador Lógico Programável (CLPs) onde é realizado o processamento lógico de sinais de entrada e saída. A Parte Operativa consiste nos motores, atuadores elétricos, pneumáticos, hidráulicos, e todos outros elementos físicos que participam da manipulação e processamento dos produtos. Os postos constituintes deste Sistema

Automatizado de Produção (SAP) executam suas respectivas operações de maneira totalmente realista com relação à Parte de Comando, visto que CLP's são os equipamentos de controle comumente utilizados no meio industrial para este fim.

Ao mesmo tempo, o projeto da plataforma PIPEFA é suficientemente próximo à realidade com relação à Parte Operativa de um SAP tradicional, de forma a validar uma arquitetura que permita um diálogo concreto com o meio industrial. A figura 4.9 mostra a atual concepção da plataforma. A seguir, os postos de trabalho serão analisados com mais detalhes.

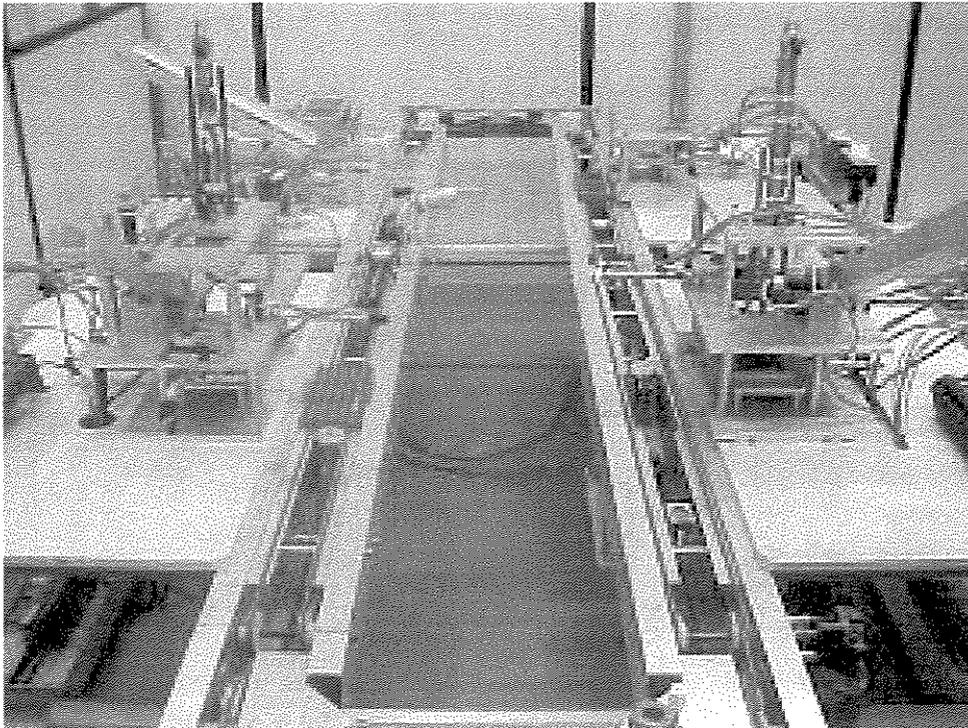


Figura 4.9 Plataforma PIPEFA

#### 4.3.3.1 Posto de Montagem/Desmontagem de Produtos

Dois postos realizam a função de transformação de forma e características das peças através de operações de montagem e desmontagem dos cubos LEGO nas placas de base, em função do plano de produção. Atualmente, as placas são identificadas por um código de barras fixado em cada uma delas, e sobre elas são montados cubos em três posições (lateral direita, central e lateral esquerda) e em dois níveis de altura. Com o objetivo de simular um sistema multiproduto e de

criar um elenco de seqüências de montagem ou desmontagem de produtos, foi construído um posto para realização de operações de montagem e/ou desmontagem de cubos na posição central e outro para montagem/desmontagem de cubos na posição direita e/ou esquerda (lateral). Este último tem operação idêntica ao primeiro, mas seu sistema de transferência dispõe de um cilindro giratório que se encarrega de dar uma rotação de 180° na placa de base. Uma vez completado o giro, este posto deve apenas realizar a mesma operação, com a diferença de que esta acontece no lado oposto. A figura 4.10 mostra este posto de trabalho.

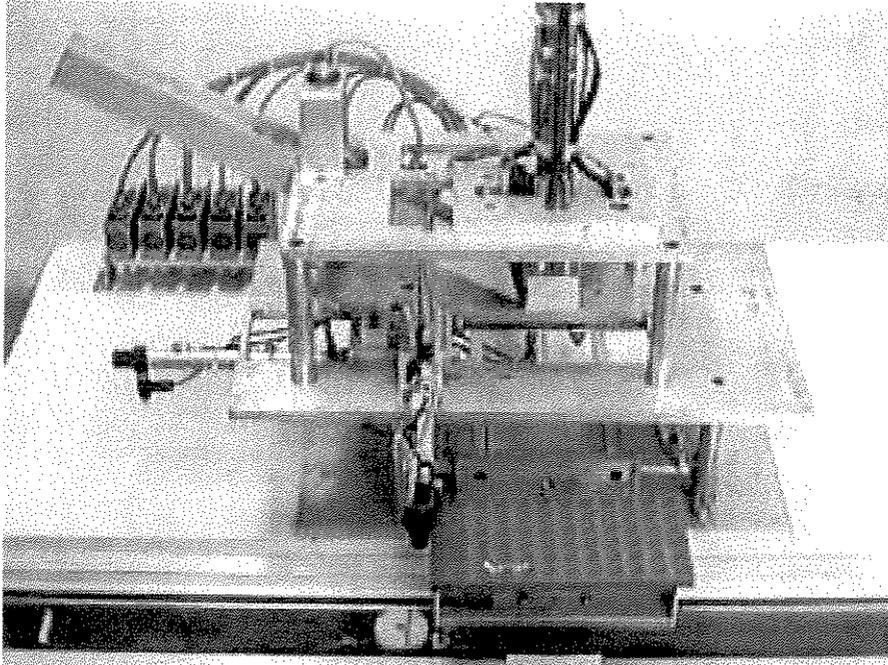


Figura 4.10 Posto de Montagem/Desmontagem de Produto

#### 4.3.3.2 Posto de Carregamento de Placas de Base

Este posto de trabalho é responsável pelo carregamento de placas de base no sistema de transferência. As placas de base são introduzidas no sistema de transferência de acordo com as ordens de produção previamente estabelecidas pelo Sistema de Gestão de Produção (gerenciadas a partir do Sistema Supervisório). Um conjunto de placas de base codificadas ficam disponíveis num sistema de armazenagem, esperando uma ordem para entrada no sistema de transferência. A figura 4.11 mostra este posto.

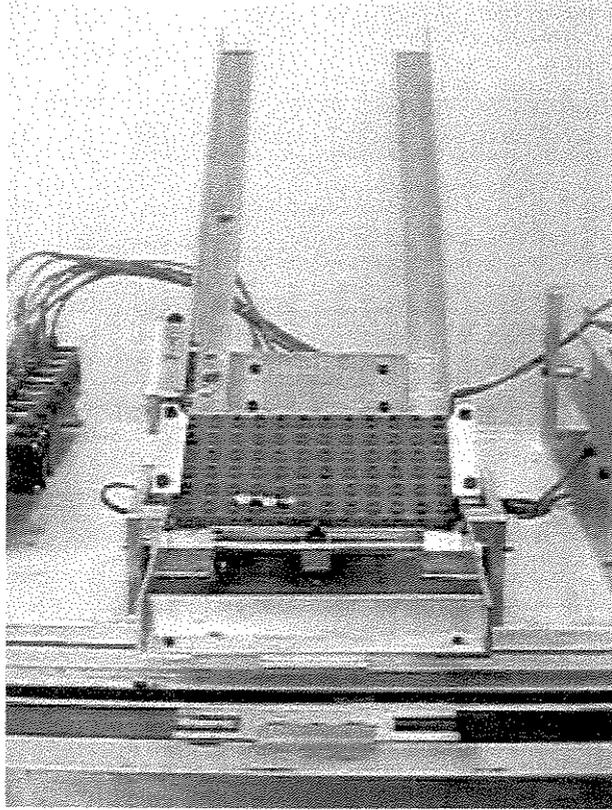


Figura 4.11 Posto Carregamento de Produto

#### **4.3.3.3 Posto de Descarregamento e Armazenagem Intermediária de Produtos**

Após um determinado produto passar pelo Posto de Inspeção, e em função de sua inspeção, o mesmo poderá ser descarregado e armazenado em estoque (produto final) ou ser retirado temporariamente do Sistema de Transferência. A figura 4.12 mostra o posto de descarregamento.

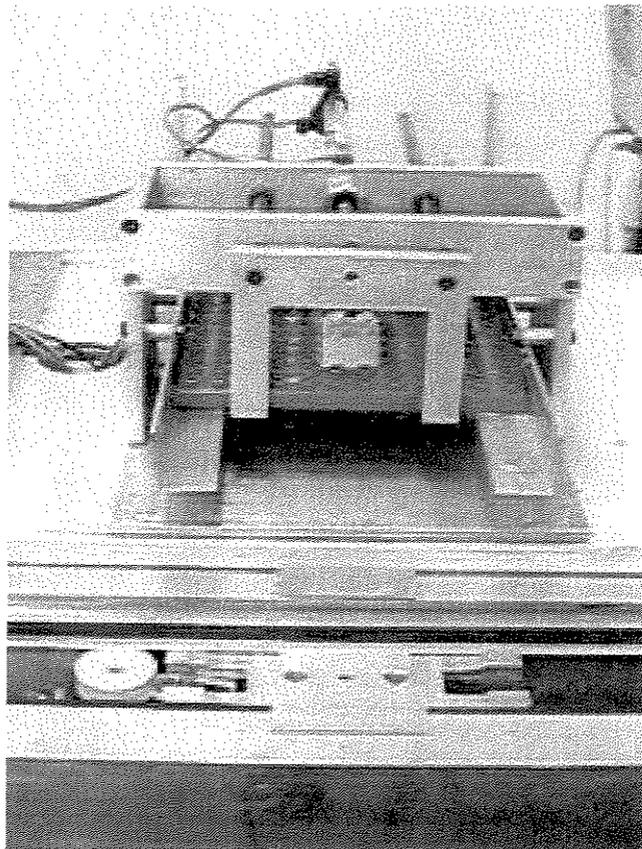


Figura 4.12 Posto Descarregamento de Produto

#### 4.3.3.4 Posto de Inspeção

O Posto de Inspeção verifica a conformidade do produto. A partir do mapeamento do produto realizado através de sensores de fibra ótica, ele fornece ao Sistema de Supervisão informações do produto realizado. A partir disso o Sistema de Supervisão pode decidir se um produto segue os padrões estabelecidos pelo Sistema de Informação e Gestão de Produção a respeito da qualidade do mesmo quanto ao tipo de montagem mecânica. Isto é verificado de duas formas distintas. Num primeiro nível de exigência, através de transdutores de fibra ótica dispostos em duas alturas para detecção da presença de cubos, montagens incorretas, etc. Esta detecção leva em conta tão somente a presença de cubos em cada uma das seis posições possíveis. Num segundo nível de exigência, também as cores de cada cubo são determinantes para a diferenciação de produtos. Neste caso, um sensor de nível de cor verificará as cores de cada cubo (e, conseqüentemente, também sua presença). Mais precisamente, cada nível de cor é transformado em um valor de tensão elétrica proporcional (logo, sinal analógico); através de uma

interface analógico-digital presente no Posto de Inspeção, o Sistema de Supervisão relaciona cada uma das cores básicas de cubos a faixas de tensão bem definidas. Este tratamento de sinais analógicos comprova que a PIPEFA tem também aplicações em processos contínuos (em contraposição a processos de eventos discretos; por exemplo, processos que lidam com fluidos, etc), cujo controle depende em sua maior parte de sinais deste tipo. A hierarquia de exigência será definida e acessada através do Sistema de Supervisão e esta, em conjunto com o resultado obtido pela verificação ocorrida no Posto de Inspeção, define se o produto foi adequadamente montado.

As informações obtidas neste posto são muito importantes para a Supervisão e Gestão da Produção. O Sistema de Supervisão, a partir de estatísticas dinâmicas, pode saber se um posto de montagem apresentou bom desempenho ou não, e atuar no sentido de corrigir distorções (em caso de níveis de qualidade abaixo do desejado). A figura 4.13, mostra este posto.

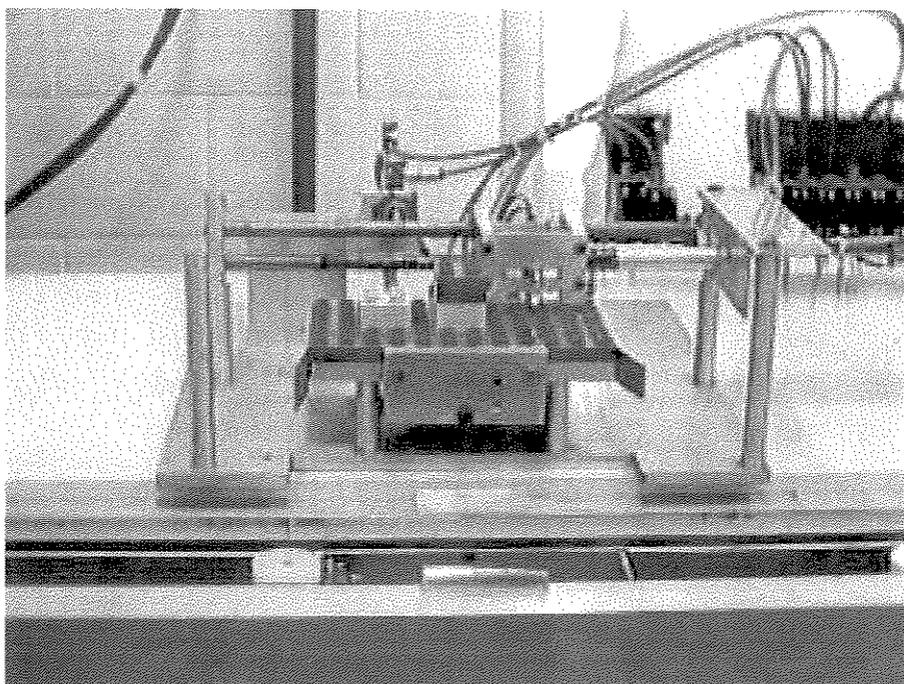


Figura 4.13 Posto de Inspeção

#### 4.3.3.5 Sistema de Transferência

Cada posto de trabalho possui um Sistema de Transferência próprio, constituído de uma esteira acionada por um motor de corrente contínua. Entretanto, a Parte Comando é centralizada através de um Controlador Lógico Programável, e é responsável pela integração mecânica dos postos existentes na célula. O Sistema de Supervisão, baseado nas informações de cada produto (etiquetado a partir de código de barras), toma decisões de parada, montagem e desmontagem, carregamento e descarregamento de placas, baseados num plano de produção. A figura 4.14 mostra este sistema.

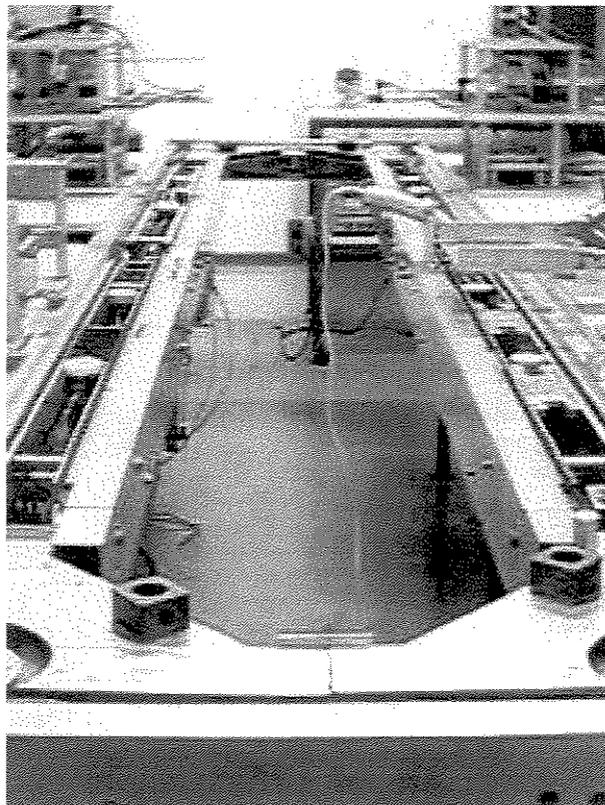


Figura 4.14 Sistema de Transferência

#### 4.3.3.6 Leitura do Código de um Produto

Após o Posto de Carregamento de Placas de Base, existe um Leitor de Código de Barras, ligado fisicamente a uma entrada serial (RS-232) do CLP do Sistema de Transferência, que após leitura desse código, fornece essa informação para o Sistema de Supervisão, que permitirá

associar a mesma ao tipo de produto que será realizado nas próximas operações através dos postos de Montagem/Desmontagem Central e Lateral. A figura 4.15 mostra este sistema.

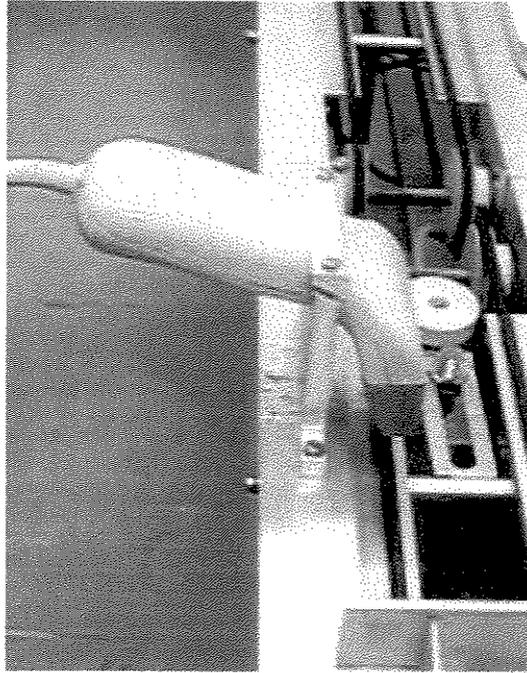


Figura 4.15 Leitura do Código de Barras

#### 4.3.4 SIMTIA – Sistema Integrado para Mistura de Tintas Automatizada

A integração entre vários elementos automatizados é uma das principais etapas para o conhecimento de um Sistema Automatizado de Produção - SAP.

A plataforma SIMTIA foi implementada no Laboratório de Automação Integrada e Robótica da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Campinas (UNICAMP). Representa um chão de fábrica que retrata aspectos reais de produção, tais como integração, flexibilidade e técnicas de gestão de produção, com baixo custo operacional e de implementação.

Ela é composta por uma parte operacional, correspondente a um “chão de fábrica” constituído de postos de trabalho, e por um sistema de supervisão. Uma representação simplificada da plataforma é mostrada na Figura 4.16. A plataforma realiza a manipulação de tintas. Esse produto, tinta, é produzido a partir de uma escolha feita pelo usuário.

A plataforma é composta por uma Parte Operativa e uma Parte Comando, sendo que esta Parte Operativa é composta por postos de trabalho, que por sua vez são compostas cada uma por uma Parte Operativa e uma Parte Comando, exceto o sistema de transferência que é composto somente pela Parte Operativa. Estes postos são:

- célula robotizada para escolha das cores: tem como PC as entradas e saídas do manipulador robótico e o microcomputador e PO as bombas e o manipulador robótico;
- célula robotizada para lavagem e mistura da tinta: tem como PC as entradas e saídas do manipulador robótico e o microcomputador e PO a bomba, o misturador e o manipulador robótico;
- sistema de transferência;

A figura 4.16, demonstra um esquema simplificado desta plataforma.

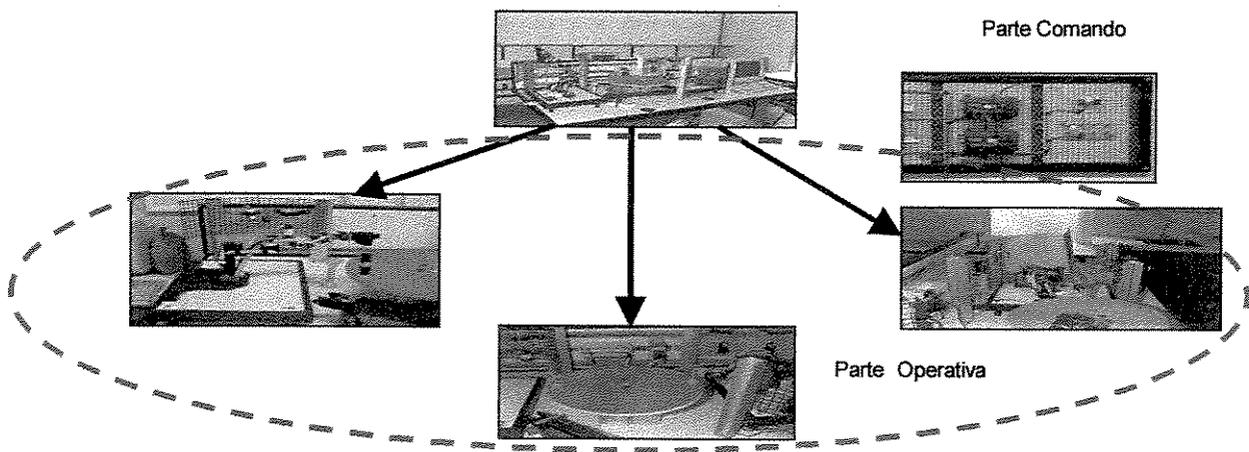


Figura 4.16 SIMTIA – Postos de Trabalho

O processo de produção inicia-se através da escolha da cor feita pelo usuário através do sistema supervisor, sendo que esta escolha deve estar previamente armazenada no banco de dados do sistema.

Após esta escolha a célula robotizada para escolha de cor é ativada e através de um manipulador robótico, pega o recipiente de mistura e percorre os pigmentos necessários para a composição da cor escolhida. Ao término deste processo, este manipulador transfere o recipiente ao sistema de transferência.

Ao depositar o recipiente no sistema de transferência, este é movimentado transportando o recipiente de mistura para a célula robotizada de mistura e lavagem.

Ao atingir esta célula, o manipulador robótico desta pega o recipiente e o transporta até o misturador. Depois de executado o processo de mistura, o conteúdo do recipiente é despejado. Em seguida, é iniciado o processo de lavagem do recipiente de mistura. O manipulador leva o recipiente até a bomba de água, que é preenchido e em seguida é levado ao misturador. Após este processo, o seu conteúdo é despejado e o recipiente retornará ao sistema de transferência.

A seguir será detalhado o funcionamento de cada posto.

#### 4.3.4.1 – Célula Robotizada para Escolha de Cores

A figura 4.17 mostra a célula robotizada para escolha de cores na sua atual concepção.

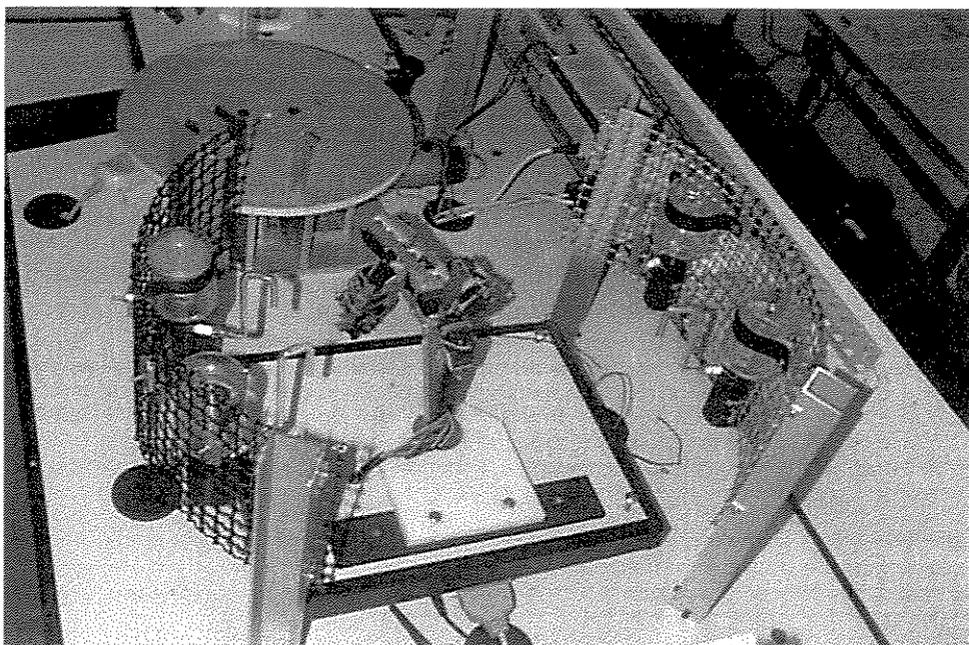


Figura 4.17 Célula Robotizada para Escolha de Cores

Este posto de trabalho é o responsável pela dosagem e determinação dos pigmentos que constituirão a cor escolhida. Através da escolha realizada no sistema supervisor, demonstrado na figura 4.18, este irá gerenciar o acionamento do manipulador e as trajetórias que este irá

percorrer, bem como o acionamento das bombas de cada pigmento. Um CLP é o responsável pelo comando destas bombas.

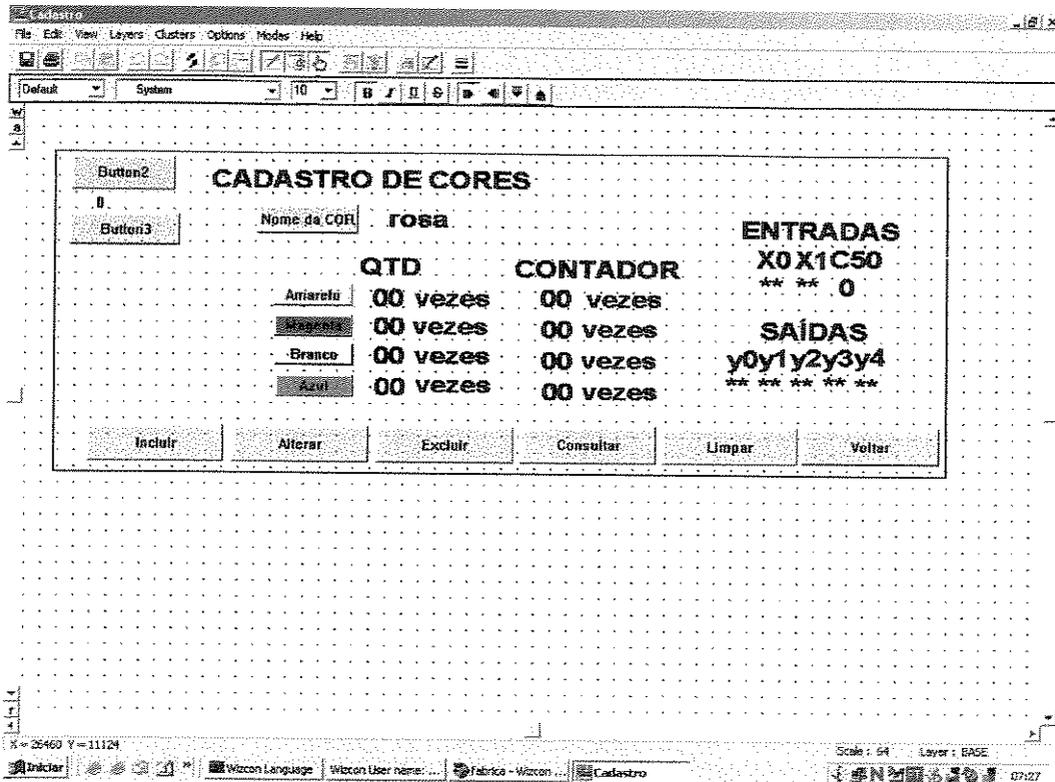


Figura 4.18 Tela do sistema supervisorio para escolha da cor

Um banco de dados gerencia a quantidade de cada pigmento que irá compor a cor, sendo que este poderá ser alterado através do comando alterar da tela do supervisorio, ou ainda acrescentar novas cores através do botão incluir. A figura 4.19, mostra o banco de dados.

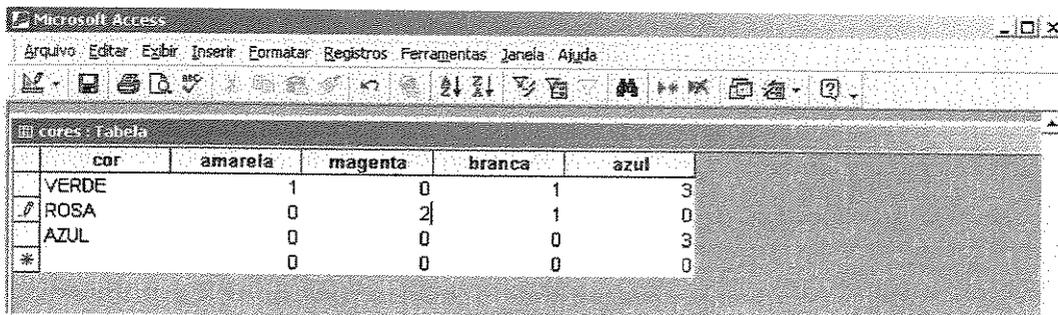


Figura 4.19 Tela do Banco de Dados

#### 4.3.4.2 – Célula Robotizada para Lavagem e Mistura de Tintas

A figura 4.20 mostra a atual concepção da célula robotizada para mistura e lavagem.

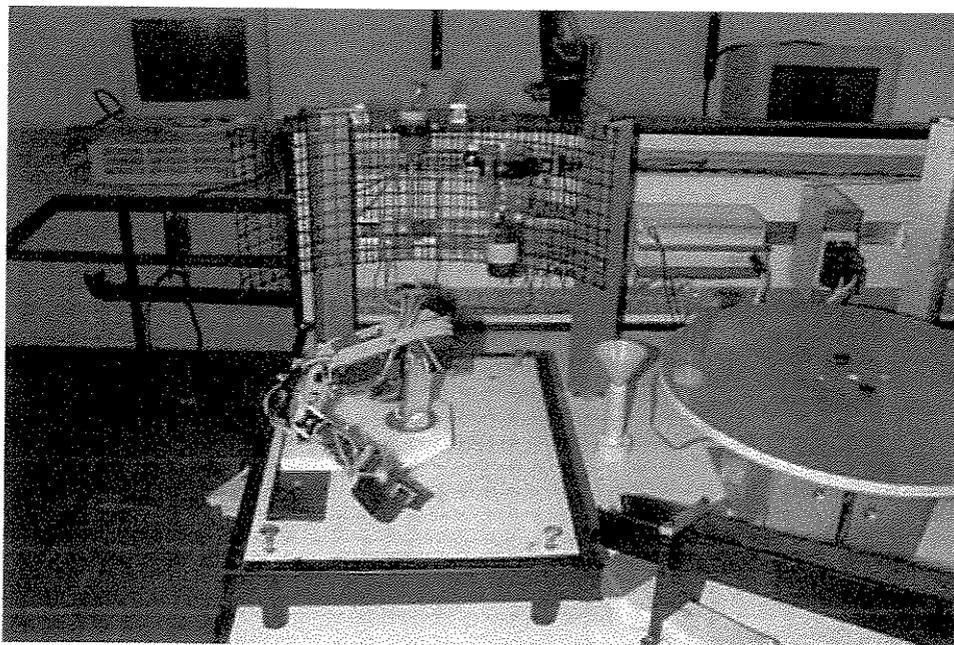


Figura 4.20 – Célula Robotizada para Lavagem e Mistura de Tintas

Neste posto, assim como na célula de escolha de cores, um manipulador robótico é o responsável por pegar e manusear o recipiente contendo os pigmentos entre cada atuador. Este manipulador se alterna entre as tarefas nos pontos de mistura, enchimento do recipiente com água, despejo, pegar recipiente para tinta e pegar e devolver o recipiente de mistura.

A Parte Comando deste posto é realizado através de um CLP. Os CLP's utilizados nesta plataforma estão conectados através de uma rede RS232 como mestre-escravo conforme demonstrado na figura 4.21.

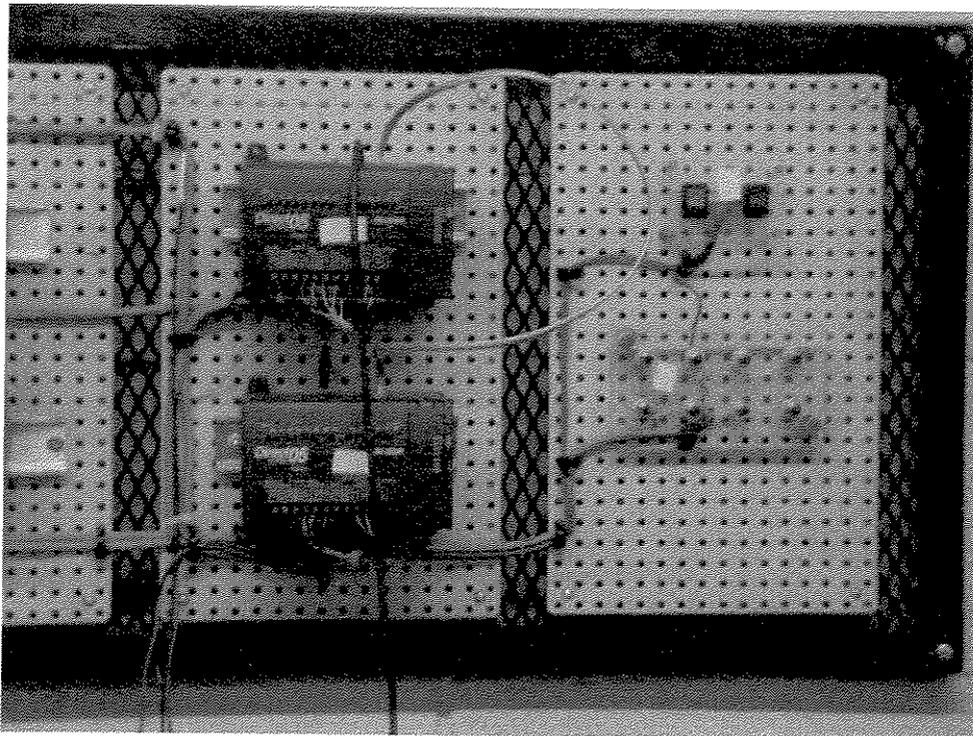


Figura 4.21 Parte Comando da Plataforma

#### 4.3.4.3 Sistema de Transferência

A figura 4.22 mostra o sistema de transferência na sua atual concepção.

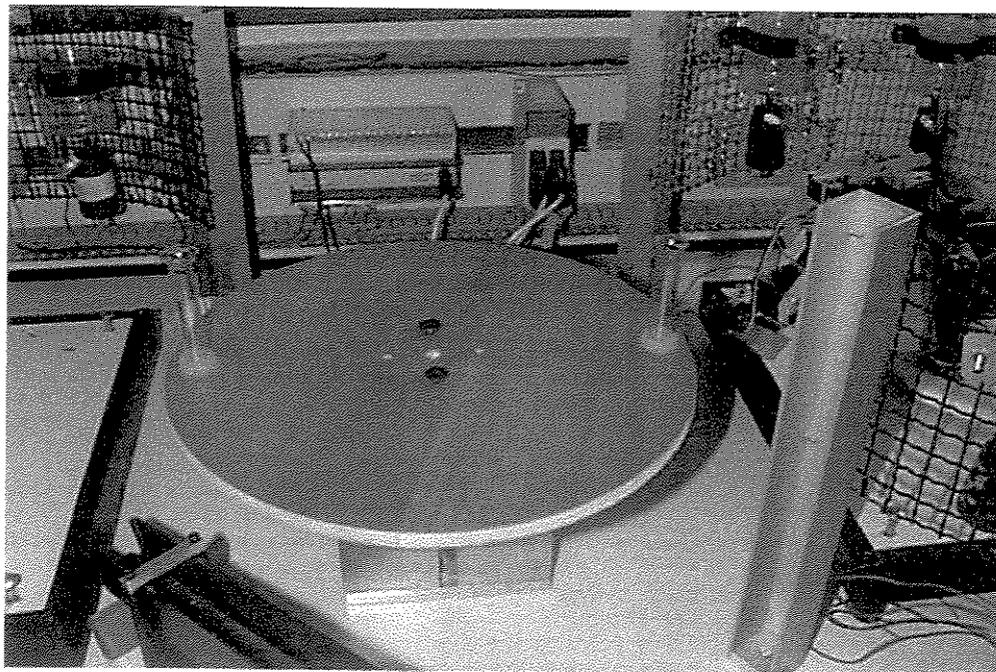


Figura 4.22 Sistema de Transferência

Este sistema de transferência é o responsável pela transferência do recipiente de mistura entre as células robotizadas de escolha de cores e de lavagem e mistura de tintas. Sendo um motor elétrico de corrente contínua responsável pelo tal movimento. Dois sensores controlam a posição de coleta e devolução do recipiente para cada posto de trabalho.

#### 4.3.4.4 Maleta CLP

A programação da parte comando tanto dos postos de trabalho como do sistema automatizado pode ser simulado em maletas didáticas de CLP. Esta maleta possui um CLP industrial que permite ao usuário desenvolver toda a programação oriunda das especificações funcionais e tecnológicas desenvolvidas anteriormente. Desta forma, permite-se a simulação e testes sem o risco de desconfiguração das plataformas apresentadas.

A figura 4.23 apresenta esta maleta que possui interligada às entradas e saídas do CLP push-bottons e relés. Desta forma permite-se que sejam realizados experimentos com elementos como motores, lâmpadas, etc de forma rápida e simples.

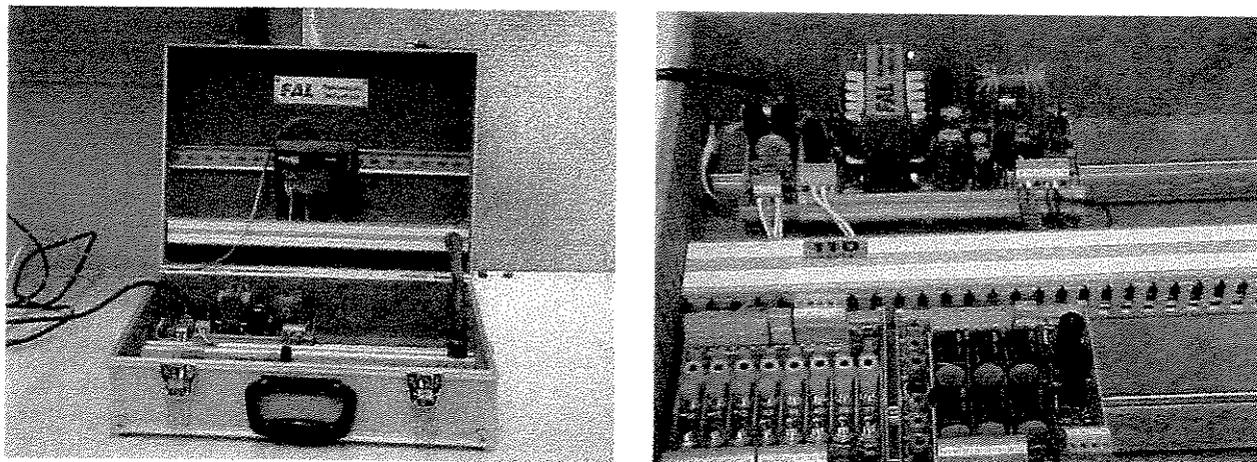


Figura 4.23 Maleta CLP

#### 4.5 Conclusão

Neste capítulo, foram apresentadas as plataformas didáticas utilizadas para o desenvolvimento do ambiente de aprendizagem proposto neste trabalho de pesquisa. Suas especificações permitem simular um chão-de-fábrica com a flexibilidade de poder estar substituindo os elementos utilizados por elementos industriais reais, possibilitando desta forma o enriquecimento do ambiente educacional para a capacitação na área da automação industrial.

## **Capítulo 5**

### **Ferramentas de EAD**

#### **5.1 Introdução**

O processo ensino-aprendizagem acompanha a evolução da sociedade, porém os métodos de ensino acompanham o desenvolvimento tecnológico. Desta forma, as escolas procuram incorporar novos meios de comunicação, visando à exploração das novas tecnologias de ensino, principalmente a informática.

Não existe um consenso sobre o melhor método de ensino, ou do método ideal para a atualidade, porém considera-se a velocidade da evolução das novas tecnologias, o surgimento de novas áreas de conhecimento e o enorme volume de informações necessárias para o desenvolvimento e desempenho das atividades profissionais e a qualificação para o mercado de trabalho.

Desta forma, a metodologia de ensino necessita ser mais eficiente, de maneira a disponibilizar a maior quantidade de informações, sendo estas atuais e de fácil assimilação.

Ao se falar em métodos atuais de ensino, inicialmente pensa-se na informática e em todas os elementos que permeiam esta área, como por exemplo a Internet. Na área do ensino técnico, verificou-se a necessidade de desenvolvimento de metodologias que utilizem a Web, pois acredita-se que neste método valoriza-se o educando, uma vez que se acredita que mais da metade do que um jovem sabe é aprendido através da informação visual White (2002).

Além disto, para o educando da área técnica, a transmissão de experiências e conhecimento através da utilização das tecnologias CMC, acredita-se ser mais agradável e eficiente, pois permite colocar à disposição deste, uma série de experiências pertinentes ao mercado de trabalho da área escolhida, através de tele-laboratórios ou laboratórios virtuais.

## **5.2 O Ensino a Distância no Brasil**

O EAD no Brasil teve início em 1923, através da fundação da Rádio Sociedade do Rio de Janeiro (posteriormente Rádio MEC) por Edgard Roquette Pinto, dando início a programas de EAD por radiodifusão.

Em 1941 foi fundado o Instituto Universal Brasileiro (IUB), oferecendo cursos profissionalizantes livres de suplência e suprimento.

No início dos anos 60, a EAD teve seu destaque através do Bispo D. Fernandes do Paraná, que convidou a professora Eda de Souza para elaborar um projeto para EAD destinado à zona rural paranaense, segundo os moldes de um outro projeto, colocado em funcionamento por D. Eugênio Sales em Natal-RN.

Segundo a legislação brasileira, a definição para EAD é: “Educação a distância é uma forma de ensino que possibilita a auto-aprendizagem, com a mediação de recursos didáticos sistematicamente organizados, apresentados em diferentes suportes de informação, utilizados isoladamente ou combinados, e veiculados pelos diversos meios de comunicação (Diário Oficial da União decreto n.o 2.494, de 10 de fevereiro de 1998)”.

## **5.3 O Computador como Mediador da Aprendizagem**

Com a evolução das tecnologias de informação e comunicação, ao se mencionar as metodologias atuais para a educação, a Internet aparece imediatamente na mente das pessoas como sendo o meio mais adequado para a transmissão de conhecimento.

Dentro desta evolução teve o surgimento da Comunicação Mediada por Computador (CMC) conceituada como qualquer sistema capaz de apresentar e/ou transportar informações de pessoas para pessoas por meio da tecnologia computacional.

Desta forma, o CMC possibilitou uma comunicação rápida e eficiente, introduzindo um grande número de novos recursos, dentre eles a mensagem por meio do correio eletrônico, que em condições normais de funcionamento da rede, pode chegar a qualquer parte do mundo em alguns segundos (Otsuka, 1998).

Dada a variedade de ferramentas e recursos surgidos com o CMC, esta vem promovendo a comunicação das seguintes formas:

- Um para um: comunicação do tipo privada
- Um para muitos: comunicação do tipo dispersão
- Muitos para muitos: comunicação do tipo discussão em grupo.

Destas formas a comunicação na forma síncrona, cuja característica é a participação de todos os envolvidos feita de forma simultânea, ou seja a comunicação é em tempo real e a forma assíncrona, cuja característica é que a participação dos envolvidos não é simultânea, ou seja a comunicação ocorre em tempos diferentes.

Com as ferramentas surgidas com a CMC, as mídias passaram a ser integrantes do processo educacional, podendo estas serem classificadas em: Modo Texto, onde a CMC é realizada por meio de texto plano, palavra escrita, como por exemplo o correio eletrônico e lista de discussões, e Modo Multimídia, onde permite-se o uso sincronizado de áudio, vídeo e imagem, como por exemplo a web e as ferramentas de videoconferência (Hartley et al., 1996).

#### 5.4 TelEduc

O TelEduc, é um ambiente de ensino a distância pelo qual podem-se realizar cursos através da Internet e está sendo desenvolvido conjuntamente pelo Núcleo de Informática Aplicada à Educação - NIED e pelo Instituto de Computação - IC da Universidade Estadual de Campinas.

Este ambiente é um software livre e possui autenticação de acesso aos cursos e inúmeras ferramentas. Estas ferramentas podem ser distribuídas de acordo com o perfil de seus usuários, podendo ser alunos ou formadores, que são os responsáveis pela administração do curso. Dentre os recursos disponíveis destaca-se:

- Dinâmica do Curso, que contém informações sobre a metodologia e a organização do curso.
- Atividades, que apresenta as atividades a serem realizadas durante o curso.
- Material de Apoio, que apresenta informações úteis relacionadas à temática do curso, subsidiando o desenvolvimento das atividades propostas.
- Leituras, que apresenta artigos relacionados à temática do curso e algumas sugestões de revistas, jornais, endereços na Web, etc.
- Perguntas Frequentes, que contém a relação das perguntas realizadas com maior frequência durante o curso e suas respectivas respostas.
- Correio, que é um sistema de correio eletrônico que é interno ao ambiente.
- Grupos, que permite a criação de grupos de pessoas para facilitar a distribuição de tarefas.
- Portfólio, que permite aos participantes do curso armazenar textos e arquivos a serem utilizados ou desenvolvidos durante o curso, bem como endereços da Internet; esses dados podem ser particulares ou compartilhados; se compartilhados, podem receber comentários.

Aos formadores estão ainda disponíveis os recursos:

- Intermap, que permite aos formadores visualizar a interação dos participantes do curso.
- Administração, que permite aos formadores disponibilizar materiais nas diversas ferramentas do ambiente, bem como configurar opções em algumas delas; permite também gerenciar as pessoas que participam do curso.
- Suporte, que permite aos formadores entrar em contato com o administrador do TelEduc através de "e-mail".

A figura 5.1 mostra a tela de acesso da ferramenta.

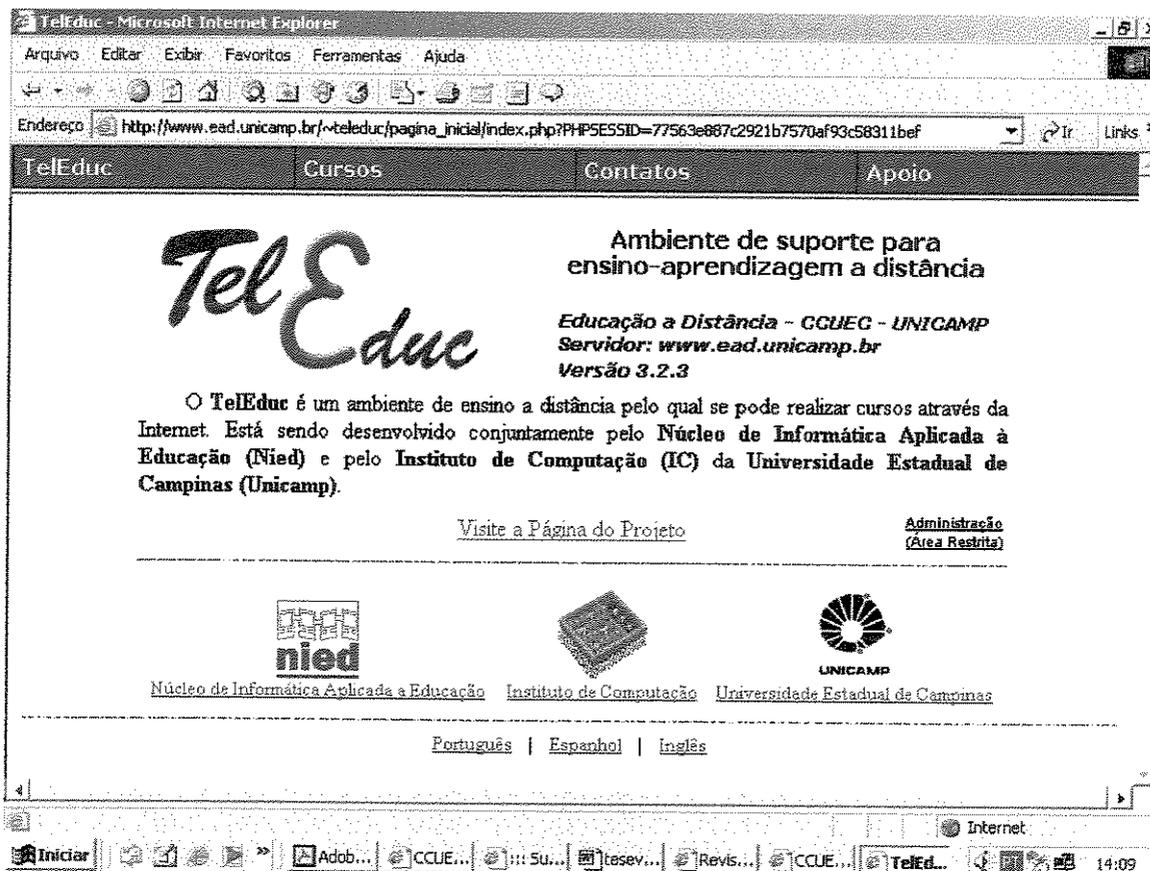


Figura 5.1 Tela de Acesso ao ambiente TelEduc

## 5.5 Conclusão

Neste capítulo, apresentou-se o conceito de EAD e a utilização do computador no processo de ensino aprendizagem, de forma a integrar estes elementos do atual estágio que se encontra a tecnologia de CMC e o processo de aprendizagem, visando fornecer um melhor ambiente para aprendizagem.

## **Capítulo 6**

### **Proposta de um Ambiente Voltado ao Ensino para a Área de Automação**

#### **6.1 Introdução**

A informática, se compreendida como a junção de elementos de computação, de telecomunicação e técnicas gráficas e visuais, assume um importante papel nesta nova forma de educação, cujas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) se faz presente.

Na educação, tanto presencial como à distância, existem dois aspectos a serem considerados: a parte teórica, composta pelo conteúdo, e a prática, em que todo o conhecimento é aplicado por meio de experimentos em laboratórios. (Aihara e Rosário, 2004)

Visando a parte prática da educação, os laboratórios virtuais mostram-se como uma solução, pois oferecem a possibilidade de interagir, criar e/ou modificar o conteúdo disponível no curso.

Estes laboratórios podem ser disponibilizados por meio de recursos como a Web através de simulações e/ou o controle remoto de laboratórios reais, ou através de mídia eletrônica CD-ROM, possibilitando desta forma o acesso aos recursos sem os altos custos, restrições de tempo e limitações de espaço dos laboratórios reais.

Segundo Queiroz (1998), estes laboratórios podem ser classificados segundo o nível de interação entre alunos e o ambiente, podendo ser três tipos:

- Nível hipermídia: são laboratórios que apresentam ao usuário somente textos, imagens ou vídeo sobre o conteúdo didático a ser ensinado. O nível de interação entre o usuário e o ambiente remoto é baixo, restrito somente à captura de informações que se encontram distantes do usuário.
- Nível simulação: são laboratórios que apresentam um nível de interação maior que o primeiro. O usuário é capaz de fazer uma simulação das experiências que seriam realizadas no laboratório real. Para obter o resultado, o aluno envia dados para o experimento previamente implementado e recebe imagens, gráficos e/ou áudio, de acordo com o processo. Na maioria das vezes o laboratório virtual de simulação está diretamente relacionado ao de hipermídia, pois simula a parte prática de um estudo teórico. A parte teórica é apresentada no formato de hipermídia e a simulação é considerada um complemento ao conteúdo didático.
- Nível tele-presença real: são laboratórios capazes de interagir com o ambiente remoto e realizar experimentos reais sobre o assunto a ser estudado. Portanto, há a existência de um laboratório físico real que constitui o laboratório virtual por meio de uma camada de abstração de entrada e saída (I/O) e o meio de telecomunicação.

## 6.2 Ambiente para ensino de automação

Para o desenvolvimento de um ambiente (mídia eletrônica), visando fornecer informações para aprendizagem de um indivíduo deve-se questionar quanto:

- ao assunto abordado, se é apropriado para ser disponibilizado através deste meio;
- ao público alvo;
- à abordagem pedagógica mais apropriada para disponibilizar o conteúdo (auto-aprendizagem, baseado em conteúdo, colaborativo, baseado na solução de problemas, baseado em projetos, etc.);
- ao nível de suporte técnico a ser oferecido;
- ao nível de suporte pedagógico (interação, comunicação, etc.) a ser oferecido;
- ao cronograma do curso;
- ao oferecimento do curso, se a distância, presencial ou semi-presencial.

Desta forma, apresenta-se a seguir uma proposta de um ambiente voltado para a capacitação na área de automação.

A tabela 6.1 apresenta o questionamento inicial quanto à viabilidade do desenvolvimento e disponibilização do ambiente objeto deste trabalho.

Tabela 6.1 – Desenvolvimento de Ambiente - Viabilidade

• Assunto abordado	Apropriado
• Público Alvo	Estudantes de graduação, pós-graduação e técnico
• Abordagem pedagógica	Colaborativo, baseado na solução de problemas para formação de conceitos
• Suporte técnico	Formador em encontros presenciais
• Suporte pedagógico	Encontros presenciais e comunicação síncrona e assíncrona
• Cronograma	Disponibilização dos módulos quinzenalmente
• Forma de oferecimento	Semi-presencial

### **Curso: Integração de Sistemas Automatizados**

- **Objetivos:**

Capacitar o aluno a compreender os elementos que integram um sistema automatizado de produção.

Formação básica em Automação Industrial e Robótica

Integração de Sistemas Automatizados

- **Metodologia:**

Curso estruturado em módulos, apresentado na forma de hipermídia e disponibilizado na forma de mídia eletrônica e/ou através de ambiente para ensino a distância.

- **Público alvo:**

Alunos do curso de graduação e cursos técnicos.

- **Módulos de Aprendizagem:**

➤ **Módulo 0:** Apresentação de um Sistema Automatizado

Objetivo: apresentar exemplos de sistemas integrados referentes a uma aplicação envolvendo diferentes Sistemas Automatizados.

Demonstrar as semelhanças, em sua estrutura básica, dos SAPs.

Metodologia: apresentação de sistemas existentes, modulares em que a sua integração formará um SAP.

➤ **Módulo 1:** Descrição Básica dos Elementos de um Sistema Automatizado

Objetivo: este módulo visa capacitar o aluno a ter um conhecimento básico dos principais elementos constituintes de um Sistema Automatizado de Produção.

Definição de Entradas e Saídas (sensores e Atuadores)

Atuadores e sistemas de Posicionamento

Manipuladores Robóticos

Metodologia: apresentação de material com exercícios e definições dos componentes de uma das plataformas apresentas anteriormente.

➤ **Módulo 2:** Estruturação

Objetivo: este módulo visa capacitar o aluno a descrever formalmente os sistemas automatizados de produção, através de linguagens formais existentes na literatura técnica da área. GRAFCET e Redes de Petri.

Metodologia: apresentação de material teórico e exercícios a serem simulados utilizando os softwares de domínio público fornecidos como material de apoio.

➤ **Módulo 3:** Implementação Computacional da Parte Comando Parte 1:

Objetivo: este módulo visa capacitar o aluno a desenvolver a programação de um CLP de forma estruturada.

Metodologia: apresentação de material com exercícios on-line e off-line.

➤ **Módulo 4:** Parte II: Sistema de Manipulação - Robôs

Objetivo: este módulo visa capacitar o aluno a compreender um sistema robótico e os elementos que o compõe, tal como a programação e estruturação deste sistema.

Metodologia: apresentação de material teórico e exercício com o sistema ROBIX™

➤ **Módulo 5:** Integração

Objetivo: integrar todas as tarefas executadas anteriormente. Demonstrando desta forma a integração de diferentes elementos de um SAP.

Metodologia: Apresentação da integração individual de cada posto de trabalho para em seguida realizar a integração da plataforma inteira.

➤ **Módulo 6:** Sistema de supervisão e Redes de Comunicação

Objetivo: este módulo visa apresentar ao aluno um sistema de supervisão industrial e sua utilização em SAP.

Metodologia: apresentação de material teórico e utilização de um software na forma presencial.

A figura 6.1, ilustra a abordagem apresentada para o desenvolvimento do conhecimento na área da automação através dos módulos acima descritos.

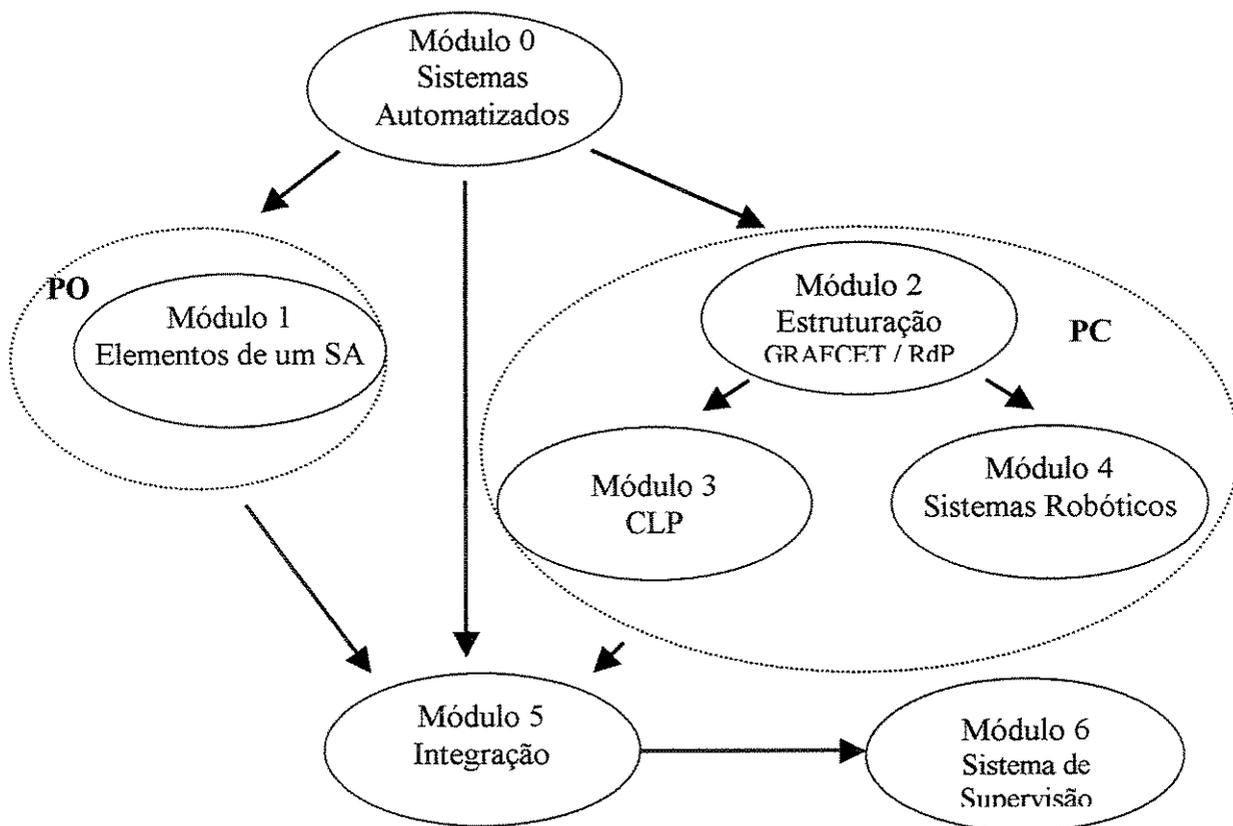


Figura 6.1 – Abordagem Pedagógica

Desta forma, através do Módulo 0 busca-se fornecer uma visão geral do que é um Sistema Automatizado, suas funcionalidades e complexidades. A partir deste módulo o SA é apresentado através da Parte Operativa e da Parte Comando, ou seja, do sistema a ser controlado e do sistema de controle, segundo a visão mostrada previamente na figura 1.1.

O Módulo 1 apresenta os elementos que podem constituir um Sistema Automatizado de Produção, na sua forma física como Parte Operativa dos SA, ou seja, visa capacitar o aluno a compreender a funcionalidade de cada elemento e seus requisitos como sistema a ser controlado.

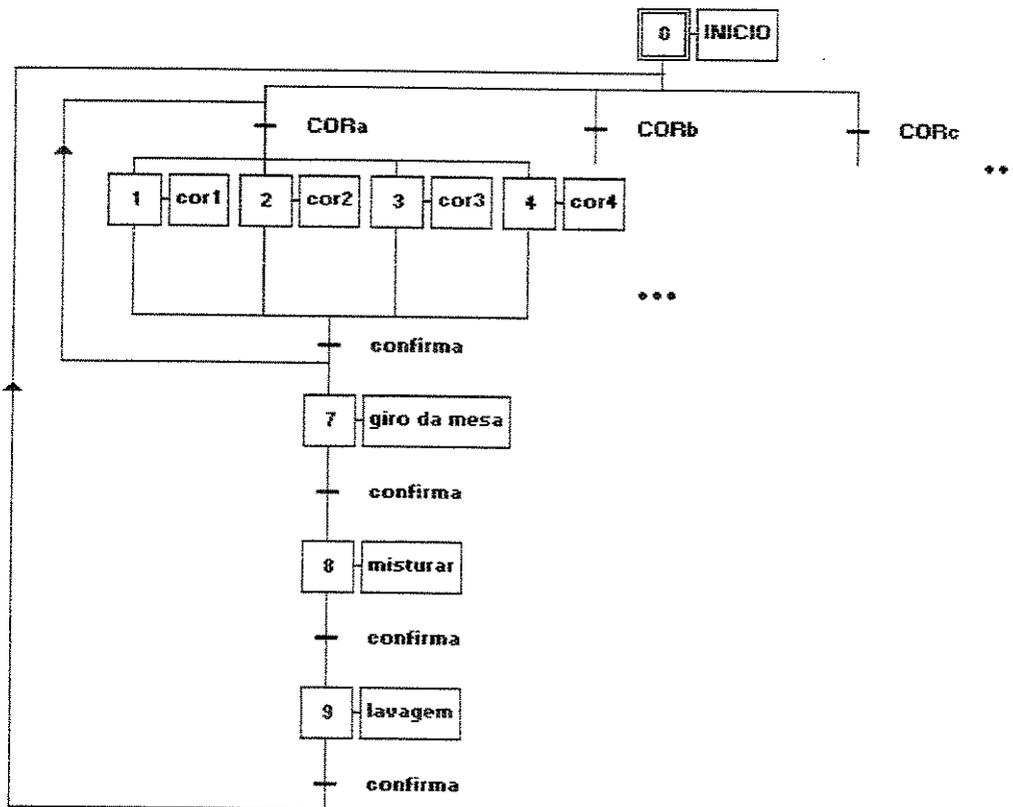


Figura 6.2 GRAFCET funcional da plataforma SIMTIA

Uma vez tendo-se conhecimento dos elementos a serem estudados e seus requisitos tecnológicos, o Módulo 2 apresenta as linguagens formais para descrição e modelagem dos SA. Estas linguagens GRAFCET e Rdp são importantes para a especificação e descrição dos sistemas tanto no nível funcional como tecnológico. Através deste módulo, busca-se criar a visão da

necessidade de formalismo, ou seja de uma boa especificação, para a concepção de SA, pois através desta pode-se obter a flexibilidade dos sistemas automatizados. Um exemplo pode ser visto no GRAFCET da figura 6.2. Esta figura apresenta a descrição funcional da plataforma SIMTIA. Desta forma é apresentado o funcionamento do sistema independentemente da tecnologia ser utilizada, seja ela baseada em elementos didáticos ou industriais, possibilitando posteriormente a implementação de qualquer um deles. Outras descrições são apresentadas nos anexos deste trabalho.

O Módulo 3 apresenta o Controlador Lógico Programável e suas linguagens de programação. Para tanto, neste módulo deve-se desenvolver os conceitos de lógica de programação. Além disto, apresenta-se a necessidade do desenvolvimento da especificação funcional deste CLP no sistema automatizado ou seja o desenvolvimento do modelo por GRAFCET e/ou Rdp, pois no mercado existem vários fabricantes deste componente, sendo que a funcionalidade deste no sistema deve ser única.

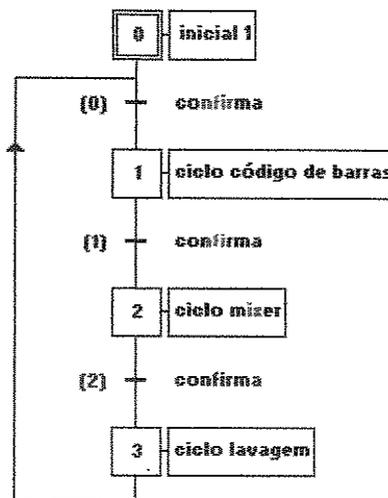


Figura 6.3 GRAFCET das trajetórias a ser realizada pelo Sistema Robótico

O Módulo 4 apresenta os sistemas de manipulação através da utilização de sistemas robóticos didáticos. Nesta etapa busca-se também mostrar que a boa especificação permite a flexibilidade do sistema, pois uma vez definida as tarefas a serem executadas pelo sistema robótico, este pode necessitar de um maior número de recursos computacionais para realizar o

controle das trajetórias, como é o caso do sistema didático, ou não, caso o sistema a ser utilizado seja um sistema industrial. A figura 6.3 apresenta as trajetórias ou ciclos a serem realizadas pelo sistema robótico na célula robotizada para lavagem e mistura de tintas da plataforma SIMTIA.

O Módulo 5 apresenta a integração dos elementos constituintes de cada posto de trabalho das plataformas didáticas e, por fim, a integração entre estes postos, permitindo desta forma a visualização por parte do aluno de que o processo de integração de sistemas pode ser feita somente localmente ou em todo o sistema.

O Módulo 6 apresenta um sistema de supervisão industrial, sua funcionalidade em um SA como elemento de controle do processo e a programação do mesmo. Além disto, são apresentadas as redes de comunicação utilizadas nas plataformas para a obtenção da integração e controle de todo o sistema.

### 6.3 TelEduc

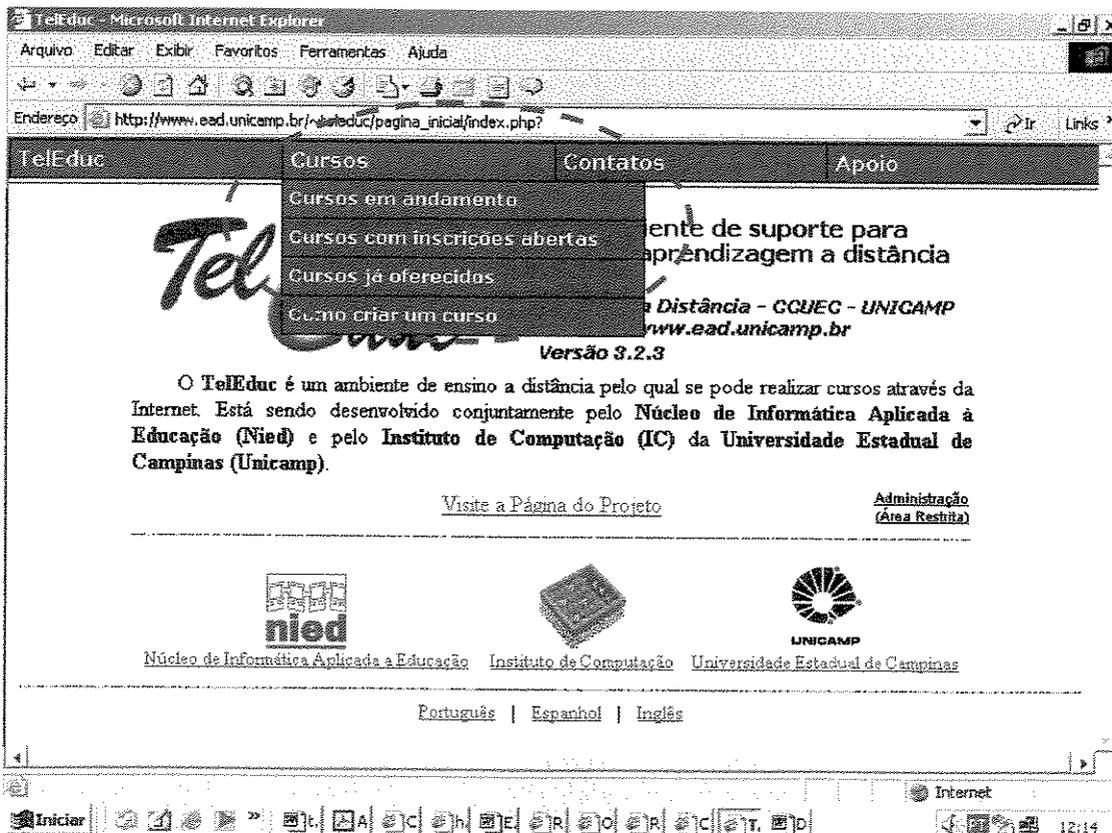


Figura 6.4 Tela de acesso ao Curso

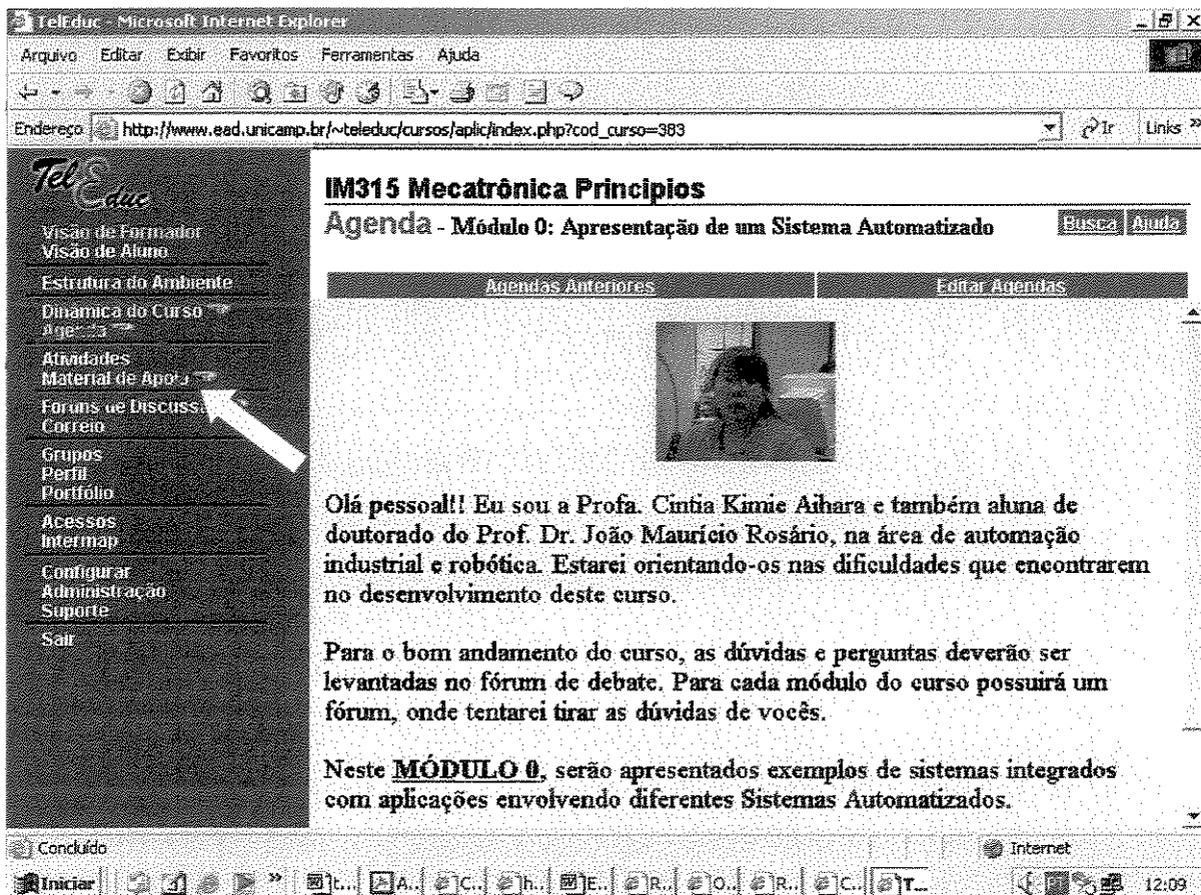


Figura 6.5 Tela Agenda

Nesta etapa, o usuário tem as instruções quanto às atividades a serem elaboradas e a apresentação do módulo de ensino iniciado, cabendo ao formador habilitar a Agenda. Desta forma, o formador disponibiliza ou indisponibiliza as atividades a serem desenvolvidas conforme o cronograma inicialmente estabelecido, permitindo um maior controle do andamento do curso. O formador também pode permitir que várias Agendas estejam disponíveis ao mesmo tempo, sendo que uma delas seja a predominante, ou seja, ao entrar no ambiente TelEduc, o usuário terá como tela inicial a Agenda escolhida.

Através da ferramenta “material de apoio” e “atividades” o usuário tem acesso ao material disponibilizado pelo formador para o desenvolvimento das atividades sugeridas. O servidor no qual se encontra instalado este ambiente pode limitar o tamanho do arquivo que o formador poderá disponibilizar. Por exemplo, o servidor utilizado na UNICAMP permite somente arquivos até 2 Mb, cabendo portanto ao formador desenvolver atividades de mídia dentro da

disponibilidade permitida. As figuras 6.6 e 6.7a, b e c mostram esta ferramenta e o material disponibilizado dentro deste ambiente.

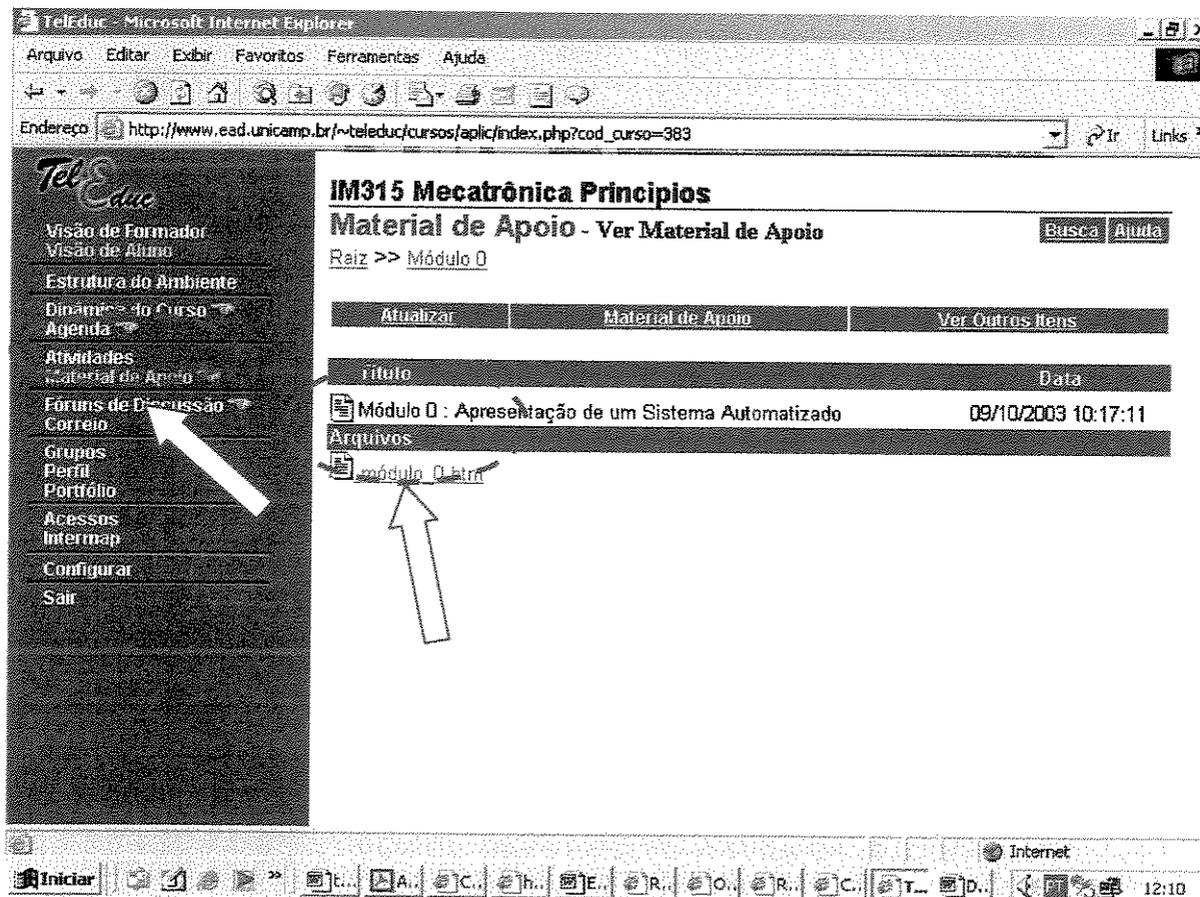


Figura 6.6 Material de apoio

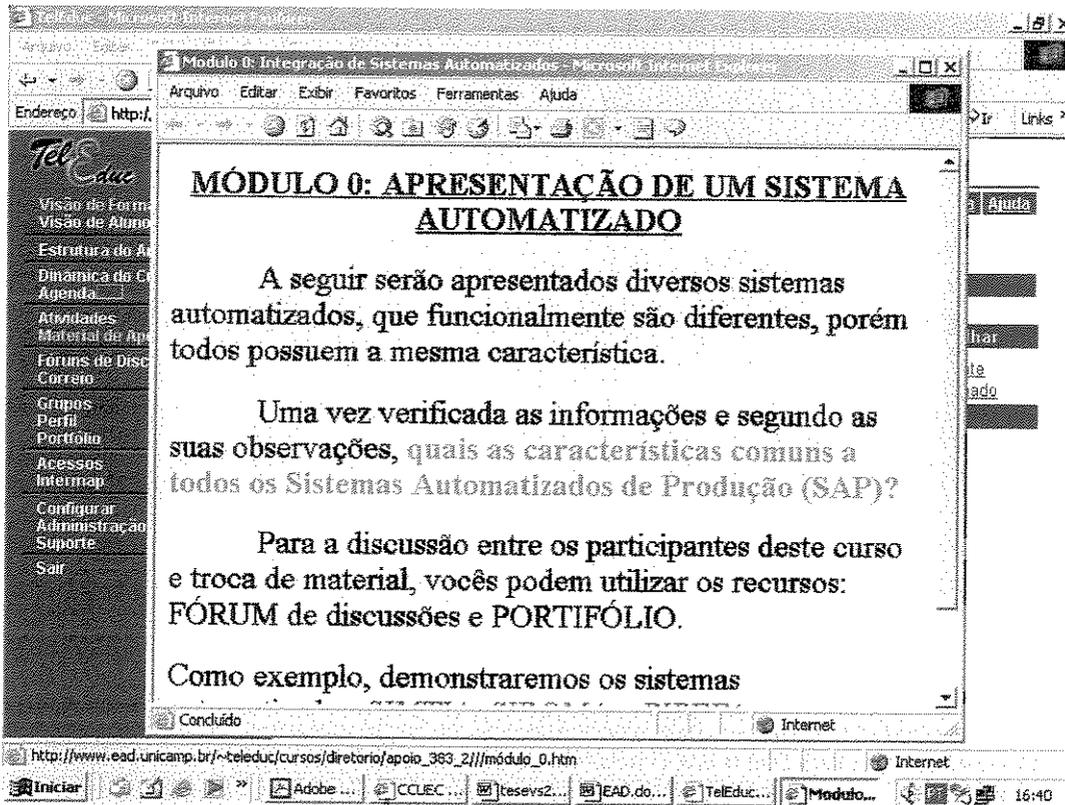


Figura 6.7a Material para aprendizagem

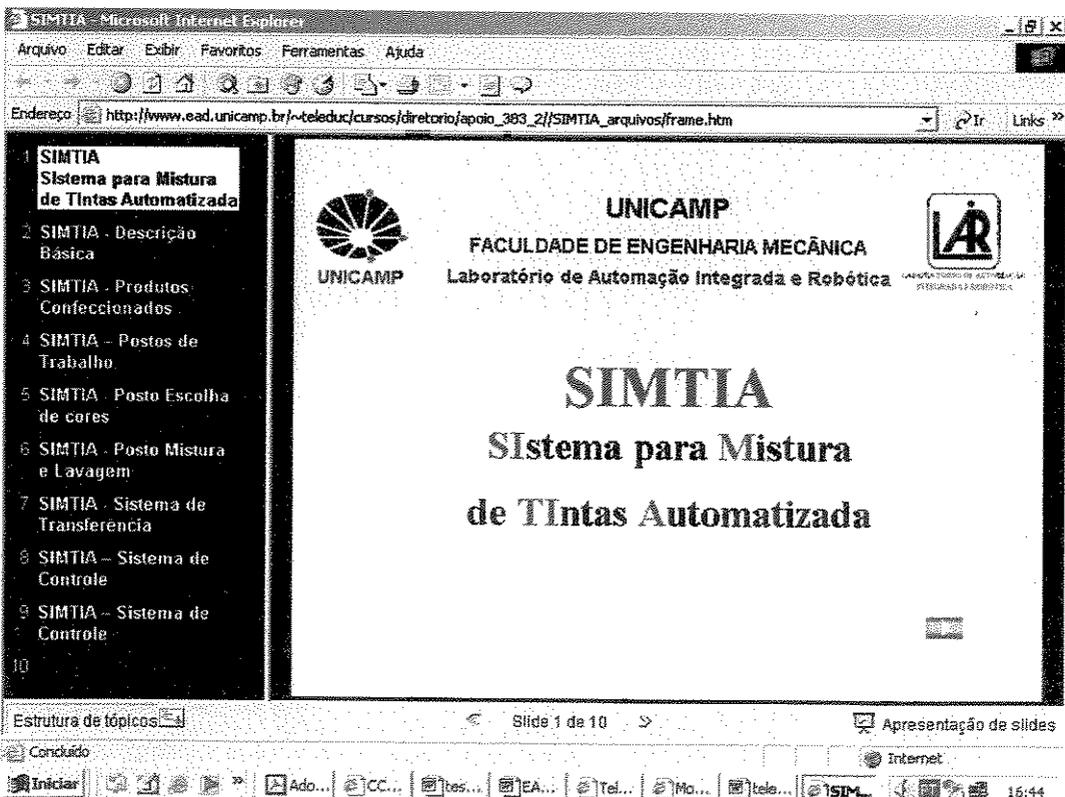


Figura 6.7b Material para aprendizagem

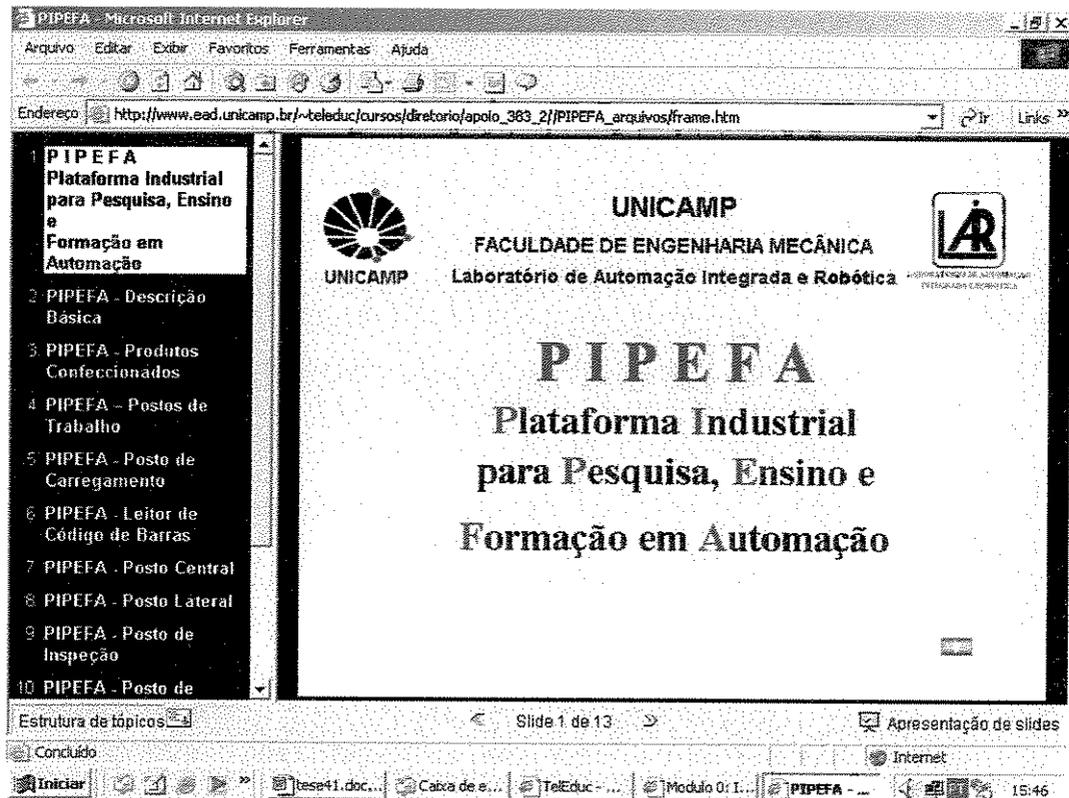


Figura 6.7c Material para aprendizagem

Através dos links existentes nas ferramentas acima mencionadas, o usuário terá acesso a todo o material disponibilizado pelo formador. Através deste material, o aluno realiza as atividades sugeridas. Uma das características do Ensino Mediado por Computador e do Ensino à Distância é a possibilidade de interação existente entre o usuário e o objeto de aprendizagem. Desta forma, a figura 6.8 mostra a tela contendo um vídeo de funcionamento da plataforma SIMTIA, disponibilizada para o usuário do ambiente de ensino.

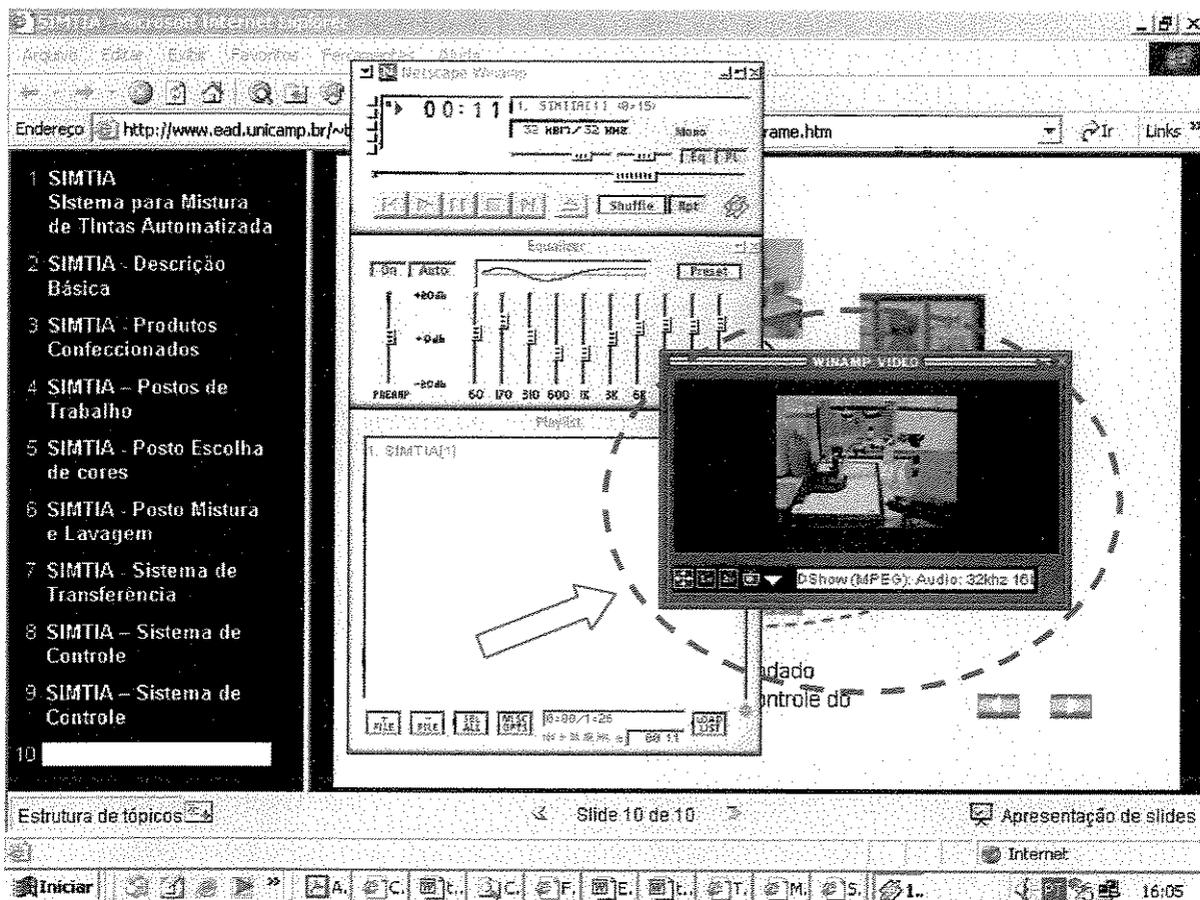


Figura 6.8 Material para aprendizagem - vídeo

Segundo Nascimento e Trompieri (2002), a utilização de comunicação assíncrona, permite a troca de informação e colaboração entre os participantes com o mesmo objetivo, permitindo aos mesmos o levantamento de dúvidas, o melhor momento para responder e flexibilidade. Desta forma, a troca de informações entre os participantes de um curso possibilita o compartilhamento de dúvidas e questionamento, resolução de questões e formação de novos conceitos.

Assim, para que o aluno possa interagir com os demais participantes, o fórum de discussões permite esta comunicação de forma assíncrona. Esta ferramenta está disponibilizada conforme mostra a figura 6.9, podendo o formador criar vários fóruns, um para cada módulo de ensino.

Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço http://www.ead.unicamp.br/~teleduc/cursos/aplic/index.php?cod\_curso=383

**IM315 Mecatrônica Princípios**  
**Fóruns de Discussão - Ver fórum** [Busca](#) [Ajuda](#)

Fórum *módulo 0*

Compor nova mensagem      Ordenar por: **avore**

Mensagens (1 a 8 de 8)

#	Título	Autor	Data
1.	<a href="#">Rápida análise do Módu...</a>	<a href="#">Paulo Luporini Pastore</a>	09/10/2003
2.	<a href="#">Sistema SAP</a>	<a href="#">Altair Adalto Leite</a>	12/10/2003
3.	<a href="#">Resposta do Fernando</a>	<a href="#">João Mauricio Rosário</a>	14/10/2003
4.	<a href="#">SAP - Sistemas Automat...</a>	<a href="#">Rodrigo Zottino</a>	23/10/2003
5.	<a href="#">Características observ...</a>	<a href="#">Francisco Rodrigues</a>	29/10/2003
6.	<a href="#">De passagem</a>	<a href="#">Paulo Luporini Pastore</a>	30/10/2003
7.	<a href="#">Re: De passagem</a>	<a href="#">Cintia Kimie Aihara</a>	12/11/2003
8.	<a href="#">Re: Re: De passagem</a>	<a href="#">Paulo Luporini Pastore</a>	25/11/2003

[Exibir todas](#)      [Retornar à lista de fóruns](#)

Internet 12:10

Figura 6.9 Fórum de discussão

Além da utilização desta ferramenta de comunicação assíncrona, o participante do curso tem a necessidade de interagir através da troca de material (arquivos) com os demais participantes. Isto é possível através do recurso Portfólio, conforme mostrado na figura 6.10.

Cada participante, inclusive o formador, possui seu próprio Portfólio, cabendo a cada um a permissão de compartilhamento dos arquivos inseridos ou não.

**IM315 Mecatrônica Princípios**  
**Portfólio - Portfólios Individuais** Busca Ajuda

Portfólios Individuais		Portfólios de Grupos	
Portfólio	Data	Itens	Itens não comentados
<a href="#">Portfólio de Cintia Kimie Aihara</a>	23/10/2003	0	0
<a href="#">Portfólio de Altair Adalto Leite</a>	12/10/2003	0	0
<a href="#">Portfólio de Andreza De Souza Alberto</a>	26/10/2003	0	0
<a href="#">Portfólio de Fernando Sarracini Jr</a>	10/10/2003	0	0
<a href="#">Portfólio de Francisco Rodrigues</a>	10/10/2003	0	0
<a href="#">Portfólio de Fábio Henrique Elias</a>	29/11/2003	0	0
<a href="#">Portfólio de João Mauricio Rosário</a>	09/10/2003	0	0
<a href="#">Portfólio de Paulo Luporini Pastore</a>	03/11/2003	1	1
<a href="#">Portfólio de Paulo Roberto Cury Salemao Filho</a>	09/10/2003	0	0

Figura 6.10 Portfólio

O conhecimento das etapas, metodologia e informações do curso, permite ao participante uma referência tanto em relação ao seu aproveitamento como para que o mesmo possa se situar diante do cronograma do curso. Para tanto, cabe ao formador ou desenvolvedor do curso disponibilizar estes dados aos participantes do mesmo. Para isto, o recurso Dinâmica de Curso permite que estas informações sejam disponibilizadas tanto para quem quer informações do curso sem participar, quanto para os participantes do curso propriamente dito. A figura 6.11 mostra a tela contendo estas informações.

TeEduc - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço http://www.ead.unicamp.br/~teleduc/cursos/aplic/index.php?cod\_curso=383

**IM315 Mecatrônica Princípios**  
Dinâmica do Curso

**Integração de Sistemas Automatizados**

• **Objetivo do curso:**

- Capacitar o aluno a compreender os elementos que integram um sistema automatizado de produção.
- Formação básica em Automação Industrial e Robótica
- Integração de Sistemas Automatizados

• **Metodologia:**

Este curso será estruturado em módulos, sendo que os módulos poderão estar subdivididos em unidades. Para o seu acompanhamento os módulos a serem desenvolvidos segue abaixo:

**Módulo 0: Apresentação de um Sistema Automatizado**

**Módulo 1: Descrição Básica dos Elementos de um Sistema Automatizado**

Grupos  
Perfil  
Portfólio  
Acessos  
Intermap  
Configurar  
Sair

Figura 6.11 Dinâmica do Curso

Outros recursos podem ser necessários para o melhor aproveitamento ou andamento do curso, uma vez que o mesmo é oferecido na forma de ensino semi-presencial. Dentre estas ferramentas, o recurso Grupo permite ao formador separar os participantes em grupos para o desenvolvimento de atividades ou não. A figura 6.12 mostra este recurso.

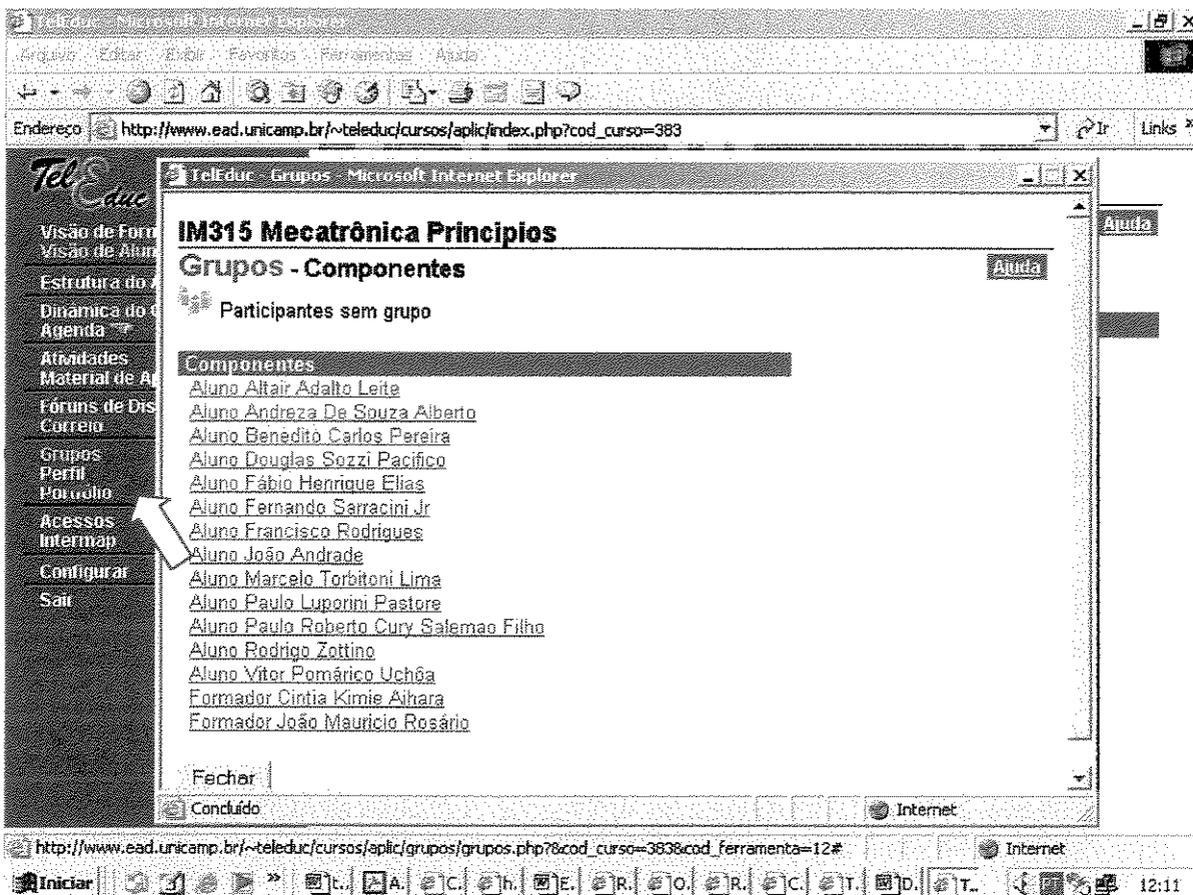


Figura 6.12 Grupos

Os recursos de nível tecnológico do ambiente de EAD utilizado devem estar disponíveis ao participante para que o mesmo possa localizar a funcionalidade de cada recurso disponível e a autorização de acesso a cada um deles. Desta forma, a figura 6.13 mostra o recurso Estrutura do Ambiente existente no ambiente TeleEduc.

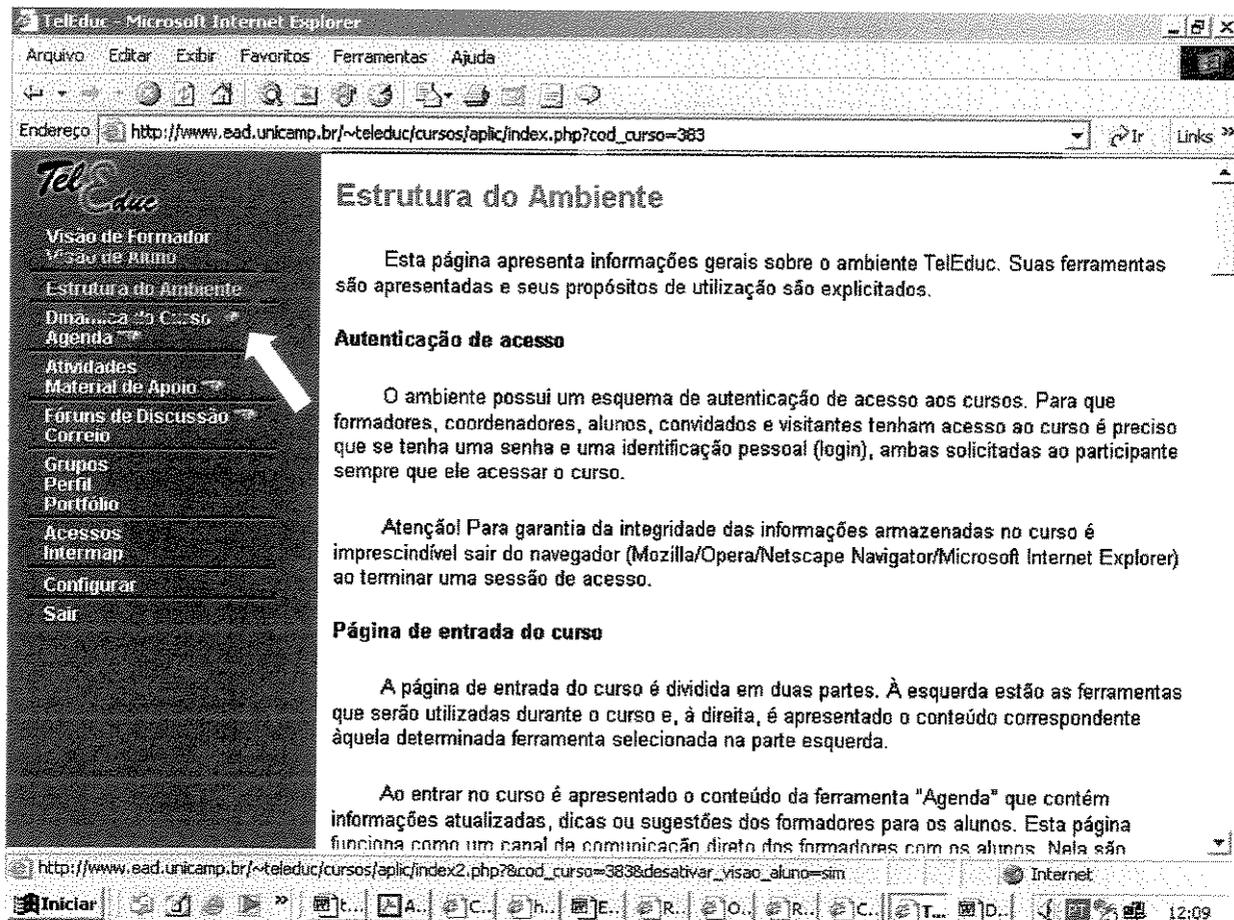


Figura 6.13 Estrutura do Ambiente

Ao se utilizar como forma de ensino o EAD, ou seja, não somente a utilização do recurso computacional mas também a forma de aprendizagem, nem sempre os participantes do curso encontram-se em locais geograficamente próximos. Sendo assim, o recurso Perfil, permite que os participantes possam se apresentar aos demais participantes. A figura 6.14 mostra este recurso.

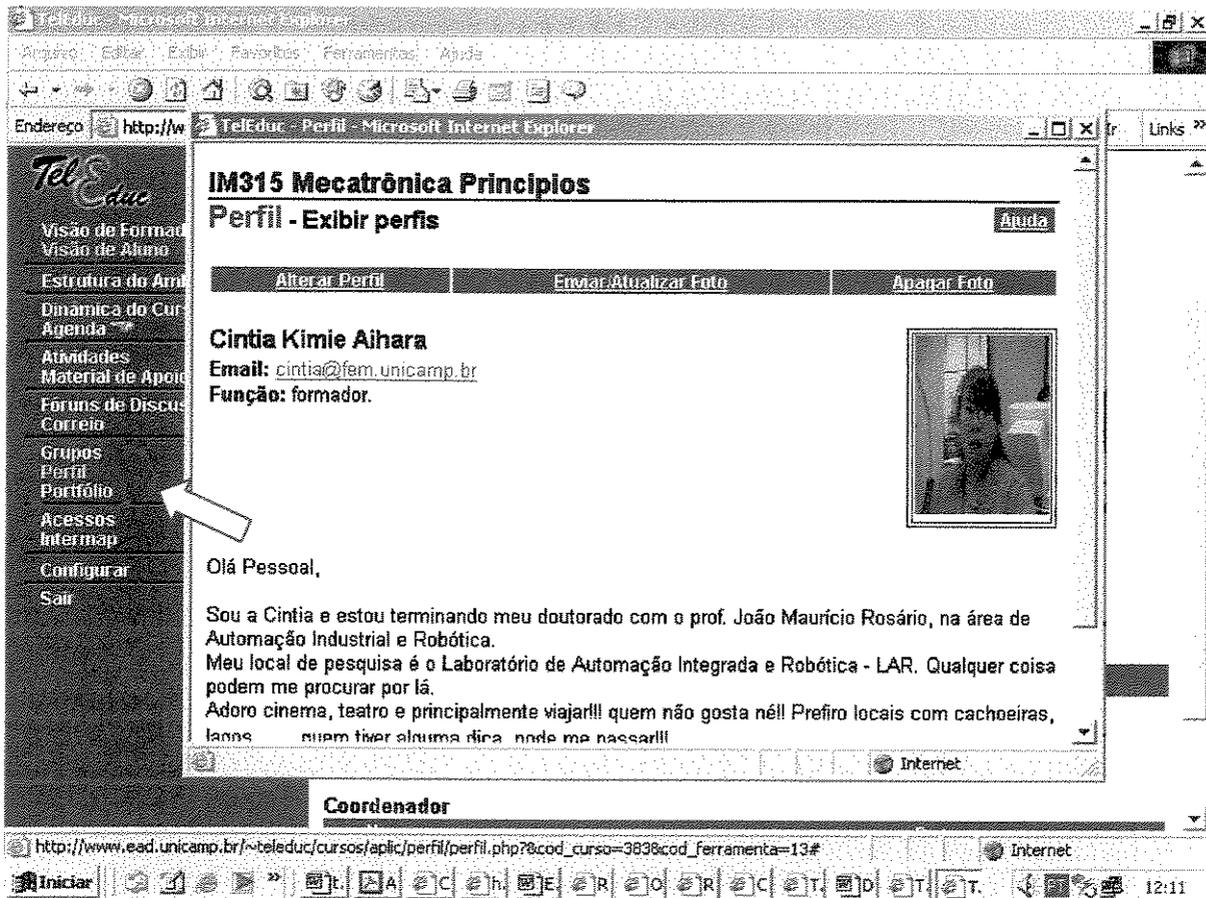


Figura 6.14 Perfil dos participantes

Ao se disponibilizar um curso na forma EAD, ou mesmo através do ensino semi-presencial, muitas vezes o formador necessita conhecer informações quanto aos acessos dos participantes do curso (quantidade, dia, hora). Estas informações podem ser utilizadas não só para conhecimento, mas também para a compreensão do formador do andamento e desenvolvimento das atividades. Para a obtenção destas informações o recurso Mapa de Acessos disponibiliza estas informações. A figura 6.15 apresenta este recurso.

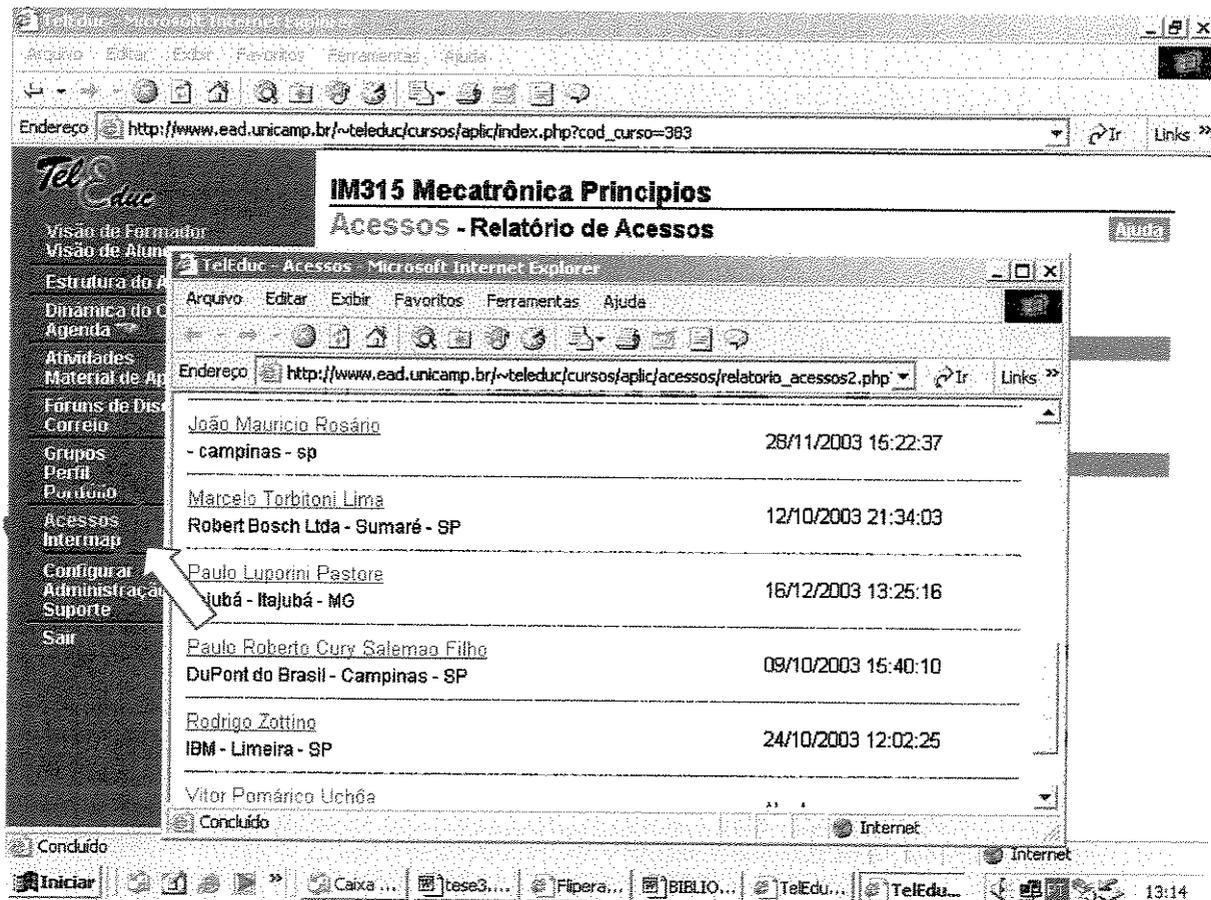


Figura 6.15 Mapa de Acessos

## 6.4 Laboratórios Virtuais

Através da evolução das Tecnologias da Informação e das Telecomunicações, a Internet passa a revolucionar a Ciência, a Economia e a Sociedade. Desta forma, a utilização de ambientes educacionais com recursos computacionais permite um maior acesso a novos conhecimentos de maneira mais rápida.

Segundo Traylot et al. (2003), a utilização de ambientes ou plataformas de ensino deve conter informações que possibilitem que o aprendiz evolua conforme seu ritmo e flexibilidade. Para tanto, estes ambientes devem promover a integração de conhecimentos, inovação e experiências para a resolução de pequenos problemas, além de motivar e melhorar a visualização da continuidade do aprendizado. A figura 6.16 ilustra as relações apresentadas.



Figura 6.16 Aspectos de um Ambiente de Ensino

Visando tais aspectos a utilização de laboratórios virtuais e a Internet passam a aliados no processo de aprendizagem.

Desta forma, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, através do programa TIDIA – Programa Tecnologia de Informação no Desenvolvimento da Internet Avançada viabiliza a formação de parcerias entre áreas acadêmicas, governamentais e empresariais do Estado. Além disto este programa incentiva o desenvolvimento de novas tecnologias, tanto nas áreas de hardware como de softwares e redes.

Desta forma, o desenvolvimento científico e tecnológico poderá trazer impactos sociais, entre elas no processo de aprendizagem. Com isto, um programa de Aprendizagem Eletrônica – TIDIA-Ae, objetiva a pesquisa e o desenvolvimento na área de Tecnologia da informação voltada para especificação, projeto e implantação de ferramentas aplicáveis à área de EAD.

O Projeto Kyatera está apoiado no TIDIA e este visa estabelecer uma rede de fibras ópticas interligando laboratórios de pesquisa, desenvolvimento e demonstração de tecnologias da

Internet. Dentre os objetivos deste projeto encontra-se o WebLab, ou seja, laboratório de acesso remoto.

O Laboratório de Automação Integrada e Robótica da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP, é um dos participantes deste projeto. Sendo assim, conforme comentado anteriormente, os laboratórios virtuais mostram-se como uma solução para a parte prática do processo de aprendizagem, pois oferecem a possibilidade de interagir, criar e/ou modificar o conteúdo disponível em um curso.

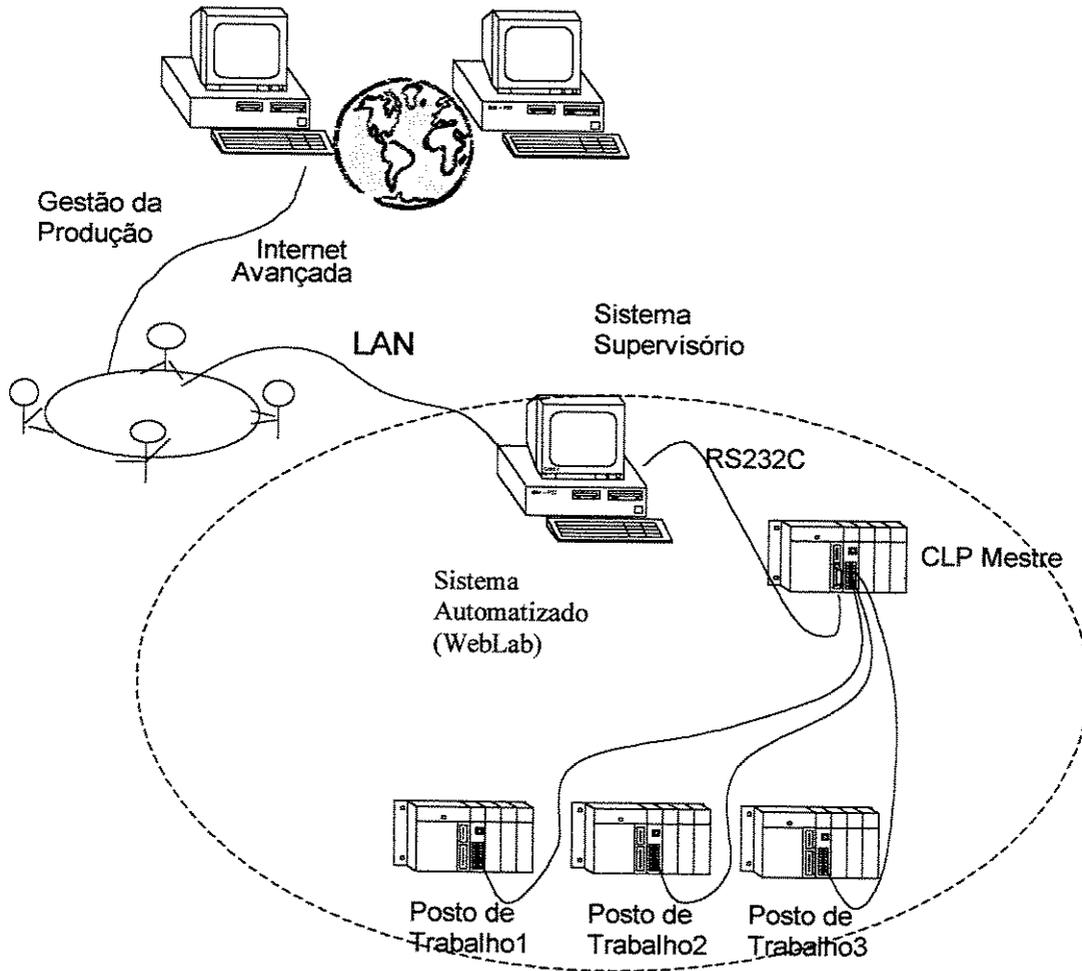


Figura 6.17 WebLab

A figura 6.17 mostra uma metodologia para disponibilização das plataformas didáticas no projeto Kyatera visando a utilização colaborativa entre os usuários da rede. Com isto, permite-se a capacitação na área através de experimentos remotos e/ou virtuais.

## 6.5 Implementação do ambiente e verificação da aprendizagem

Este ambiente foi disponibilizado a 20 alunos do curso de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica e 35 alunos da terceira série do curso técnico em Mecânica. Verifica-se que a implementação do ambiente contendo os 6 módulos de aprendizagem proposto, concomitante ao sistema de ensino semi-presencial pode ser considerada muito boa, trazendo grandes vantagens para o processo de aprendizagem, pois através dos encontros presenciais é possível fornecer suporte técnico e pedagógico para uma melhor organização das idéias e conhecimentos desenvolvidos, ao mesmo tempo que a disponibilização do material de aprendizagem através de um ambiente de EAD, permite a flexibilidade e a individualidade de cada aluno, garantindo desta forma um maior aproveitamento do conteúdo fornecido.

Verificou-se através de relatórios e/ou avaliações que para 100% dos alunos o aproveitamento do conteúdo fornecido através do método proposto permitiu uma maior rapidez na compreensão e aprendizagem em relação ao método tradicional utilizado até o momento anterior.

A tabela 6.2 apresenta a comparação de algumas características entre a forma tradicional de ensino e o ambiente proposto.

Tabela 6.2 – Comparação – Tradicional x Proposto

Característica	Tradicional	Proposto
Rapidez de compreensão	Menor	Maior
Abstração	Menor	Maior
Aproveitamento do conteúdo	Menor	Maior
Interação entre aluno/aluno e professor/aluno	Maior	Menor
Desenvolvimento de conhecimento mínimo necessário para aprovação	80%	95%

Verificou-se que a utilização de um laboratório virtual que simulasse uma situação real de fábrica para alunos do nível técnico, suscitou o interesse pelo aspecto profissional futuro.

Verificou-se também que a autonomia e flexibilidade gerada através das ferramentas de TIC e EAD necessitaram maior responsabilidade e autocontrole por parte dos alunos para a execução das tarefas propostas.

## 6.6 Conclusão

Neste capítulo foi apresentado um ambiente, ou metodologia, para o ensino de automação utilizando-se ferramentas de ensino à distância como o TelEduc. A estruturação do ambiente permite que a capacitação seja realizada em módulos de forma a permitir o conhecimento somente de um determinado assunto de cada vez. A utilização de sistemas didáticos permite uma maior integração entre a aprendizagem teórica e a prática, tornando-se desta forma uma aprendizagem mais agradável.

A utilização de módulos de ensino para a compreensão de um SA, demonstrou que no nível de pós-graduação verifica-se uma maior valorização quanto ao formalismo na estruturação, especificação e modelagem, e no nível técnico nos elementos da parte operativa e sua integração final.

Desta mesma forma, a utilização de plataformas didáticas na forma de laboratórios virtuais possibilita uma maior compreensão dos SA e a integração necessária entre os diversos elementos que constituem estes sistemas, assim como a necessidade de formalismo na estruturação, especificação e modelagem das mesmas, através da utilização de linguagens gráficas como o GRAFCET e as RdP. Através destes laboratórios verifica-se também que a utilização de interação com o aluno somente através de vídeo não satisfaz as necessidades do mesmo, pois os mesmos sentem a necessidade de atuar sobre o sistema automatizado, através de determinação de tarefas.

Através de programas e projetos subsidiados por órgãos de fomento que visem o desenvolvimento de novas tecnologias e ferramentas para a educação mediada por computador, verifica-se a possibilidade e necessidade de expansão deste ambiente de ensino.

## **Capítulo 7**

### **Conclusões e Perspectivas Futuras**

#### **7.1 Conclusões Gerais**

A presença de tecnologia de informação e comunicação nos processos educacionais é cada vez mais notória, seja na condição de veículos principais ou de recursos complementares. Com o surgimento de computadores cada vez mais poderosos, o desenvolvimento de software para utilização no ensino torna-se cada vez mais sofisticado.

As dificuldades de utilização, decorrentes de um conhecimento ainda em estágio precário - tanto a respeito das características pedagógicas desses meios, quanto das maneiras mais adequadas de empregá-los, assim como os obstáculos referentes à operação dos sistemas pelos usuários não iniciados, são dificuldades próprias a toda e qualquer situação nova, e é este o estágio atual de discussão sobre as tecnologias da comunicação e informação e as possibilidades e entraves para a sua utilização pedagógica (Quartiero, 2000).

A Educação Técnica como definida pela Enciclopédia Britânica (1964) é a instrução em ciências e habilidades requeridas para a prática de ofícios ou profissões, especialmente aquelas que envolvem o uso de maquinaria ou equipamentos científicos. Dentro desta concepção, esta qualificação está relacionada à formação de engenheiros e técnicos de nível médio.

Porém, tendo em vista a diversidade de conceitos em torno da educação técnica, a Organização Internacional do Trabalho definiu: “Educação Técnica designa a área do sistema

educacional de um país que, sob a responsabilidade de desenvolver o processo de formação de jovens, particularizando os aspectos pedagógicos de sua adequada preparação para o trabalho produtivo”.

Desta forma a educação técnica visa dar a formação geral e tecnológica às pessoas interessadas, seja como formação para o nível médio, superior ou somente como aprimoramento profissional.

Como ao se falar em métodos atuais de ensino, pensa-se em informática, na área do ensino técnico, verifica-se a necessidade do desenvolvimento de métodos de ensino mediado por computador.

O professor da área técnica possui uma posição relevante na formação do indivíduo, tanto como profissional como cidadão, pois não transmite apenas conhecimento, mas aproxima-o da realidade do mercado de trabalho.

A utilização de experiências pertinentes ao futuro mercado de trabalho do aluno estimula-o na busca de conhecimentos teóricos e práticos possibilitando-lhe a aprendizagem. Tais experiências podem ser transmitidas de forma mais agradável através da utilização de recursos de comunicação mediada por computador.

Desta forma, a tecnologia de informação e comunicação, principalmente a Internet, possibilita uma forma de motivação no processo de aprendizagem das áreas de conhecimento que permeiam o ensino técnico. Com isto, para o desenvolvimento de um ambiente para capacitação e pesquisa em automação industrial, torna-se necessária a utilização de tais recursos. Além da internet, através da utilização de ambientes para EAD, a utilização de plataformas didáticas que simulam situações reais dos sistemas automatizados de produção, permite a visualização e, conseqüentemente, a formação de conceitos científicos através de experientos reais, possibilitando desta forma desenvolver o conhecimento na área sugerida através da resolução de pequenos problemas.

A utilização de plataformas reais como laboratórios virtuais mostra-se eficaz, na medida em que permite uma maior interação entre o objeto a ser estudado e o aluno. Porém interações

visando a simulação de processos industriais nestas plataformas mostradas somente através de vídeo mostraram-se insuficientes para o anseio dos alunos, sendo necessário, posteriormente, a implementação de recursos que permitam o aluno interferir neste processo de simulação e visualizar este fato.

A definição de uma metodologia para atingir o objetivo de capacitar pessoas na área da automação mostra-se extremamente importante e difícil, pois uma má escolha da mesma pode-se tornar frustrante tanto para o formador quanto para o aluno. Assim, a utilização de módulos de ensino que possibilitam a capacitação e formação de novas habilidades a cada etapa cumprida mostra-se interessante, pois desta forma pode-se permitir a evolução da aprendizagem de forma individualizada, podendo-se retornar os assuntos ou não.

A utilização de ambiente de EAD para a disponibilização de conteúdos para capacitação permitiu evidenciar a flexibilidade e individualidade de cada aluno, além de ser fator motivacional para alunos da área tecnológica.

Porém, para a utilização de recursos computacionais verifica-se a necessidade de inicialmente estabelecer os recursos computacionais necessários, tanto em nível de hardware quanto de software para o acompanhamento do curso, recursos nem sempre disponíveis para todos, pois o não bom funcionamento do ambiente em função desta falta de recurso torna-se desmotivante.

Verifica-se também, através dos programas e projetos subsidiados pelos órgãos de fomento e de grupos de pesquisadores na área de automação e manufatura, a necessidade de metodologias para capacitação na área, através da necessidade de desenvolvimento de laboratórios virtuais ou weblabs.

## **7.2 Perspectivas Futuras**

Todos os recursos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho de doutoramento, por estarem envolvidos com a área de automação industrial, que por sua vez está em constante evolução, requerem o conhecimento multidisciplinar reunindo informações e conhecimento de diferentes áreas. A tendência destes recurso é que haja a inclusão de novos conhecimentos pois

uma das características destes elementos é a capacidade de incorporação de técnicas e tecnologias.

Portanto, como trabalhos futuros, tem-se a implantação de um Sistema de Supervisão e Controle, utilizando-se métodos de comunicação de chão de fábrica, sendo responsável pela aquisição de dados do CLP para o computador, pela organização, utilização e gerenciamento dos dados. Quanto a algumas sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros, propõem-se:

- Desenvolvimento de novas metodologias semelhante para implementação de outros módulos educacionais com novos aplicativos;
- Implementação das plataformas existentes em redes de comunicação de alta velocidade;
- Disponibilização dos recursos desenvolvidos para comunidades externas.

## Referências Bibliográficas

Acar, M. Mechatronics Engineering Education in the UK. In: Joint Hungarian British International Mechatronics Conference, 1994, Budapeste. *Proceedings...* Budapest: Computational Mechatronics Publ., 1994, p 763- 769.

Adam, Nabil R., Dogramaci, Ali., Current issues in computer simulation. New York : Academic, 1979. 292 p.

Aihara, C. K., *Projeto e Implantação de Plataforma Didática aplicada ao Ensino e Pesquisa em Automação*, Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2000, 104p. Tese (Mestrado).

Aihara, C. K., Cosso, S. G., Saramago, M. A. P. Rosário, J. M. Desenvolvimento de Aplicativos para Monitoramento de Variáveis de Controle de Processos Industriais. In: *Aplicon 2001*, EEUSP São Carlos, Julho 2001.

Aihara, C. K., Rosário, J.M., Desenvolvimento de Metodologias Aplicadas ao Ensino e Pesquisa em Automação, In: *World Congress on Engineering and Technology Education, WCETE2004*, Santos, São Paulo, Março 2004.

Aihara, C. K., Rosário, J. M., A Methodology Proposal For Teaching And Research In Automation Using Computer Mediatededucation Tool, In: *11th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing INCOM2004*, Salvador, Brazil, Abril 2004.

Araujo, Emerson dos Santos, Modelagem e Descrição da Parte Comando de um Sistema Automatizado de Produção utilizando o GRAFCET - Aplicado à uma Plataforma Industrial em Automação. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1997, 91 p. Tese (Mestrado).

Battesini, M., Sistemas Produtivos, Disponível em: [www.producao.ufrgs.br/webgrad/ENG09014/SP\\_II\\_C1.pdf](http://www.producao.ufrgs.br/webgrad/ENG09014/SP_II_C1.pdf). Acessado em novembro de 2003.

Bosnardo, R. C., Um sistema de videoconferência par educação à distância baseado em padrões abertos. Dissertação de mestrado. UNICAMP. Faculdade de Engenharia Elétrica, 2001.

Brams G. W. Réseaux de Petri: “Théorie et pratique, tomos 1 et 2, Masson Editions, 1983.

Cardoso, Janete, Valette, Robert, Redes de Petri, Florianópolis: Editora da UFSC, 1997, 212 p.

Cassandras, Christos G., Discrete event systems: modeling and performance analysis. Burr Ridge : Irwin, 1993, 790p.

Cosso, S. G., Integração de Ferramentas de Automação direcionadas à Aplicações de Telerobótica - Implementação de um Sistema de Supervisão e Controle num Sistema Teleoperado, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2002. 134p. Tese (Mestrado).

Coriat, B., Automação Microeletrônica e Competitividade: Tendências no Cenário Internacional. In, *Automação, Competitividade e Trabalho: A Experiência Internacional*. Schmitz, H. & Carvalho, R. Q., Humanismo, Ciência e Tecnologia “Hucitec”, São Paulo, 1988.

D’Abreu, J. V. V., Integração de Dispositivos Mecatrônicos para Ensino-Aprendizagem de Conceitos na Área de Automação, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2002. Tese (Doutorado).

D'Abreu, João Vilhete Viegas, Construção de um Traçador Gráfico para fins Educacionais, Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação , Universidade Estadual de Campinas, 1994. Tese (Mestrado).

Damáσιο, D. Tecnologia Educacional. Disponível em: [http://www.superobra.com.br/admin/news.asp?ID\\_New=1180&Pag=all\\_news.asp&ID\\_Sessao\\_New=1&ID\\_ANew=11](http://www.superobra.com.br/admin/news.asp?ID_New=1180&Pag=all_news.asp&ID_Sessao_New=1&ID_ANew=11). Acessado em: Outubro de 2004.

Daumas, M., Las grandes Etapas Del Progreso Técnico. Fondo de Cultura Económica, p. 63-123, México, 1983.

Demongodin, I., Koussoulas, N. T., Differential Petri Nets: Representing Continuous Systems in a Discret-Event World. IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 43, n. 4, pp 573-579., 1998

Eby, F. História da Educação moderna. 2. ed, Porto Alegre: Globo, 1976.

Ferreira, Edson P., *Robótica Básica Modelagem de Robôs*, R. Vieira Gráfica e Editora Ltda. Versão Preliminar Publicada para a V Escola Brasileiro-Argentina de Informática, Rio de Janeiro, 1991.

Frigotto, G., As mudanças tecnológicas e Educação da Classe Trabalhadora: Politécnia, Polivalência ou Qualificação Profissional?, In: Trabalho e Educação, p. 45-52, Papirus, Campinas, SP, 1992.

Groover, M., et al. Robótica: Tecnologia e Programação. McGraw-Hill, São Paulo, 1988.

Groover, Mikell P. *Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing* USA: Prentice-Hall International, Inc., 1987, 808 p.

- Guimarães, E. et al. Real: A Virtual Laboratory for Mobile Robot Experiments, IEEE Transactions on Education, vol. 46 n.1 February, 2003.
- Hartley, S. et al. Enhancing teaching using the Internet: report of the working group on the World Wide Web as an interactive teaching resource. In: Conference on Integrating Technology into computer Science Education, Barcelona, 1996. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/237466.237649>. Acessado em agosto de 2002.
- Heer, D., Traylor, R.L., et al. Enhancing the Freshman and Sophomore ECE Student Experience Using a Platform for Learning<sup>TM</sup>. In: IEEE Transactions on Education, vol 46, n. 4, p. 434-446, novembro 2003.
- Huber P., Jensen K., Shapiro R. M.; "Hierarchies in Coloured Petri Nets"; In: G. Rozenberg (ed.); Advances in Petri Nets 1990; Lecture Notes in Computer Science, vol. 483, Springer, 1990, pp. 313-341 e em "High-level Petri Nets - Theory and Application"; K. Jensen, G. Rozenberg (Eds.); Springer-Verlag; 1991; pp. 215-243
- Jensen, K. An Introduction to the Practical Use of Coloured Petri Nets. In: Lecture Notes on Computer Science n. 1492, p. 237-292, 1998. Disponível em: [http://www.daimi.au.dk/~kjensen/papers\\_books/rec\\_papers\\_books.html](http://www.daimi.au.dk/~kjensen/papers_books/rec_papers_books.html) Acessado em fevereiro de 2003.
- LDB, Decreto no.2494 de 10 de fevereiro de 1998. Regulamenta o Art. 80 da LDB (Lei no. 9394/96). Disponível em: [http://www.mec.gov.br/sesu/ftp/dec\\_2494.doc](http://www.mec.gov.br/sesu/ftp/dec_2494.doc). Acessado em 2000.
- Lepkison, H.A., Qualidade da Manufatura Assegurada por Computador, In: Manufatura Integrada por Computador: Contexto, Tendências Técnicas, org. Marília Markus & Pyrano P. Costa Junior, Fundação CEFETMINAS, Belo Horizonte, 1995.
- Loyolla, W., Prates, M., Educação a Distância Mediada por Computador (EDMC) – Uma Proposta Pedagógica, Revista Brasileira de Educação a Distância, v.5, n.29, p. 3-18, 1998.

Machado, S.R.L. Mudanças tecnológicas da classe trabalhadora, in Trabalho e Educação, Campinas, p. 9-25. Papyrus, 1992.

Manacorda, M. A., História da Educação, 3 ed. São Paulo, Cortez, 1992.

Matos filho, M. V., Santos, W. R., Redes de Petri. Disponível em: [http://www.unigran.br/biblioteca/producao intelectual/rede\\_de\\_petri.pdf](http://www.unigran.br/biblioteca/producao intelectual/rede_de_petri.pdf) . Acesso em 2004.

Melo, J.J.L, Sobreira P.L., Petri Net. Disponível em: <http://www.jameson.hpg.ig.com.br/introd.html>, Acessado em agosto de 2003.

Meneghel, L., Desenvolvimento de Laboratórios Virtuais para o ensino fundamental e o ensino superior., Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, 2003. Tese (Mestrado).

Moore, M.G., Kearsley, G., Distance Education: a system view. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1996.

Moore, M. G. Theory of transactional distance. In: KEEGAN, D. (ed) Theoretical principles of distance education. London and New York: Routledge, 1998.

Morcelli, João Carlos de Moraes, Simulador Seqüencial de sistemas de Filas. Disponível em: <http://www.inf.pucpcaldas.br/~morselli/> , Acessado em Agosto de 2004.

Monroe, P., História da Educação, 9 ed. São Paulo, Companhia Editora Nacional, 1970.

Murata, T. Petri Nets: Properties, Analysis and Applications; Proceedings of the IEEE, vol. 77, nº 4, Abril 1989, pp. 541-580.

Nascimento, R. B., Trompieri Filho, N., Correio Eletrônico como recurso didático no ensino superior – o caso da Universidade Federal do Ceará, In: Ccia da Informação v.31, n.2, p.86-97, maio/agosto de 2002.

Nélis, J., Laloup, J. Homens e máquinas, Herder, São Paulo, 1965.

Nunes, I.B., Noções de educação a distancia. Disponível em: <http://www.intelecto.net/ead/ivoniol.html> . Acesso em 2002.

O'Brien, As Máquinas, Livraria José Olympio Editora, Rio de Janeiro, 1964.

Otsuka, J.L., Fatores determinantes na efetividade de ferramentas de comunicação mediada por computador no ensino à distância. 1996. Trabalho de conclusão de curso. INSTITUTO DE Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <http://penta2.ufrgs.br/pesquisa/joice/joice.ti.html>. Acessado em agosto de 1998.

Peters, O., Didática do Ensino à Distância, São Leopoldo, editora Unisinos, 2001.

Peterson, J. L. Petri Net Theory and the Modeling of Systems; Prentice-Hall, Inc.; 1981

Queiroz, L. R. Um laboratório virtual de robótica e visão computacional. Campinas, Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas, 1998. Tese (Mestrado).

Quartiero, E.M., As tecnologias da informação e comunicação e a educação. Revista Brasileira de Informática na Educação, n.4, junho de 2000. Disponível em: [http://www.inf.ufsc.br/sbc\\_ie/revista/nr4/](http://www.inf.ufsc.br/sbc_ie/revista/nr4/)

Queiroz, L.R., Um Laboratório Virtual de robótica e visão computacional, Dissertação de Mestrado, UNICAMP, Instituto de Computação, Campinas, 1998.

Ramadge, P. J. Wonham, W.M. "The Control of Discrete Event Systems. Proceedings of the IEEE, v. 77, n. 1, 1989

Rezende, F., Tecnologia e Educação, Curso de Pós-Graduação em Docência do Ensino Superior, UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

Rosário, J. M. Princípios de Mecatrônica, São Paulo: Pratices Hall, 2004

Rossi, W. G. Capitalismo e educação. 2 ed. São Paulo, Moraes, 1980.

Saramago, M. P. A., Integração de dispositivos inteligentes utilizando conceitos de domotica direcionados a automação hospitalar, Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2002, 224p. Tese (Doutorado).

Segnini, L. R. P., Controle e Resistência nas Formas de uso das Forças de Trabalho em Diferentes Bases Técnicas e sua relação com a Educação, In: Trabalho e Educação, p.59-68. Campinas, Papyrus, 1992

Silva Junior, E. N. et al., Novas tecnologias para educação no Amazonas. In: Congresso da Rede Iberoamericana de informática educativa Laboratório de Tecnologias Cognitivas, 1998, Brasília. Disponível em: <http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie98/205.html>. Acesso em 2000

Silveira, P. R., Santos, W. E., Automação e Controle Discreto, São Paulo, Érica, 2ª. edição, 1998, 229p.

Soares, Luiz Fernando Gomes, Modelagem e Simulação Discreta. São Paulo, IME\_USP, 1992, 254p.

Timm, A., Pequenã historia de la tecnologia. Madrid, Ediciones Guadarrama, 1971.

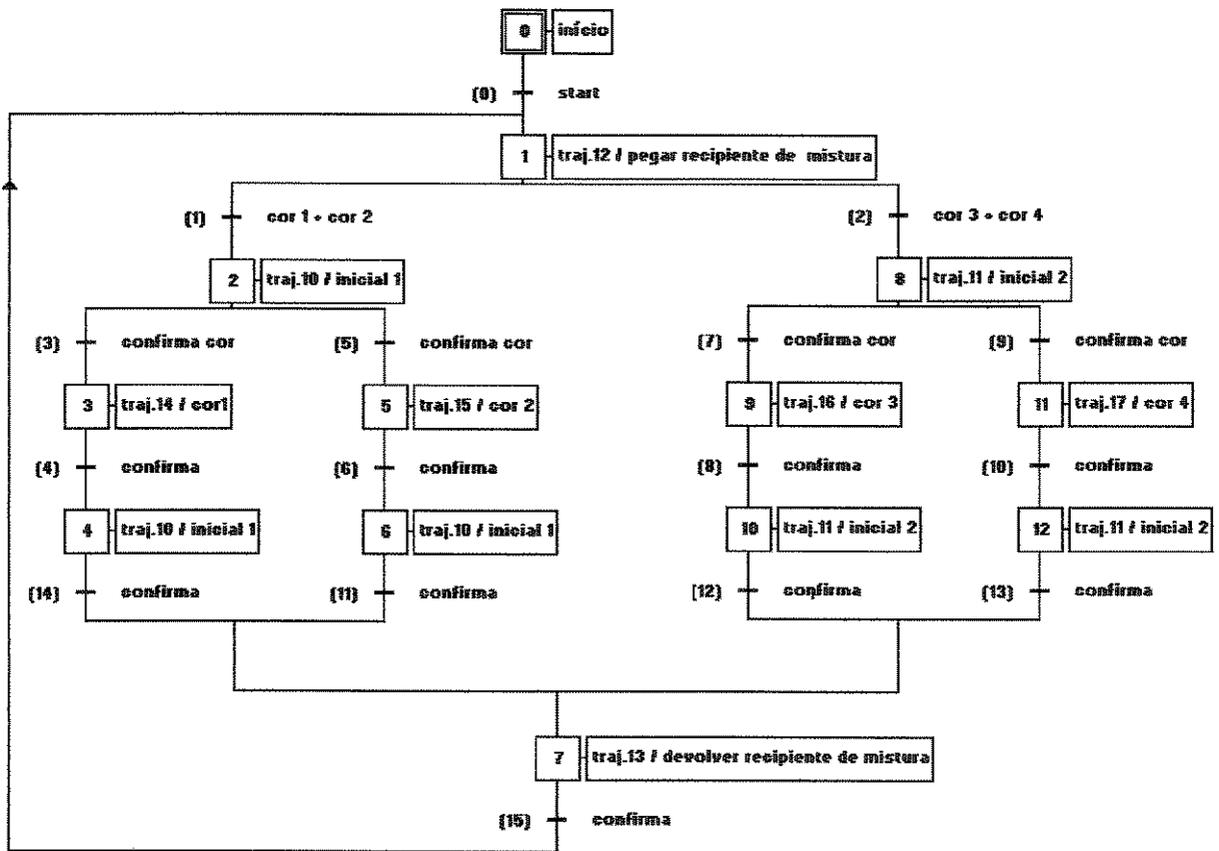
Traylot, R. L., Heer, D., Fiez, T. S., Using an Integrated Platform for Learning™ to Reinvent Engineering Education, In: IEEE Transactions on Education, vol 46, n. 4, p. 409-419, novembro 2003.

Vargas, M., Educação Tecnológica: Desafios e Perspectivas, org. Mirian P.S.Z. Grinspun, p. 3-14, Editora Cortez, São Paulo, 1999

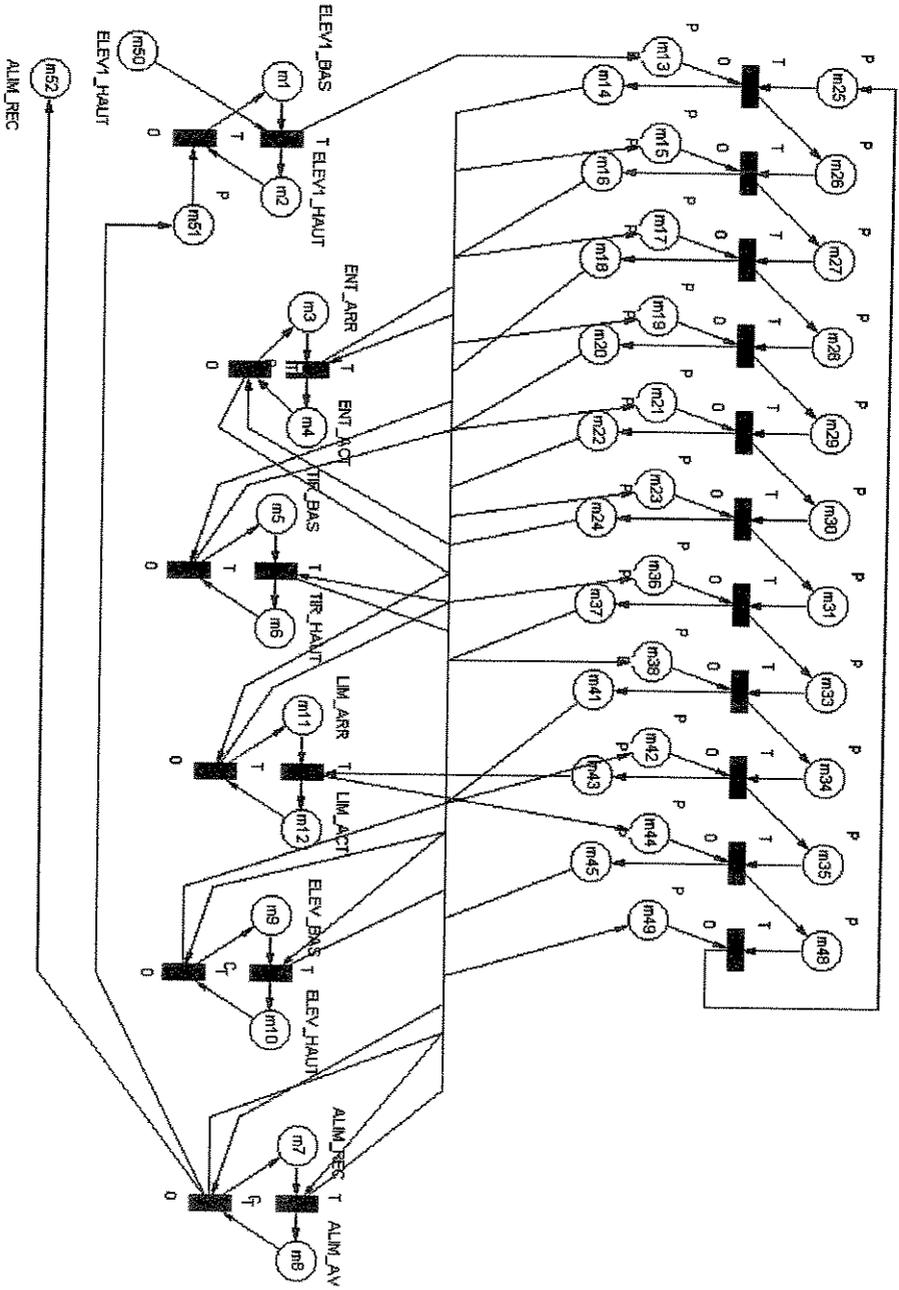
Vygotsky, L. S., Pensamento e Linguagem, Martins Fontes, São Paulo, 1991.

White, M. A., Ensino à Distância. Disponível em:  
[www.penta2.ufrgs.br/edu/telelab/pavani/fundamen.htm](http://www.penta2.ufrgs.br/edu/telelab/pavani/fundamen.htm). Acessado em agosto de 2002.

## Anexos



GRAFCET das trajetórias do sistema robótico na célula robotizada para escolha de tintas da plataforma SIMTIA



Unch/Maped Time: 0 Elements: 70

### Redes de Petri do Posto de Carregamento da Plataforma PIPEFA