

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Marcos Corrêa de
Carvalho E APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 25 / 09 / 2009
João Maurício Rosário
ORIENTADOR

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

Proposta de Metodologia para Integração de Sistemas de Automação Predial

Autor: Marcos Corrêa de Carvalho
Orientador: Prof. Dr. João Maurício Rosário

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

Proposta de Metodologia para Integração de Sistemas de Automação Predial

Autor: Marcos Corrêa de Carvalho

Orientador: Prof. Dr. João Maurício Rosário

Curso: Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Mecânica dos Sólidos e Projetos Mecânicos

Dissertação de mestrado acadêmico apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Campinas, 2009

S.P. - Brasil

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

C253p Carvalho, Marcos Corrêa de
Proposta de metodologia para integração de sistemas
de automação predial / Marcos Corrêa de Carvalho. --
Campinas, SP: [156p.], 2009.

Orientador: João Maurício Rosário.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Edifícios inteligentes. 2. Edifícios - Automação.
3. Construção modular. I. Rosário, João Maurício. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: Methodology Proposal for Integrating Building Automation
Systems

Palavras-chave em Inglês: Intelligent building, Automation building, Modular
systems, Integration and Control

Área de concentração: Mecânica dos Sólidos e Projeto Mecânico

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: Humberto Ferasoli Filho, Antônio Batocchio

Data da defesa: 25/09/2009

Programa de Pós Graduação: Engenharia Mecânica

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

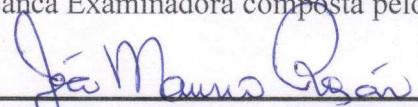
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Proposta de Metodologia para Integração de
Sistemas de Automação Predial**

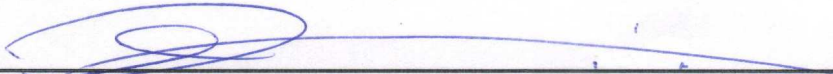
Autor: Marcos Corrêa de Carvalho

Orientador: Prof. Dr. João Maurício Rosário

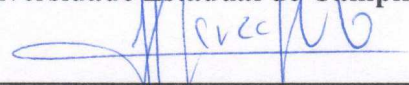
A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Tese:



Prof. Dr. João Maurício Rosário, Presidente
Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. Antonio Batocchio
Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. Humberto Ferasoli
UNESP - Bauru

Campinas, 25 de Setembro de 2009

Dedicatória:

Dedico este trabalho à minha esposa Michele, que soube compreender e apoiar, dispensando tempo precioso de nosso convívio para o desenvolvimento deste trabalho.

A minha família por todo o apoio, incentivo, exemplo de desenvolvimento pessoal e profissional que proporcionaram uma visão de produção baseada em muito trabalho e dedicação.

Agradecimentos

Ao meu orientador Professor Dr. João Maurício Rosário, pela amizade, confiança, dedicação e por acreditar no desenvolvimento desse trabalho.

Ao Programa e Colegas de Pós Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas pelo apoio e incentivo.

A Capes pela bolsa de estudos que possibilitou a minha total dedicação ao desenvolvimento desta pesquisa.

A todos os profissionais que participaram desta pesquisa e que de uma maneira ou outra contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos os meus amigos que me ajudaram a crescer e sempre estiveram ao meu lado.

Resumo

CARVALHO, Marcos Corrêa, *Proposta de Metodologia para Integração de Sistemas de Automação Predial*; Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009. 156 p. Dissertação (Mestrado)

Automação Predial é uma área da Engenharia que envolve a integração de diferentes conhecimentos, e através do crescimento explosivo da Internet e investimentos em infra-estrutura de comunicações, tem estimulado a incorporação de soluções tecnológicas inovadoras para automação em novos e já existentes empreendimentos, baseadas na busca do conforto, segurança, entretenimento e acessibilidade que se tornam disponíveis a um grande número de usuários. Neste contexto, este trabalho tem como principal objetivo apresentar uma proposta de metodologia para integração de sistemas de automação predial, baseados em conceitos já utilizados para sistemas automatizados industriais, direcionando a área de Automação Predial, a partir da integração dos sistemas independentes e modulares, visando a melhoria da qualidade de vida através da sistematização e planejamento de recursos, otimização de tempos, segurança, racionalização de serviços, qualidade, utilização do espaço, e uso eficiente de energia e recursos naturais. A comprovação experimental deste trabalho será realizada através de três aplicações industriais que mostram vantagens e benefícios dos conceitos apresentados, estruturação do problema, especificação de sensores e atuadores, sistema de supervisão e controle remoto (*WeLlab*) e integração de soluções em automação predial.

Palavras-chave: Edifícios inteligentes, Automação Predial, Arquitetura Modular

Abstract:

CARVALHO, Marcos Corrêa, *Methodology Proposal for Integrating Building Automation Systems*; Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009. 156 p. Dissertação (Mestrado)

Building automation is an engineering area that integrates others such as the ones of electrical, mechanics, electronics and computer science. It is thanks to the internet vast growth and communication infrastructure investments that innovative technical solutions for automation have taken place in the search for guaranteeing user's comfort, security, entertaining and accessibility. From the previous perspective, this work establish as main objective, the presentation of a methodology for systems integration in building automation based on industrial automation concepts applied to the building area. This allows the integration of independent and modular systems for offering an improved life quality thanks to the time, space and security handling and planning through the efficient use of natural and energetic resources. The experimental validation is done through three industrial applications which allow analyzing from the proposed methodology, how the problem structure, sensor and actuator selection, supervisory system and remote control (WebLab) can be integrated within a building automation solution.

Keywords: Intelligent Building, Building Automation, Modular Architecture

Índice

Capítulo 1 Introdução	1
1.1 Origem da Automação Predial	1
1.2 Justificativa	3
1.3 Objetivos do Trabalho	4
1.4 Procedimentos Metodológicos	4
1.1 Estrutura do Trabalho	5
Capítulo 2 Revisão Bibliográfica	7
2.1 Automação Predial	7
2.1.1. Conceitos	7
2.1.2. Histórico	9
2.1.3. Panorama Atual	10
2.1.4. Oportunidades e Riscos	11
2.1.5. Contribuições e Funcionalidades	12
2.2. Classificação de Sistemas de Automação Predial	14
2.2.1. Edifícios Inteligentes	14
2.2.2. Automação Residencial	16
2.2.3. Automação de Sistemas de Transporte e Armazenamento	17
2.2.4. Outros Sistemas de Automação	17
2.3. O Segmento de Automação Predial no Brasil	18
2.3.1. Benefícios do Mercado	19
2.3.2. Tendências do Mercado de Automação Predial	23
2.3.3. Mercado Atual da Automação Predial	24
2.4. Revisão de Trabalhos Publicados	25
2.4.1. Engenharia Civil e Arquitetura	26
2.4.2. Controle e Automação	27
2.4.3. Engenharia Elétrica e Ciências da Computação	27
2.5. Descrição de Tecnologias, Produtos e Aplicações Disponíveis	28
2.5.1. Sistema de Circuito Fechado de TV	30
2.5.2. Sistema de Controle de Iluminação	32
2.5.3. Home Office	34
2.5.4. Energia Solar	35
2.5.5. Central de Vácuo – Aspiração de Pó Central	37
2.5.6. Reconhecimento de Voz	38

2.5.7.	Sistemas de Alarmes de Vazamentos de Gás, Fumaça e Incêndio	38
2.5.8.	Controle Remoto Universal Programável	38
2.5.9.	Gestão de Água	40
2.5.10.	Estação Climática Acionada por Energia Solar	40
2.5.11.	Cortinas Automáticas	41
2.6.	Integradores e Serviços em Automação Predial	41
2.6.1.	Descrição dos Sistemas Integrados	42
2.6.2.	Sistema de Supervisão e Controle.....	42
2.6.3.	Integração e Protocolos Comerciais.....	43
2.7.	Aplicações no Mercado Nacional	44
2.7.1.	Soluções Tecnológicas Nacional	44
2.7.2.	Siemens Building Technology - SBT	44
2.7.3.	Controles ofertados / demandados pelo Mercado	46
2.7.4.	Cenário Atual e Perspectivas Futuras	47
2.8.	Considerações	49
Capítulo 3	Metodologia Proposta.....	53
3.1.	Análise do Espaço a ser Automatizado	56
3.2.	Diagnóstico das Necessidades dos Usuários	57
3.3.	Definição da Tecnologia e Equipamento a ser Instalado	58
3.4.	Especificação do Sistema de Automação	59
3.5.	Definição dos Elementos Funcionais	60
3.6.	Orçamento e Tomada de decisões	62
3.7.	Modelagem e programação	62
3.8.	Controle e supervisão	64
3.9.	Determinação da Rede de Comunicação	65
3.10.	Considerações	65
Capítulo 4	Implementação Experimental – Estudo de casos	69
4.1.	Caso I: Sistema de Inspeção Virtual	70
4.1.1.	Descrição Funcional.....	70
4.1.2.	Descrição de Elementos Operativos	72
4.1.3.	Modelagem do Sistema Automatizado	73
4.1.4.	Implementação do Sistema de Supervisão e Controle.....	75
4.2.	Caso II: Supervisão e Gerenciamento Automatizado de um Setor Administrativo	78
4.2.1.	Descrição Funcional.....	78
4.2.2.	Descrição de Elementos Operativos	80
4.2.3.	Modelagem do Sistema Automatizado	85
4.2.4.	Validação Experimental utilizando Maleta Didática	89
4.2.5.	Implementação do Sistema de Supervisão e Controle	90
4.2.6.	Implementação de Maquete Operativa	93
4.2.7.	Modelagem do Sistema Automatizado Operacional.....	95
4.3.	Caso III: Automação de um Espaço Residencial.....	102
4.3.1.	Descrição Funcional.....	102
4.3.2.	Descrição de Elementos Operativos	103
4.3.3.	Modelagem do Sistema Automatizado	104

4.3.4. Implementação do Sistema de Supervisão e Controle	106
Capítulo 5 Resultados e Conclusões	107
5.1. Principais Resultados Alcançados	107
5.2. Principais Contribuições desse Trabalho.....	108
5.3. Perspectivas Futuras	109
Referências Bibliográficas	113
Anexo I	121
Anexo II.....	143
Anexo III	147
Anexo IV	149
Apêndice A.....	151
Apêndice B	153

Lista de Figuras

Figura 2.1 Principais Sistemas de Automação de um Edifício Inteligente.	15
Figura 2.2 Sustentabilidade da Automação Predial. Fonte: Canato, 2007.	23
Figura 2.3 Equipamentos de Automação Residencial (CANATO, 2007).	29
Figura 2.4 Sistema de Segurança e Iluminação.	31
Figura 2.5 Equipamentos Comerciais de Automação Predial.	33
Figura 2.6 Placas de um Sistema de Aquecimento Solar (GERHART, 1999).	36
Figura 2.7 Sistema de aspiração centralizado (GERHART, 1999).	37
Figura 2.8 Controle Remoto Universal de um Home Theater.	39
Figura 2.9 Equipamentos de Gestão de Água.	40
Figura 3.1 Metodologia Proposta.	56
Figura 3.2 Planta Residencial Proposta (Casema).	57
Figura 3.3 Diagnóstico de necessidades.	58
Figura 3.4 Integração de equipamentos de segurança numa planta automatizada.	59
Figura 3.5 Planta automatizada.	60
Figura 3.6 Esquema de funcionamento de um CLP.	61
Figura 3.7 Exemplo de aplicação Grafcet.	63
Figura 3.8 Linguagem Gráfica LADDER.	64
Figura 3.9 Sistemas de Controle Integrados – (Bolzani, 2004).	66
Figura 4.1 Proposta de Aplicação: Sistema de Inspeção Virtual.	71
Figura 4.2 Componentes de Automação.	73
Figura 4.3 Grafcet Funcional – Sistema de Inspeção Virtual.	74
Figura 4.4 Implementação na CLP KoyoTM.	75
Figura 4.5 Implementação em LabviewTM.	76
Figura 4.6 Implementação em LabviewTM da Tela do Sistema Supervisório.	77
Figura 4.7 Planta Baixa do setor administrativo do DPM – UNICAMP.	79
Figura 4.8 Planta Baixa com as soluções físicas de controle.	81
Figura 4.9 Componentes de Automação.	82
Figura 4.10 Níveis do Sistema de Controle.	84
Figura 4.11 Grafcet Funcional – Sistema Supervisão e Gerenciamento Automatizado de um Setor Administrativo.	88
Figura 4.12 Implementação na CLP KoyoTM.	89
Figura 4.13 Foto da Maleta Educativa para teste.	90

Figura 4.14 Implementação em Labview™.	91
Figura 4.15 Implementação em Labview™ da Tela do Sistema Supervisório.	91
Figura 4.16 Simulador Dinâmico implementado.	93
Figura 4.17 Circuito Lógico Implementado para Modo de Funcionamento.	94
Figura 4.18 GRAFCET funcional do Sistema de Gerenciamento e Controle Implementado.	98
Figura 4.19 GRAFCET funcional com Macro-etapas gerais de funcionamento.	99
Figura 4.20 GRAFCET funcional Detalhamento de etapas – modo Automático.	100
Figura 4.21 GRAFCET funcional Detalhamento de etapas – modo Manual.	101
Figura 4.22 Maquete implementada.	101
Figura 4.23 Proposta de Aplicação: Sistema Mudança Automatizada de Espaço Residencial.	102
Figura 4.24 Planta Baixa de uma Unidade de Apartamento.	103
Figura 4.25 Grafcet (Macro-etapas) – Mudança Automatizada de Espaço Residencial.	105
Figura 4.26 Grafcet (detalhado) – Sistema de Mudança Automatizada de Espaço Residencial.	105
Figura 4.27 Tela de Monitoramento e Controle para o Sistema de Mudança Automatizada de Espaço Residencial.	106

Lista de Tabelas

Tabela 1 Redução de energia com aplicação de Automação Predial (DIAS, 2004).	21
Tabela 2 Impactos gerados pela Internet. (MATTOS, 2004).	27
Tabela 3 Comparativo das três áreas da Engenharia em Estudo.	51
Tabela 4 Peculiaridades dos sistemas de automação (Teza, 2002).	54
Tabela 5 Variáveis de E/S da CLP em estudo.	74
Tabela 6 Relação de E/S do Sistema de Supervisão e Controle implementado.	76
Tabela 7 Estágios do Sistema de Supervisão e Controle implementado.	85
Tabela 8 Variáveis de Entrada do Sistema de Supervisão e Controle implementado.	85
Tabela 9 Variáveis de Saída do Sistema de Supervisão e Controle implementado.	86
Tabela 10 Variáveis Auxiliares do Sistema de Supervisão e Controle implementado.	86
Tabela 11 Estágios do Sistema de Supervisão e Controle implementado.	95
Tabela 12 Variáveis de Entrada do Sistema de Supervisão e Controle implementado.	96
Tabela 13 Variáveis de Saída do Sistema de Supervisão e Controle implementado.	96
Tabela 14 Variáveis Auxiliares do Sistema de Supervisão e Controle implementado.	97
Tabela 15 Relação de Funcionamento dos Componentes do Sistema a ser implementado. ...	104

Lista de Abreviaturas e Siglas

ADSL	<i>Asymetric Digital Subscriber Line;</i>
AR	Automação Residencial
AsBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
ASHAE	<i>American Society for Heating, Refrigeration & Air-conditioning Engineers</i> – Associação Americana de aquecimento, refrigeração e ar-condicionado.
AURESIDE	Associação Brasileira de Automação Residencial
CABA	<i>Continental Automated Buildings Association</i> – Associação Continental de Edifícios Automatizados
CAD	<i>Computer Aided Design</i> – Desenho Auxiliar por Computador
CAL	Linguagem de comunicação;
CEBus	Consumer Electronics Bus;
CFTV	Circuito fechado de TV;
CIM	<i>Computer Integrated Manufacturing;</i>
CLP	Controladores Lógicos Programáveis;
DVD	<i>Digital Video Disc;</i>
EAP	<i>Extensible Authentication Protocol;</i>
EHS	<i>European Home Systems;</i>
EHSA	<i>European Home System Association;</i>
EIA	<i>Electronics Industries Association;</i>
EIB	<i>European Installation Bus;</i>
EIT	<i>Enhanced Installation Tool;</i>
ETE	<i>EIB Tool Environment;</i>

ETS	<i>EIB Tool Software;</i>
HBS	<i>Home Bus System;</i>
IHM	Interface Homem Máquina;
HLT	<i>Home Linking Technology;</i>
HomePNA	<i>Home Phone Networking Alliance</i>
HomePNA	<i>Home Application Programming Interface</i>
HomeAVI	<i>Home Audio Video Interoperability</i>
HomePNA	<i>Home Phone Networking Alliance</i>
HTML	Linguagem de Marcação de Hipertexto
HVAC	<i>Heating, Ventilation and Air Conditioning</i>
IBM	<i>International Business Machines</i>
IEEE	<i>International Electrical and Eletronic Enginer</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
LON	<i>Local Operating Network</i>
NAHB	<i>National Association of Home Builders</i>
PDP	<i>Plasma Display Panel</i>
PLC	<i>Power Line Communication</i>
PnP	<i>Plug and Play</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
RTU's	Unidades Remotas
SIT	<i>Simple Installation Tool</i>
TI	Tecnologia da Informação
TP	Cabo Par Trançado
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
UPC	Código de produto Universal
UpnP	<i>Universal Plug and Play</i>
UPS	<i>Unninterruptible Power Supply</i>
WAN	<i>Wide Area Network</i>
X-10	Protocolo de Comunicação
XML	Linguagem de Marcação Extensível

Glossário

APLICATIVOS	Programas de computador; softwares;
CABISTA	Denominação informal dada ao profissional que executa a passagem de cabos na edificação;
DOWLOAND	Fazer um dowlond significa baixar um arquivo de um servidor descarregando-o para o computador;
FREEWARE	Qualquer software oferecido gratuitamente na rede ou nas publicações especilizadas em suportes como CD-ROM. A palavra inglesa “free” significa livre. Esses programas não expiram seu prazo de uso;
INTERNET	Internet – sigla para Inter Networkin (entre redes de comunicação), é uma rede de comunicação internacional. Que permite a transferência de dados entre os usuários e sistemas, que se encontram a ela conectados;
MAILING	Mailing – propaganda de produtos;
OUTDOOR	Externo. Normalmente produtos que ficam expostos as intempéries
PLANÍLHAS	Planilhas – é um conjunto de linhas e colunas. A planilha eletrônica permite a construção e gravação em meios magnéticos, além da recuperação e alteração de dados com velocidade, confiabilidade e eficiência;
SHAREWARE	É um método comercial que possibilita a distribuição gratuita, por um tempo determinado, de um software, para que o usuário possa testá-lo. Ao final deste período de testes, o usuário é solicitado a registrar (comprar) o produto ou desinstalá-lo;
SISTEMA HI-END	Sistemas com maior grau de tecnologia;
START-UP	Programação e configuração de equipamentos e projeto;

SOFTWARE	Aplicativos, programas de computador;
WEB-SITE	Web site – web significa rede e site, em inglês, quer dizer lugar. Ter um website significa ter um endereço com conteúdo na rede que pode ser acessado por visitantes;
JAVA	Programação em Java – linguagem de programação para aplicativos baseados na rede que funciona nas paginas www da internet;
VOIP	Voice over internet protocol = protocolo de transferência de voz em forma digital na internet, sem uso de linha telefônicas comuns;
WI-FI	Wireless fidelity – termo comercial criado pela wireless internet compatibility alliance;
WIRELESS	Rede sem fio.

Capítulo 1

Introdução

Com a evolução nos últimos anos dos meios de telecomunicações, avanço tecnológico dos sistemas de automação, e tecnologia de informação no mundo, grandes mudanças vêm ocorrendo na sociedade. As mudanças nos hábitos da população urbana têm influenciado nas mudanças do estilo de vida, gerando demandas de novos equipamentos e serviços, sendo o segmento da Automação Predial um dos setores mais atingidos. Além disso, este setor vem absorvendo rapidamente novas tecnologias disponíveis no mercado, no sentido de atender a esse crescente grau de exigência dos consumidores e as novas necessidades de seus espaços.

Esse novo cenário econômico-produtivo tem tornado o mercado da construção de edifícios mais competitivos. A Automação Predial tem sido usada por empreendimentos do setor de construção como estratégias para agregar valor ao projeto e ao produto. Nesse capítulo introdutório será apresentado inicialmente a evolução histórica da tecnologia de Automação Predial e seus conceitos, descrevendo as principais contribuições e tecnologias existentes que têm contribuído para o panorama de mudanças tão dinâmico e significativo nesse setor, permitindo assim a descrição detalhada dos principais tópicos abordados nessa dissertação.

1.1 Origem da Automação Predial

No final dos anos 70, para resolver os problemas de qualidade dos espaços habitacionais, surgem nos EUA os primeiros sistemas de edifícios a serem eletronicamente controlados (SARAMAGO, 2002).

Nos anos 80, surge o termo *smart house*, *intelligent house* ou domótica. Aparecem sistemas de automação de segurança, iluminação e controle térmico de ambiente são justificados pela tendência de economia de energia (BOLZANI, 2004).

Na década de 90, a tendência é integrar os diferentes sistemas (segurança, condicionamento ambiental, etc.) que compõem uma edificação, com o objetivo de melhorar a produtividade e o conforto dos usuários (CGEE, 2009).

Atualmente a evolução tecnológica dos diferentes sistemas de automação aliada as novas tecnologias de comunicação em rede, tem estimulado a indústria de construção a incorporar soluções inovadoras de Automação Predial em seus novos empreendimentos levantando a um crescimento deste setor em cerca de 20% ao ano e já é possível encontrar algumas construtoras que oferecem em seus empreendimentos a base dessa tecnologia. (AURESIDE, 2009).

Pelo fato da AP (Automação Predial) ser um tema relativamente novo, não existe ainda um conjunto de protocolos, equipamentos e dispositivos padronizados. No entanto algumas entidades internacionais como a OSGI (*Open Services Gateway Initiative*) e a HAVI (*home Áudio Vídeo Interoperability*), a CABA (*Continental Automated Buildings Association*) entre outras, e nacionais como AURESIDE (Associação Brasileira de Automação Residencial), vêm organizando e intensificando as interações entre as grandes empresas de informática, eletro-eletrônicos, softwares e de controle, visando padronizar e fomentar a tecnologia de automação predial.

Como tendência e oportunidades de mercado, o ambiente predial ainda permanece praticamente inexplorado para implantação de sistemas de redes e sistemas de controle e quando existem, são implantadas de forma isolada provocando o aumento no custo dos equipamentos, manutenção e complexidade de controle.

1.2 Justificativa

Os impactos causados pela introdução de edifícios inteligentes nas edificações abrangem (MURATORI, 2001):

- i) **Aspectos sociais:** destacam a melhoria da qualidade de vida de diversas faixas e grupos sociais, principalmente de crianças, mulheres, idosos e portadores de necessidades especiais, segurança de seus usuários e otimização do tempo;
- ii) **Aspectos ambientais:** incluem a eficiência energética da edificação, assim como a economia e controle da utilização dos recursos naturais, e aproveitamento e planejamento dos espaços construídos; e
- iii) **Aspectos econômicos:** englobam a amortização do capital investido pela redução dos custos energéticos causados pela otimização dos sistemas, controle de manutenção e otimização do número de funcionários, racionalização e planejamento de consumo, e constante preocupação com a valorização do imóvel.

Como exigência técnica de um sistema de domótica é citado o baixo custo como *plug and play* (sistema de fácil instalação e dispositivos baratos), flexibilidade (sistema modular e extensível), confiabilidade e fácil utilização. O sistema apresentado nesta pesquisa contempla estes requisitos (alguns parcialmente) por se tratar de um sistema estruturado de forma modular, utilizando recursos padrão, tanto para software quanto para hardware.

Por outro lado, atualmente são utilizados nos edifícios dispositivos de controle atuando de forma independente, onerando custos e procedimentos por parte do usuário final. O compromisso deste trabalho é apresentar uma proposta de metodologia de sistema integrado de supervisão e controle para Automação Predial. Através dos estudos de casos será apresentado todo o processo metodológico para aplicação dos sistemas integrados a partir da utilização de equipamentos eletrônicos comerciais, as etapas de modelagem para controle e supervisão de um sistema automatizado e as redes de comunicação existentes e utilizadas nas aplicações.

1.3 Objetivos do Trabalho

Neste trabalho de pesquisa serão apresentadas propostas de metodologia para Automação Predial que considere a integração de sistemas automatizados independentes, contribuindo assim para a melhoria da qualidade de vida pela redução do trabalho, racionalização dos espaços, utilização eficiente de recursos energéticos e outros recursos naturais, e preocupação com meio-ambiente a partir de:

- Utilizar conceitos de sistemas de automação industrial;
- Direcionar as aplicações de automação predial para sistemas integrados;
- Buscar soluções simples e de baixo custo de implementação;
- Identificar as tecnologias mais adequadas;
- Propor uma metodologia para elaboração de um projeto de automação predial;
- Descrever as etapas necessárias à elaboração da modelagem de um sistema automatizado predial; e
- Realizar estudos de casos em aplicações industriais para a validação da metodologia proposta.

1.4 Procedimentos Metodológicos

Considerando a abrangência e complexidade do segmento de Automação Predial, e suas inúmeras aplicações, para desenvolvimento desse trabalho utilizou o seguinte procedimento metodológico:

- a) **Revisão Bibliográfica de Trabalhos Publicados:** pesquisa bibliográfica aprofundada de temas publicados em livros, revistas, artigos, congressos e *sites* da Internet. Considerando que esta área é recente e complexa, e ausência de artigos específicos, procurou-se referências nas áreas de Engenharia Civil, Engenharia Mecânica, Ciência da Computação e Arquitetura para que o resultado final tivesse expressividade e integração entre as áreas identificadas e necessárias ao processo de implementação de projetos na área de Automação Predial.

- b) **Revisão das Principais Tecnologias, Equipamentos e Aplicações na área:** com ênfase nas aplicações atualmente oferecidas pelas empresas de Automação Predial para o mercado, e o contexto atual das pesquisas e desenvolvimento dos produtos considerando mercado e usuário.
- c) **Seleção do Material Bibliográfico:** processo de seleção e síntese de material bibliográfico e tecnológico, permitindo elaborar documento contextualizando a área de Automação Predial no mundo e no Brasil apresentado no capítulo 3 dessa dissertação, com destaque a análise dos diversos protocolos de comunicação e produtos existentes e sua utilização no mercado.
- d) **Participação em Eventos e Encontros:** foi possível identificar oportunidades e tendências para o desenvolvimento do tema, além de avaliar as diversas visões e interesses dos diversos profissionais diretamente comprometidos com a automação predial.
- e) **Exemplos de Aplicações Industriais:** implementação de aplicações industriais, possibilitando demonstrar a viabilidade de implantação a partir da utilização de sistemas integrados de controle e supervisão em aplicações prediais, apresentando metodologia que descreve todas as etapas, desde a concepção do projeto de automação até a aplicação e instalação de sistemas de automação prediais integrados e com possibilidade de serem controlados remotamente através da internet.

1.5 Estrutura do Trabalho

Esta dissertação de mestrado está subdividida em cinco capítulos que será descritos a seguir e para maior compreensão do leitor será apresentados anexos indicados no decorrer dessa dissertação que são destinados a informações complementares e mais específicas sobre os assuntos apresentados durante a leitura desse estudo.

O Capítulo 1 é introdutório ao tema Automação Predial, apresentando os principais objetivos desta dissertação de mestrado, procedimentos metodológicos e resultados delineados.

O Capítulo 2 concerne ao trabalho de revisão bibliográfica, sendo dividido em três partes, sendo a primeira aos conceitos de Automação Predial (Domótica), sua origem e história, panorama social atual além de oportunidades e tendência desse mercado tão promissor. Na segunda parte é exposta uma revisão de alguns trabalhos publicados sobre a Automação Predial o qual cada com autores de diferentes formações, universidades e estados. A Proposta é a análise de diferentes visões para que a conclusão dessa pesquisa aborde e interesse a todos os envolvidos na aplicação dessa nova tendência que é a integração dos sistemas de automação predial. Na terceira parte são apresentadas algumas das tecnologias existentes no Brasil e suas aplicações já disponíveis em automação predial.

O Capítulo 3 apresenta metodologia proposta para implementação de sistemas de Automação Predial, desde a concepção a implantação de um sistema automatizado. Análise do Espaço a ser Automatizado; Diagnóstico das Necessidades do Usuário; Definição da Tecnologia e Equipamentos a ser Instalado; Especificação do Sistema de Automação; Definição dos Elementos Funcionais; Modelagem e Programação; Controle e Supervisão; Determinação da Rede de Comunicação; e Considerações.

O Capítulo 4 descreve três implementações experimentais de aplicações industriais de sistemas de automação integrados: um de Inspeção Virtual aplicado a um laboratório; outra aplicada a um Setor Administrativo; e outra a Automação Residencial aplicado a uma unidade de apartamento criada para esse estudo. A proposta é apresentar diferentes aplicações de sistemas de automação predial e em diferentes situações e ambientes, que serão controlados através de sistemas de supervisão e controle industrial com possibilidade de interatividade através da internet.

Finalmente, no Capítulo 5 são apresentadas as conclusões deste trabalho de pesquisa, principais resultados obtidos e perspectivas para trabalhos futuros relativos ao assunto dessa dissertação.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Considerando a complexidade da área de Automação Predial e carência de bibliografia relacionada, procurou-se encontrar referências em diversas áreas e profissionais envolvidos no assunto. Esse capítulo está dividido em três partes, a primeira dedicada aos conceitos de AP (Domótica), sua origem e história, panorama social atual, além de oportunidades e tendência desse mercado tão promissor. Na segunda parte é exposta a revisão dos trabalhos publicados, analisando diferentes abordagens dessa nova tendência que integra os sistemas de Automação Predial. Na terceira parte são apresentadas algumas das tecnologias existentes no Brasil e suas aplicações já disponíveis no mercado de automação predial.

1.1 Automação Predial

2.1.1. Conceitos

Domótica é a área tecnológica que se aplica à busca da eficiência, produtividade, conforto e segurança necessários e imprescindíveis nas instalações industriais, prediais e residenciais (Saramago, 2002). Esta tecnologia permite a gestão de todos os recursos habitacionais, apresentando inúmeras vantagens e motivações, entre as quais economia na gestão da energia, conforto, segurança e comunicação. A integração passou a ser uma exigência atual dos sistemas que compõem a automação predial, onde o projeto deve prever, além dos sistemas básicos de

controle e gerenciamento dos dispositivos, as redes de dados, voz, multimídia, *Internet*, entre outros.

Segundo (TEZA, 2002) a Automação Predial é um processo pelo qual dispositivos automáticos, eletrônicos e inteligentes responsáveis pelo controle e gerenciamento de recursos, são utilizados para prover maior segurança e comodidade no espaço. Já o conceito de Domótica Inteligente para (ALVES; MOTA, 2003), se resume ao gerenciamento automático de recursos (temperatura, energia, etc).

A Domótica Inteligente deve por sua vez, analisar os dados obtidos pelos sensores de modo a adaptar suas regras de automação ao comportamento dos usuários do sistema. Isto se faz necessário, pois o comportamento dos seres humanos muda ao longo do tempo, bem como cada indivíduo possui sua própria preferência. Como exemplo do anterior, algumas pessoas tem preferência por temperaturas mais quentes do que outros, ou mesmo outros de menor luminosidade.

Segundo (FORTI, 2001) da AURESIDE (Associação Brasileira de Automação residencial) destaca que uma das vantagens da automação é transformar edifícios confortáveis em refúgios capazes de oferecer segurança e economia de custo, afirmando ainda que tecnologias apresentadas antes em seriados de TV dos anos 70 começam a se difundir nos empreendimentos residenciais de alto padrão, transformando o conceito de casa do futuro em casa do presente.

(KRÜGER, 2002) define que: “Telemática é a convergência das tecnologias de telecomunicações, informática e mídias que dará suporte as funções de automação do edifício”. De acordo com a função desempenhada pela edificação, a telemática pode ser subdividida em birótica e domótica. A birotica é o emprego da automação dentro de escritórios, onde os usuários podem ter acesso a qualquer tipo de informação, criando modelo de trabalho corporativo. Já a domótica é a ciência que estuda a automação predial.

(BOLZANI, 2004) comenta que “Cada nova tecnologia traz acoplado um novo vocabulário”. Para o autor as características fundamentais num sistema inteligente são:

capacidade para integrar todos os sistemas, atuação em condições variadas através de memória, e fácil relação com o usuário.

2.1.2. Histórico

A Revolução Industrial alavancada no século XVIII propiciou ainda mais a automação no mundo, surgida a partir do processo de mecanização, que utilizamos até hoje em muitos processos produtivos, tornando possível automatizar a indústria, comércio e residência, e no presente estudo será abordado à Automação Predial com a apresentação das evoluções de tecnologia, social e econômica.

Segundo (EIA, 1992) nos anos 70, os problemas habitacionais relacionados a qualidade dos espaços alavancaram a utilização de alguns sistemas HVAC, primeiros a serem controlados eletronicamente, nos EUA por volta de 1981. Nos anos 80, aparecem os primeiros termos como *smart house*, *intelligent house* ou domótica visando à tendência a economia de energia. Surgem os sistemas de automação de segurança, iluminação e intrusão, mostrando coordenação entre componentes do mesmo sistema.

Atualmente, o segmento de automação predial cresce cerca de 20% ao ano e já podemos encontrar construtoras que oferecem a base dessa tecnologia. A evolução tecnológica dos diferentes sistemas domésticos, aliados ao crescimento explosivo da Internet e os resultados dos investimentos em infra-estrutura de comunicações, tem estimulado a indústria de construção civil a incorporar soluções inovadoras de automação predial em seus novos empreendimentos. (MURATORI; AURESIDE, 2006). Nos anos 90, a tendência foi a de integrar os diferentes sistemas (segurança, condicionamento ambiental, etc.) que compõem uma residência, com o objetivo de melhorar a produtividade e o conforto das pessoas. Conhecida como “**Casa Sistema**”, onde todos os elementos começam a se inter-relacionar tanto internamente como com o exterior.

No futuro, “**Casa Humana**”, onde o sistema casa consegue entender a voz e a linguagem corporal dos habitantes e reage com os mesmos, mudando a iluminação, por exemplo, com

sistema autônomo e todo integrado, sendo controlado por intranet e internet se conveniente, segundo Mattar (2007).

2.1.3. Panorama Atual

Já na segunda metade do século XX novas tendências comportamentais foram percebidas em todo o mundo com relação ao estilo de vida contemporâneo e seus reflexos no ambiente construído, (GERHART, 1999). A sociedade urbana é definida como sendo multifacetada, formada por uma diversidade de novos arranjos familiares (família uniparentais, casais do mesmo sexo, casais sem filhos, envelhecimento da população), além das mudanças comportamentais e objetivos fundados pela busca da qualidade de vida, preocupação dos recursos naturais do planeta e a nova necessidade da população de estarem próximas as tecnologias de informações como a *internet*.

Até o início da década de 1990, a Automação Predial era associada somente aos projetos de grandes edifícios, e os sistemas de cabeamento destinados à transmissão de voz, dados e imagem utilizavam estruturas proprietárias, sendo os projetos de automação executados de forma independente, não existindo, portanto, um padrão comum para ser seguidos por construtores, fabricantes de equipamentos e integradores.

Atualmente, muitas das tecnologias desenvolvidas para AP já estão incorporadas de fato aos novos projetos, e essa demanda do mercado doméstico gerou a necessidade de uma infraestrutura de cabeamento capaz de suportar as atuais e novas aplicações das telecomunicações e de controle predial, devendo ser capazes de permitir o funcionamento adequado de todos os sistemas em operação.

O fato é que para a implantação de um projeto que atenda aos requisitos destes sistemas, é necessário um planejamento prévio e que a execução do projeto seja feita por pessoal técnico especializado. Da mesma forma, é crucial o emprego de mão-de-obra qualificada para a

instalação e o teste de todos os dispositivos envolvidos. Um projeto de AP deve prever uma estrutura capaz de suportar todos os tipos de dispositivos eletroeletrônicos de automação (sensores, atuadores, entre outros), equipamentos para voz, imagens e dados. Também deve incluir igualmente todos os serviços adicionais possíveis ao nível de automação para o bem estar dos ocupantes da edificação.

A evolução tecnológica dos diferentes sistemas domésticos, aliada ao crescimento explosivo da *internet* e resultados de investimentos em infraestrutura de comunicações, tem estimulado a indústria de construção a incorporar soluções inovadoras de Automação Predial em seus novos empreendimentos.

Da revisão bibliográfica anterior, pode-se observar que as soluções tradicionais utilizam sistemas autônomos, que não se comunicam entre si. Desta forma, os benefícios da integração - maior segurança e economia, conforto, conveniência e entretenimento, entre outros - não estão sendo levados aos usuários. Além disso, oneram a construção com custos maiores, prazos de implantação mais dilatados e resultados insatisfatórios.

Para mudar este cenário, não se pode hoje planejar a construção de prédios e residências que estarão prontas para o uso dentro de alguns anos sem fazer um projeto de integração prévio, definindo todo o cabeamento, infraestrutura, plataformas de automação e relação de equipamentos necessários. Para esta tarefa, torna-se imprescindível a existência de novos profissionais no mercado, que desenvolvam e projetem as soluções de automação como integradores de sistemas prediais.

2.1.4. Oportunidades e Riscos

Pelo fato da AP moderna ser um tema relativamente novo, não existe ainda um conjunto de protocolos, equipamentos e dispositivos padronizados e unânimes. Muitos ainda são emprestados dos ambientes de automação industrial. No entanto, devido à demanda, algumas entidades internacionais como a CABA (Continental Automated Buildings Association), a OSGi (Open Services Gateway Initiative) e a HAVI (Home Audio Video Interoperability), apenas

citando as principais entre dezenas de outras, e nacionais como a AURESIDE (Associação Brasileira de Automação Residencial), vêm organizando e intensificando as interações entre as grandes empresas de informática, eletro-eletrônicos, softwares e de controle, visando padronizar e fomentar a tecnologia de Automação Predial.

2.1.5. Contribuições e Funcionalidades

Segundo (MATTAR, 2007), como qualquer novidade, a Automação Predial inicialmente é percebida pelo usuário como um símbolo de status e modernidade. No momento seguinte, o conforto e a conveniência por elas proporcionada passam a ser decisivo. E por fim, ela se tornará uma necessidade vital e um fator de economia (toma-se como referência a evolução da telefonia celular).

O desenvolvimento dos sistemas de automação predial surge depois de seus similares na área industrial devido a motivos econômicos e de escala de produção. No mercado brasileiro, os primeiros sistemas automatizados de controle foram concebidos para aplicações especificamente industriais, ainda na década de 70. Consolidada a automação industrial, o comércio foi em seguida contemplado com sua automação que até hoje vem evoluindo. Apesar da natural diversidade entre os sistemas automatizados eles têm algumas características em comum e que estão descritas a seguir:

Na automação industrial, os conceitos de projeto são desenvolvidos a partir de estimativas sobre a utilização padrão de seus recursos. A infra-estrutura necessária para a automação é criada desde a prancheta, ou seja, prevista nos orçamentos iniciais das obras e incorporadas durante a construção. Sua operação pode ser complexa, pois implica grande número de usuários e muitas variáveis de controle. A necessidade de "supervisão" é crítica por isso o monitoramento dos sistemas, acompanhado de relatórios de controle e auditorias que são imprescindíveis.

Na automação predial, as soluções são muito pessoais e dirigidas, por exemplo, alguns usuários dariam ênfase aos sistemas de segurança se fosse residir numa casa isolada, mas este

mesmo cliente ao optar por num condomínio fechado poderia abrir mão de alguns itens de segurança e, com o mesmo gasto, sofisticar seu *home theater*. Com relação a infra-estrutura (basicamente cabeamento e definição de equipamentos), infelizmente o projeto de residências ainda deixa muito a desejar. Segundo Teza (2007), na maioria dos casos hoje vivenciados, as soluções de automação são desenvolvidas no decorrer da obra, quando não apenas ao seu final. Outro fator interessante a considerar é que boa parte dos equipamentos de automação predial, não ficam obrigatoriamente incorporados ao imóvel, podendo ser levados pelo seu proprietário quando se mudar. A Automação Predial tem que se valer de interfaces amigáveis aos usuários.

A automação pode acontecer em vários níveis de sofisticação técnica, pode encontrar aplicações que vão desde um controle de parâmetros dimensionais de peças e ferramental, onde é necessária a utilização de sistemas computacionais sofisticados que executam programas especializados, até o uso de sistemas sem inclusão de técnicas de controle sofisticadas, com a aplicação de uma lógica de automação.

De acordo com (HELRICH, 2006), a Domótica ou Automação Predial, procura aplicar desenvolvimento em tecnologia de automação e tecnologia de informação no sentido de proporcionar maior conforto ao usuário considerando os três pilares básicos do desenvolvimento: o social, o ambiental e o econômico. As principais vantagens são:

- Repetibilidade – processos mais uniformes e as características dos produtos podem ser mantidos;
- Flexibilidade – alteração mais rápida na produção;
- Racionalização do tempo – aproveitamento do tempo despendido para execução das tarefas programadas;
- Valorização do ser humano através da substituição dos trabalhos repetitivos evitando exaustão física e psicológica, em trabalhos e ambientes agressivos.

2.2. Classificação de Sistemas de Automação Predial

Segundo (CGEE, 2009), qualquer projeto de Automação Predial exige investimentos e deve obter retorno sobre este investimento em curto prazo. Por outro lado, os investimentos também devem ser protegidos de forma que novas tecnologias e novos desenvolvimentos possam ser integrados ao sistema em qualquer momento. O planejamento deve ser orientado para as novas tecnologias, necessidades, níveis de sistemas e facilidade de utilização.

Quando se fala em Automação Residencial pensa-se logo nas comodidades que essa tecnologia pode nos proporcionar: abrir a persiana sem precisar sair do sofá, entrar no banheiro e a luz acender automaticamente ao mesmo tempo em que a temperatura da água é configurada para tomar o banho.

A Automação Predial comprova que as comodidades aplicáveis a residências também são utilizados em edifícios, tornando-os muito mais eficientes, seguros e econômicos. Assim, a automação predial é considerada uma vasta área de aplicação do setor de eletrônica para automação, e as empresas que atuam nessa área podem ser classificadas em diferentes setores de aplicação. A seguir é apresentada a classificação de Sistemas de Automação Predial, definidas dentro do Estudo Prospectivo Setorial de Eletrônica para Automação, realizado pelo Centro de Estudos Estratégicos, Ciência, Tecnologia e Inovação (CGEE) em conjunto com a Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI).

2.2.1. Edifícios Inteligentes

Os edifícios se diferenciam entre: tamanho, aplicação, necessidades de conforto, padrões de qualidade, produção e climatização de ambientes. Ao mesmo tempo, os custos de energia e manutenção devem manter-se sempre reduzidos a níveis aceitáveis. Assim, torna-se imprescindível o desenvolvimento de um conjunto de soluções completas e integradas para automação e controle de um edifício, capazes de atender as essas demandas, os requisitos de planejamento, instalação e comissionamento, (BOLZANI, 2004).

A segurança, tanto para funcionários, quanto para usuários, também é um fator preponderante na escolha de um projeto de automação. Sensores de presença em salas e

escritório, controles de acesso, circuitos fechados de TV e elevadores automatizados são apenas alguns exemplos, entre os muitos aplicáveis para tornar um prédio seguro, atendendo, desta forma, exigências de um público preocupado com a proteção pessoal e social. O sistema predial abrange a automação elétrica, hidráulica e de ar-condicionado; segurança patrimonial como controle de acesso, detecção e alarme de incêndios; circuito fechado de televisão; sistemas de voz, sistemas de comunicação via rádio, entre outros. Além desses, os sistemas de elevadores, de geradores, no-break, redes de instrumentação elétrica inteligente e equipamentos diversos do interior do edifício como cozinhas e lavanderias, também fazem parte da Automação Predial.

A automação de um edifício inteligente é caracterizada pela integração de diversos sistemas. A quantidade de elementos passíveis de automação em um edifício é enorme e a interligação desses elementos é uma tarefa difícil. Os principais sistemas a serem automatizados em um edifício conforme apresentados na Figura 2.1. A automação desses sistemas permite o gerenciamento de recursos e manutenção rápida de todos os dispositivos instalados no edifício, além de garantir o bem estar dos ocupantes do local.

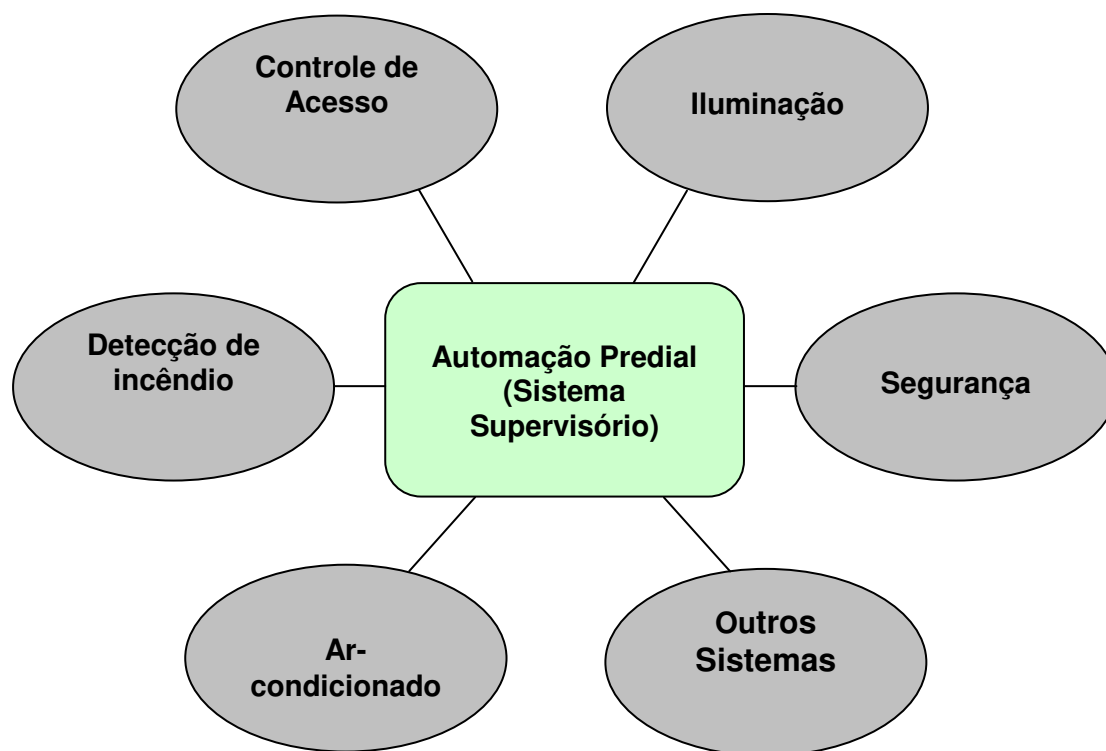


Figura 2.1 Principais Sistemas de Automação de um Edifício Inteligente.

Os principais sistemas a serem automatizados em um prédio são os seguintes:

- Controle de ar-condicionado;
- Controle de energia e consumo;
- Controle de bomba de água;
- Controle de alarme de Incêndio;
- Rateio de custos de energia;
- Controle de iluminação;
- Sistema de segurança;
- Controle de acesso;
- CFTV;
- Detecção de incêndios;
- Estacionamentos;
- Instalações elétricas, hidráulicas, gás, entre outros.

2.2.2. Automação Residencial

Automação da Rede Elétrica é uma das principais áreas da Automação Residencial. Significa controlar e integrar todos os itens que envolvem energia elétrica, ou seja, integrar os diversos itens energizados, como: portões, persianas, portas, iluminação, sonorização, entre outros (CANATO, 2007). Os projetos de automação integrada em sistemas residenciais modernos devem incluir recursos de conforto e disponibilidade ao usuário, por meio da gestão integrada de serviços e equipamentos de automação. Os principais recursos que a Automação Residencial deverá incorporar são os seguintes:

- Gerenciamento e distribuição de energia e controle de demanda;
- Controle de iluminação, de acessos e simulação de presença;
- Controle bioclimático por meio de calefação, ventilação e condicionamento de ar;
- Distribuição, filtragem e aquecimento de água, segurança e comunicação e acesso remoto;
- Equipamentos multimídia: controle de áudio, vídeo e som ambiente;

- Segurança (alarmes, monitoramento);
- Telefonia e TV por assinatura com capacidade de monitoramento;
- Redes de dados e informática;
- Persianas e cortinas automáticas;
- Eletrodomésticos inteligentes;
- Utilidades (irrigar, bombas, aspiração central, gás); e
- Sistemas de mobilidade e acesso (cadeiras de rodas, macas e elevadores).

2.2.3. Automação de Sistemas de Transporte e Armazenamento

- Automação ferroviária;
- Torre de comando;
- Vias de acesso;
- Pátios de manobra;
- Estacionamentos de Trens;
- Estocagem de grãos;
- Movimentações de cargas;
- Silos.

2.2.4. Outros Sistemas de Automação

- Automação de subestações e usinas;
- Automação de concessionárias de energia elétrica;
- Automação sistemas de telecomunicação;
- Concessionárias de energia, que são Centros de Operação de Telecomunicação conectados a diversos sítios não atendidos. Nesses sítios, são controlados equipamentos de infraestrutura, tais como: ar-condicionado, grupo diesel gerador, sistemas de alimentação, no-breaks, entre outros, e equipamentos de telecomunicação tais, como *multiplex*, rádios UHF, VHF, sistemas de fibra óptica, entre outros;
- Automação de concessionárias de água e esgoto;
- Automação do sistema de gerenciamento de energia de uma cidade; e

- Automação Predial de estações de trem.

2.3. O Segmento de Automação Predial no Brasil

Os projetos de Automação Predial e empresarial valorizam o estilo de vida do indivíduo e proporcionam maior conforto e comodidade. Aliando tecnologia na fronteira do conhecimento com a automatização de sistemas, podendo superar as expectativas na elaboração de projetos especiais personalizados de acordo com a necessidade de cada usuário.

O impacto do segmento de Automação Predial no mercado pode ser considerado ainda recente no Brasil e muito ligado ao setor de serviços, com um número reduzido de empresas nacionais associadas, com poucos valores divulgados para uma análise de mercado, mas em crescente e forte evolução (MARTE. 2005).

Como acontece com qualquer processo de inovação tecnológica, a concepção, produção e operação dos sistemas de automação predial, ainda se ressentem de profissionais adequadamente formados e de regras e práticas claras nas relações projetista-cliente e fabricante-cliente. Os compradores estão cada vez mais exigentes e exigindo qualidades dos produtos. Em geral, os sistemas vendidos na maior parte dos edifícios de escritórios têm muito mais marketing do que eficiência e utilidade.

Os profissionais que atuam em projeto e manutenção de sistemas, por inexistência de cursos de formação específica – que deveriam integrar conhecimentos de mecânica, instalações prediais, elétrica, eletrônica e instrumentação ou são egressos da área comercial das empresas fabricantes com foco nos aspectos comerciais, ou da área de Automação Industrial com foco nos aspectos técnicos do problema. Ainda existem muito poucos profissionais que conseguem aliar os dois aspectos e no Brasil ainda não existe programa de graduação em gerenciamento de recursos. Como os clientes e profissionais do setor imobiliário ainda não têm conhecimento ou experiência com projetos de automação, e como não existe uma preocupação com as demandas do cliente, o

mercado de projetos e consultoria tem sido predominantemente ocupado por profissionais do primeiro grupo, que trabalham em parceria com os fabricantes – em geral grandes empresas multinacionais que se valem da inexistência de regulamentação para disseminar sistemas fechados, do ponto de vista de operação, consolidando uma prática semelhante à utilizada pelos fabricantes de elevadores. Na maioria dos edifícios “inteligentes”, a manutenção dos sistemas de automação acaba sendo realizada pelo próprio fabricante.

2.3.1. Benefícios do Mercado

Atualmente a Automação Predial tem ganhado força e garantido seu espaço no mercado de construção em todo o mundo, onde além dos benefícios usuais, como conforto, segurança, comunicação e até status (MART, 2001) (MOREIRA, 2009), a AP pode propiciar economia e sustentabilidade aos utilizadores, tais como:

- i. Conservação de Energia:** Através da melhor precisão no sistema de comando com uso da eletrônica e automatização dos procedimentos tem-se a eliminação de desperdícios. Além disto, rotinas de tarefas e novos métodos de controle permitem processos mais eficientes;
- ii. Conforto Ambiental:** A própria otimização das rotinas de controle e o aumento da precisão do sistema possibilita redução dos tempos de resposta, o que proporciona a manutenção dos ambientes dentro dos parâmetros de controle;
- iii. Supervisão Predial:** Toda sua instalação pode ser resumida na tela de um computador (*on-line*), com telas gráficas, alarmes e relatórios emitidos e/ou arquivados automaticamente. Isto constitui poderosa ferramenta para diagnose preventiva e corretiva de problemas; e
- iv. Confiabilidade:** A operação, o controle dos sistemas, a identificação e visualização de defeitos passam a ser automáticos, ficando independentes de falha humana.

Por outro lado, instalações automatizadas apresentam inúmeras vantagens sobre as convencionais (ASSUMPÇÃO, 2004), como por exemplo:

- i. **Flexibilidade:** Possibilidade de alteração das características operacionais de sistemas por mudanças nos *softwares*, em vez de correções ou atualizações, tornando possível, alterações substanciais nas maneiras de funcionamento com baixíssimo ou até nenhum custo;
- ii. **Dimensões:** Compactação dos elementos de comando e acionamento de sistemas elétricos através do uso da microeletrônica e eletrônica de potência, valorizando o espaço e sua ocupação, bem como minimizando possibilidades de interferência física entre as diversas instalações;
- iii. **Confiabilidade:** Menor desgaste dos elementos devido à substituição de mecanismos eletromecânicos por eletrônicos (estáticos – chaves estáticas);
- iv. **Funções Intrínsecas:** Reaproveitamento de experiências de mercado e otimização do tempo de desenvolvimento de soluções, graças à utilização de soluções pré-formatadas e à facilidade de reuso de métodos computacionais;
- v. **Precisão:** Sistemas eletrônicos e com *feedback* (operando em malha fechada), permitindo maior precisão e confirmação das ações, resultando em eficiência energética, qualidade do produto final, conforto, entre outros; e
- vi. **Supervisão e Gerenciamento Centralizado:** Utilização das ferramentas de teleinformática (interfaces micro processadas, métodos computacionais e redes de dados) e de processamento distribuído, proporcionando o total gerenciamento das instalações através de computadores.
- vii.

Estes benefícios podem ser vistos principalmente na redução do consumo de água tratada e de energia. Já a energia elétrica é mais onerosa para o consumidor, por isso, a procura por soluções que viabilizem a redução no consumo. A Tabela 1 apresenta valores de redução de consumo de energia nos diferentes locais a partir da utilização da Automação Predial.

Tabela 1 Redução de energia com aplicação de Automação Predial (DIAS, 2004).

Tipos	Percentual
Estoques e Depósitos	60%
Banheiros	50%
Salas de Reuniões e Conferências	50%
Armazéns	40%
Corredores e Halls	30%
Escritórios	30%

Com o desenvolvimento econômico, a demanda energética e hídrica cresce rapidamente, e muitas vezes mais rapidamente que o crescimento da oferta, o que pode causar racionamentos de energia e água. Isso demonstra a importância de se pensar na sustentabilidade de maneira coletiva. Embora a maior parte da água mundial seja usada na agricultura e indústria, o consumo doméstico não pode ser desprezado e com sua utilização correta, beneficia-se a sociedade.

Como consequência da racionalização de recursos naturais que a automação predial oferece, tem-se a redução dos impactos ambientais provocados pela captação de água e geração de energia.

Embora a Automação Residencial sustentável ainda não atingiu um nível de retorno de investimento aceitável, existem pessoas dispostas a pagar pela redução do impacto ambiental e capacidade de proporcionar ao usuário final os benefícios:

- Desfrutar de uma vida saudável, feliz e segura;
- Realizar muitas tarefas automaticamente a fim de tirar de seus habitantes o *stress* do gerenciamento da casa;
- Integrar atividades residenciais, profissionais, de aprendizado e lazer; e
- Não perturbar as pessoas com detalhes tecnológicos sobre como elas realmente funcionam.

Este último item ilustra uma tendência que veio à tona ultimamente. Hoje em dia, o foco de desenvolvimento da Domótica tem sido centrado muito mais nas pessoas e suas interações com o ambiente inteligente, e não mais em tecnologia e inteligência artificial propriamente dita. Sendo assim, o termo “inteligente” se tornou obsoleto, ou ao menos fora de moda, e foi substituído por termos como “casa alerta”, “ambientes integrados”, “ambientes vivos e interativos”, “casa obediente”, entre outros. As maiores motivações para o desenvolvimento da Domótica não são apenas luxo e conforto, como se pode pensar em um primeiro momento. As principais motivações são:

- A aceleração do ritmo diário das pessoas, com estilos de vida cada vez mais ocupados, e conseqüente demanda por eficiência e flexibilidade no dia-a-dia;
- A quebra das barreiras do tempo e do espaço (crescente “tele-presença”);
- O envelhecimento da população, levando a uma maior demanda de idosos vivendo por mais tempo em suas casas;
- A crescente demanda por segurança, devido ao aumento da criminalidade e/ou senso de insegurança;
- O aumento da necessidade de preservação do ambiente e de economizar energia, promovendo o desenvolvimento sustentável e compensando o aumento do preço da energia;
- A crescente necessidade de ter em cada casa um “santuário” da privacidade, descanso e relaxamento; e
- O modo de vida tecnológico das novas gerações, cada vez mais crescente.

Diante dessas motivações, o interesse é cada vez maior em desenvolver sistemas e dispositivos domóticos, a fim de controlar as várias funções de um edifício inteligente. E mesmo que a domótica sustentável ainda não pague o investimento com a economia que é capaz de gerar em um prazo aceitável, existem pessoas que estão dispostas a pagar pela redução do impacto ambiental e do consumo de água e energia. A Figura 2.2 apresenta um quadro de sustentabilidade da Automação Predial.

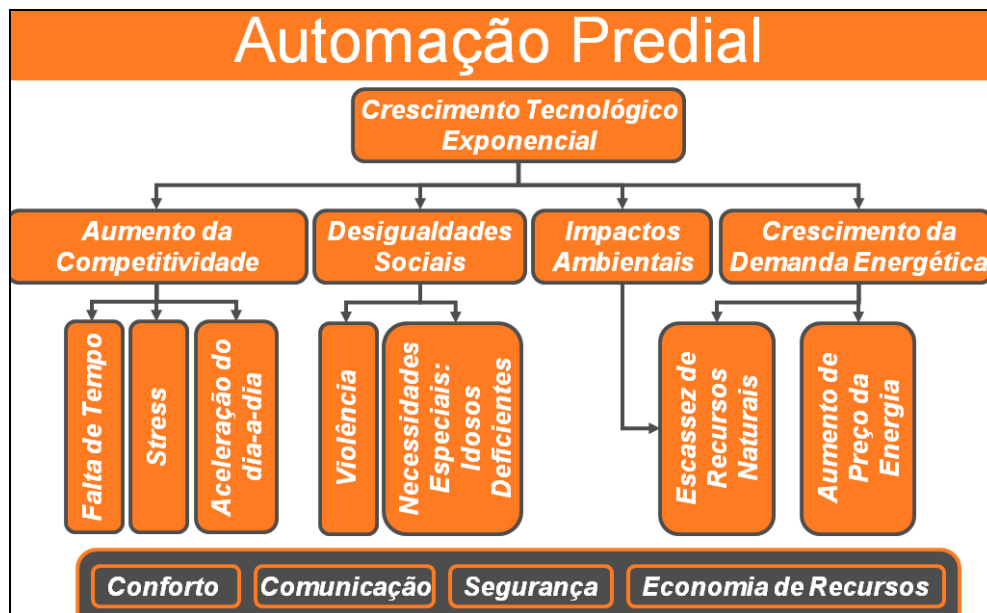


Figura 2.2 Sustentabilidade da Automação Predial. Fonte: Canato, 2007.

2.3.2. Tendências do Mercado de Automação Predial

Atualmente, o mercado da Automação Predial nacional pode ser caracterizado pelas seguintes tendências (MATTAR, 2007):

- i. A substituição prematura em função dos modismos e retirada periódica de componentes do mercado em função de se tornarem obsoletos por sua falta de compatibilidade com os sistemas em uso – obsolescência programada – que induz a freqüentes e onerosas substituições de todo o sistema, que em geral é fechado (proprietário). É interessante observar que na Automação Industrial, observa-se a tendência oposta: os sistemas são abertos e projetados de modo a garantir a substituição parcial dos componentes, sem necessidade de substituição do sistema. Em uma fábrica, um módulo defeituoso é substituído sem que seja necessário parar linha de montagem e substituir todo o sistema, fiação, etc. Com isso, o fabricante se obriga a manter peças de reposição para garantir a continuidade do processo produtivo, garantir sua imagem e fidelizar o cliente;
- ii. O superdimensionamento e inadequação da tecnologia adotada, que faz o cliente arcar com investimentos extras sem retorno;

- iii. A resistência do cliente em aceitar sistemas de detecção com tecnologia nacional – embora existam empresas que fabricam equipamentos, integram e projetam, especialmente para Automação Industrial; com a abertura da economia, estão sendo importados equipamentos não tropicalizados, pouco robustos para as condições locais, e painéis prontos e montados sem a preocupação de formação adequada do pessoal de assistência técnica, acarretando custos adicionais ao cliente;
- iv. Processos de especificação inadequados e não adaptados a cada aplicação. Desatenção aos requisitos de compatibilidade entre os vários sistemas integrados em um mesmo projeto;
- v. Não inserção do projeto de automação predial no projeto de infraestrutura civil e de arquitetura o que implica em soluções adaptadas de maior custo e menor funcionalidade;
- vi. Descompromisso com a relação custo-benefício e com a solução da engenharia do problema. Diferentemente da Automação Industrial onde:
 - Qualquer investimento implica em retorno imediato ao operador da máquina ou ponto;
 - Automatiza-se apenas aquilo que é reconhecidamente prioritário.
- vii. Necessidade de melhoria da qualidade dos sistemas de supervisão em relação às interfaces de usuário, aplicativos de controle para sistemas de redes;
- viii. As despesas anuais com os custos mensais diretos e indiretos elevados;

2.3.3. Mercado Atual da Automação Predial

Apesar do mercado da Automação Predial existente não ser recente no Brasil (EHRILHC, 2006), necessita ser melhor explorado em todo o seu potencial. Ele foi e em muitos casos ainda é tratado apenas por suas vertentes — utilidades, ar-condicionado e segurança. Quando o projeto de Automação Predial é elaborado como parte de um projeto novo, facilita-se a implantação e maximiza-se o retorno.

Por exemplo, em países como os Estados Unidos e na Europa, os provedores de automação fazem a proposição da automação logo no início do projeto e acompanham o andamento das obras. Esta é uma realidade muito distinta do mercado brasileiro.

É claro que projetos novos têm instalação mais fácil, mas o grande filão da Automação Predial é mesmo o *retrofitting* (partindo da arquitetura original) e aí a capacidade do fornecedor se põe à prova – lembrando que são sempre projetos mais onerosos para o cliente, tornando-se importante o detalhamento do projeto, dentro do melhor custo x benefício possível. Muitas vezes o cliente quer uma solução que encarece muito o projeto e o fornecedor precisa ter sensibilidade para já propor, por exemplo, a estrutura de cabeamento adequada para suportar futuras expansões.

Os investimentos em AP ainda são considerados elevados. Segundo a revista Automação Industrial, (EHRILHC, 2006), em um novo projeto, a automação toma de 1% a 2,5% do valor total do investimento; em um *retrofitting*, isso pode chegar a 3,5% facilmente. Esses valores são para um projeto completo de automação, incluindo a automação, incêndio e segurança – sendo que o controle climático e a segurança são os itens de maior impacto no custo final.

O retorno não é facilmente mensurável dado que as ações são preventivas (segurança e incêndio), e no Brasil não existem regras para se automatizar um edifício, apenas normas de associações internacionais que norteiam padrões a serem seguidos, como as da ASHRAE (www.ashrae.com) para ar-condicionado. No Brasil, existem normas para segurança e incêndio, mas ainda muito insipientes. Este cenário deve mudar já que a ABNT possui comissões permanentes para esta área.

2.4. Revisão de Trabalhos Publicados

Foi elaborada a análise de diferentes visões profissionais para a área de Domótica (Engenharia Civil e Arquitetura, Controle e Automação, e Ciências da Computação), permitindo assim que esse projeto de pesquisa seja abrangente englobando diferentes pontos de vista direcionada a aplicações dessa nova tendência que é a integração dos sistemas de automação predial ou Domótica, e conectividade com o ambiente construído.

A seguir serão apresentadas as principais contribuições obtidas de visões dessas áreas, permitindo assim uma homogeneidade de definições de nomenclaturas, conceitos e métodos desenvolvidos nessa dissertação. O objetivo é apresentar os envolvidos no processo de elaboração de um projeto de Automação Predial suas preocupações e interesses para com o produto final.

2.4.1. Engenharia Civil e Arquitetura

Para a área de Engenharia Civil e Arquitetura no setor de construção, o importante é que exista a necessidade da obra em se adaptar a nova realidade da “população da informação”, que esta conectada a *internet* e integrada cada vez mais as novas invenções e tecnologias disponíveis e acessíveis no mercado.

Para Mattar (2007) o estudo da Domótica aborda as mudanças tecnológicas que na contemporaneidade estão modificando o estilo de vida de apenas uma pequena parcela da população brasileira (parcela com maior poder aquisitivo) mas em um breve período histórico, afetará um grupo cada vez maior de pessoas. Essas mudanças têm gerado demandas de novos produtos para os empreendimentos em construções. Entretanto devido ao crescente grau de exigência dos consumidores e a grande rapidez das mudanças sociais, existe a dificuldade atual de se identificar os anseios deste público-alvo e em se projetar novos produtos que o satisfaçam.

Fica identificado como principal contribuição adquirida nas áreas Engenharia Civil e Arquitetura que os consumidores mudaram seus hábitos e os produtos da indústria da construção tendem a se transformar para atender-los. Hoje a Automação Predial é um diferencial competitivo, tendo como tendência sua popularização através do surgimento de novos produtos. A conectividade não estará apenas restrita a equipamentos, sendo inserida no contexto residencial e de comercio como forma de controle de determinadas funções (ex. controle da acesso, temperatura, etc...), acessibilidade (automação de determinados equipamentos) para atender a um usuário com necessidades cada vez mais especiais e exigentes. A Tabela 2 apresenta os impactos gerados pela internet, justificando o uso desse recursos nos ambientes construídos.

Tabela 2 Impactos gerados pela Internet. (MATTOS, 2004)

Fatores	Impactos da Internet
TEMPO	Informações 24 horas por dia e todos os dias
ACESSIBILIDADE	Comunicação rápida e desburocratização
MÍDIA DA INFORMAÇÃO	Informações eletrônicas e com autenticação identificada pela fonte
SIMULTANEIDADE	Utilização de um mesmo meio de comunicação por mais pessoas e em diferentes locais
RESTRIÇÃO TECNOLÓGICA	Para entrar no mundo virtual é necessário um computador, modem, softwares, etc..
RAPIDEZ DE ACESSO	Informações rápidas e de diferentes bancos de dados (jornais, revistas, artigos)
COMPRAS E CURSOS	Menor deslocamento, agilidade no tempo de compra e redução de gastos de combustíveis

2.4.2. Controle e Automação

Na área de Controle e Automação se encontram inúmeros protocolos para Automação Predial, alguns já definidos e estruturados, podendo assim, ser adquiridos e instalados nos espaços desejados sem muita dificuldade.

Segundo CANATO (2007), “Domótica é uma ciência recente que, se ainda não está completamente consolidada, tornar-se-á em breve, seguramente uma referencia obrigatória no que respeita à construção das casas do futuro”.

2.4.3. Engenharia Elétrica e Ciências da Computação

Para a área de Ciência da Comunicação a abordagem do tema tem como principal foco descrever as redes de comunicação existentes e mais utilizadas hoje no mercado de automação

predial. Define os diversos tipos de protocolos de comunicação, segmentos e aplicações passíveis de automação bem como seu custo/benefício.

Reforça-se na proposta deste trabalho a utilização do protocolo UPnP – Universal *Plug and Play* para aplicação em AP devido a facilidade, flexibilidade, estrutura já existente para apoio e desenvolvimento das soluções e seus custo. Este protocolo já está embutido no MS-Windows ME e MS-Windows XP, e funciona sobre o protocolo TCP/IP utilizando HTML e XML, podendo inclusive comunicar-se com outros protocolos ou tecnologias de automação residencial tais como: HAVi, CeBus, LonWorks, EIB e X-10, que podem fazer parte da rede UPnP através da utilização de pontes (bridges) ou conversores (proxys).

As redes UPnP podem utilizar qualquer meio físico compatível, tais como: Rádio Frequência (RF e Wireless), linha telefônica, rede elétrica, Infra-Vermelho (IrDA), Ethernet e FireWire (IEEE 1394).

2.5. Descrição de Tecnologias, Produtos e Aplicações Disponíveis

A Domótica ou AP é uma tecnologia recente que permite a gestão de todos os recursos habitacionais e comerciais a serviço de seu usuário, por exemplo soluções para automação de residências que antes eram coisas de filmes de ficção científica, já são realidade. Conhecer todas as possibilidades é difícil porem a imaginação é o limite. “É um universo quase infinito”, comenta o engenheiro José Roberto Muratori, presidente da Associação Brasileira de Automação Residencial (AURESIDE). Tudo depende da criatividade, conhecimento técnico e identificação do custo e benefício do investimento que deve melhorar a vida de quem tem limitações, por exemplo, com tecnologia de comando de voz, deficientes e idosos podem se tornar mais independentes.

Trata, contudo de uma ciência recente que, se ainda não está completamente consolidada, tornar-se-á em breve, uma referência obrigatória no que refere à construção de casas do futuro e

resulta cada vez mais, da contribuição conjunta de profissionais de áreas tão diferentes como a construção, arquitetura e eletrônica.

Com a alteração dos padrões de vida, a Domótica encontra outras áreas onde pode ser útil, aumentando o número de pessoas a serem atendidas, por exemplo, despreocupação para quem deseja viajar constantemente ou mais autonomia a pessoas com necessidades especiais são apenas alguns exemplos. Dotar as casas com soluções tecnológicas que permitam a independência relativamente a terceiros, é um benefício que não é mensurável e não se pode descurar. Permitir que as tarefas domésticas fossem executadas de uma forma simples e acessível a pessoas idosas, com problemas de mobilidade ou deficiências físicas, vem oferecer um maior conforto e melhorar o seu nível de vida promovendo maior independência. Pequenos gestos do quotidiano, tal como controlar a iluminação, acionar aparelhos, a partir de uma diferente localização dentro ou fora do ambiente que a tecnologia esta instalada, assim como acionar mecanismo de alerta quando um imprevisto surgir ou a segurança destas pessoas estiverem posta em causa. A Figura 2.3 ilustra alguns equipamentos que podem ser utilizados na automação residencial:



Figura 2.3 Equipamentos de Automação Residencial (CANATO, 2007).

A seguir serão abordadas e descritas algumas das tecnologias já disponíveis e acessíveis no comércio. A Automação Predial está em franca expansão, e ainda é motivo de estudos com adição incessante de melhorias, novas idéias ou novas técnicas de aperfeiçoamento dos produtos já existentes. Porém, podemos alavancar alguns dos principais sistemas de AP que estão em

evidência e estão efetivamente sendo estudados e utilizados em diversas regiões do Mundo são (CANATO, 2007):

- Segurança: alarmes e monitoramento; circuito fechado de tv; controle de acesso; reconhecimento facial; alarme de vazamentos de gás, fumaça e incêndio e check-up humano remoto.
- Entreterimento: *home theater*; áudio e vídeo distribuídos; tv por assinatura e internet; telas gráficas para armazenamento de imagens e documentação pessoais.
- Controle de Iluminação: controle do acendimento de luzes com programação, sensores de presenças promovendo a economia de energia e uso racional desse recurso natural.
- *Home Office*: telefonia; redes domésticas que possibilitam reuniões virtuais através de redes remotas promovendo agilidade e maior conforto do usuário em seu local de trabalho.
- Ar condicionado e Aquecimento: controle de temperatura do Ambiente.
- Eletrodomésticos Inteligentes: forno; geladeira; maquina de lavar inteligentes; cafeteiras, chuveiros e torneiras.
- Serviços Inteligentes: portas e cortinas automáticas; centrais de vácuo - aspiração de pó e reconhecimento de voz; elevadores inteligentes.
- Funcionalidades Auxiliares: energia solar; estações climáticas; irrigação de jardins e hortas.

Para maior entendimento do funcionamento de equipamentos prediais que podem ser automatizados será apresentado abaixo os exemplos mais comercializados no setor de construção e que já estão disponíveis no mercado:

2.5.1. Sistema de Circuito Fechado de TV

Este sistema consiste no monitoramento e vigilância eletrônica para proporcionar segurança e conveniência à construção, ao ponto de permitir a visualização de visitantes em qualquer aparelho televisor dentro de uma edificação. Este sistema utiliza câmeras e monitores,

que podem variar bastante em valor, complexidade do sistema e resultado obtido encontrando-se desde modelos pequenos (do tamanho de um cartão de crédito) até grandes, de uso profissional, possuindo gravação de sons como opcional e com movimentação. Câmeras externas (principalmente) podem ser dotadas de detector de movimento, para acioná-las e iniciar gravação em videocassete e até emitir bips de aviso. Pode-se levar também em consideração o modo de visualização e gravação, Preto-e-Branco ou Colorido (CISCO SYSTEMS. 2005).



Figura 2.4 Sistema de Segurança e Iluminação.

Após a escolha, as câmeras devem ser posicionadas corretamente com o objetivo de cobrir a maior área possível com boa visão focal e que geralmente está entre dois a seis metros. Deve-se evitar o posicionamento próximo aos pontos de luz artificial ou natural direta (embora as câmeras normalmente possuam a função auto-íris), pois isso causa zonas escuras que prejudicam muito a qualidade da imagem. Quanto aos monitores, existem vários tipos de monitores dedicados que funcionam apenas com as imagens do circuito fechado. No entanto, é cada vez mais recomendável fazer uma integração entre o CFTV e o Sistema de Vídeo (ou seja, TV a cabo, satélite ou antena), tornando possível aos usuários ter a imagem gerada pelo CFTV em qualquer uma das TV's, num canal especialmente designado para este fim. Para isso basta o uso correto de moduladores de sinal. Desejando um pouco mais de sofisticação, é ainda possível mudar o canal da TV (passando a monitorar a imagem do CFTV. Com relação ao cabeamento, são necessários cabos para alimentação em baixa voltagem para as câmeras e cabos coaxiais para transporte das

imagens (sistema ainda mais eficaz e barato). Onde a passagem de cabos é difícil, pode-se utilizar o sistema de transmissão Wireless (Sem Fio), utilizando câmeras e transmissores num único conjunto ou utilizando o transmissor separado da câmera. Nesta segunda hipótese, pode-se posicionar o transmissor num local mais conveniente e interligá-lo à câmera através de um cabo.

A possibilidade de checar as imagens do CFTV remotamente é característica de um sistema bem planejado. O método a ser usado depende de quanto se quer gastar e do que exatamente se quer monitorar. Com o uso de software apropriado, o usuário pode acessar as imagens através de um PC, por linha discada, a uma velocidade em torno de cinco quadros por segundo (através da digitalização das imagens geradas analogicamente das câmeras). Ou ainda um método mais sofisticados, utilizando câmeras WEB CAMs profissionais conectada diretamente por cabo par trançado à rede LAN (câmeras inteligentes com IP próprio) e que podemos ter várias unidades conectadas a um HUB interagindo normalmente com um PC (servindo de gateway) e que pode disponibilizar estas imagens para o *Home Theater* ou para a internet.

2.5.2. Sistema de Controle de Iluminação

Sistemas inteligentes de iluminação podem acentuar os detalhes arquitetônicos de uma sala ou criar um clima especial, seja ele para reuniões ou festivo. Ligando e desligando automaticamente, podem proteger um ambiente de intrusos, fazendo-a parecer ocupada na ausência de seus proprietários. Economia de eletricidade é outra vantagem, pois a intensidade de luz é regulada conforme a necessidade e as lâmpadas não precisam ficar totalmente acesas como acontece normalmente. Os sistemas inteligentes também dão apoio ao *Home Theater*, propiciando a iluminação correta para cada uso (assistir programas no telão, ouvir musica, etc.).

Os sistemas mais simples de controle de iluminação são baseados em tecnologia X-10 e utiliza a própria rede elétrica existente para acionar os pontos de iluminação e tomadas de eletricidade, através da conexão de módulos externos sobre as atuais tomadas ou substituindo as mesmas por outras especiais. Estes módulos possuem um endereço digital que será utilizado pelos controladores para identificá-los e para que possa haver comunicação independente. Os

controladores centrais poderão ser constituídos de botões simples ou controladores mais complexos que poderão ligar e desligar, aumentar e diminuir intensidade e temporizar o funcionamento do equipamento (figura 2.5).



a) Sensor de presença



b) Controle para acionar lâmpadas

Figura 2.5 Equipamentos Comerciais de Automação Predial.

Existem também sofisticados sistemas de controle que operam através de cabeamento dedicado e servem para um único ou multi-ambientes. Gerenciados por controladores inteligentes (dimer multicircuito GrafikEye da Lutron por exemplo) que podem responder a uma variedade de sinais, desde um sensor de presença até a ativação de um reproduutor de som, podem escurecer e clarear as luzes em níveis bastante precisos, criando os chamados cenários (ambiente para festas, leitura ou focando obra de arte), ou iluminar um caminho pré-definido, do hall até seu quarto.

Estes sistemas inteligentes podem gerenciar outros sistemas eletrônicos, como o de segurança, de ar condicionado / aquecimento e de entretenimento, de forma que, por exemplo, ao toque de um interruptor instrua o sistema de segurança a ser armado e acender certas luzes. Os mais recentes sistemas de controle de iluminação não utilizam fio, os interruptores se comunicam com as lâmpadas por radio frequência e podem ser instalados e expandidos com mais facilidade.

A utilização dos sensores de presença permite fazer com que a iluminação se acenda automaticamente quando alguém entrar em um recinto, e se apague algum tempo após a pessoa deixar o ambiente. Os sensores são ideais para serem usados na garagem, cozinha, despensa, hall,

corredores e áreas de serviço, evitando que a lâmpada permaneça acesa quando não há pessoas presentes, o que acarreta um considerável potencial de economia de energia elétrica de até 60%.

O sensor de presença é indicado para uso em salas, escadas, corredores, garagens e mais locais onde existir movimentação de pessoas. Este dispositivo detecta automaticamente a radiação infravermelha, emitida pelo corpo humano, acionando automaticamente uma carga elétrica. Como foi apresentado anteriormente na tabela 2.1, podemos notar que a economia de energia gerada pela utilização de sensores, onde esses produtos "se pagam" em poucos meses, pois com ele sua economia de energia pode ser de até 60%, quando usado para fins de iluminação.

2.5.3. Home Office

A vida moderna do ser humano tem tornado necessária a criação e implementação dos conceitos de *Home Office*, ou escritório doméstico, como substituição ou incremento ao já existente, de forma a disponibilizar serviços ao seu usuário 24 horas por dia. A partir desta necessidade, torna-se também necessária uma eficiente rede de comunicação, incluindo não só computadores, mas também a possibilidade de conectar outros eletrônicos de uso doméstico. Uma estatística americana realizada no final de 2006 constata que aproximadamente 28% da população trabalha em tempo total ou parcial em casa, aproximadamente 34% têm mais de um PC em casa, e cerca de 2 milhões têm rede doméstica já instalada (EHLRICH, 2006).

Acredita-se que as redes domésticas serão a ponte da integração e da convergência entre o PC e os demais equipamentos eletrônicos, fato que inclusive já começa a aparecer em diversos segmentos, devido à facilidade de instalação, configuração e administração (já que a maioria dos usuários está familiarizada com o PC e a interface gráfica). A adoção de redes domésticas possibilita o compartilhamento de impressoras, modems e outros periféricos e ainda possibilita a distribuição e acesso de imagens do sistema de segurança e Internet através da rede, que poderá ser acessada pelos computadores e ou televisores disponíveis na residência. Uma boa rede doméstica deverá suportar o protocolo TCP/IP e também sinais de banda larga para vídeo e áudio, telefonia multicanal e automação através de um único cabeamento. Isto é importante,

levando em conta as tendências de convergência entre os diversos equipamentos de áudio analógico e digitais (MP3), TV, DVD, Internet, *Home Theater*, telefonia, jogos por computador, alarmes, etc..., juntamente ao fato das redes domésticas em alta velocidade (entre 100 a 1000 Mbps) e linhas DSL que se popularizam com brevidade.

2.5.4. Energia Solar

Para que uma edificação, seja um prédio comercial ou residencial, funcione de maneira independente e quase auto-suficiente (pelo menos por um tempo pré-determinado), é necessária uma fonte de energia gerada que seja renovável, limpa, barata e que não agrida o meio ambiente. Para obtenção de energia solar, é necessário instalar coletores no telhado, baterias para guardar a energia, tubulação adicional e cabeamento condizente. A geração de energia através do sol pode ser obtida por duas principais tecnologias: uma usa a luz do sol para gerar eletricidade diretamente (fotovoltaica) e a outra usa a luz do sol para aumentar a temperatura do interior da casa ou da água (térmica). O sistema mais comum aquece diretamente a água e custa aproximadamente US\$ 2.000,00, com retorno entre 5 a 10 anos. Este sistema pré-aquece a água antes de fazê-la passar pelo sistema tradicional (que deverá permanecer instalado), caso a temperatura já esteja adequada o termostato não ativará o sistema tradicional, ou este funcionará apenas o necessário. Num dia claro e ensolarado, o sistema solar consegue satisfazer 100% da necessidade de água quente em um prédio residencial.

Utilizando basicamente o mesmo tipo de equipamento (painéis coletores instalados no telhado e um tanque de estocagem) pode-se também aquecer o ambiente. Sistemas irradiantes de calor no piso distribuem água quente através canos instalados debaixo do piso e são considerados um dos meios mais confortáveis de aquecimento. Uma área de coletor de aproximadamente 20 m² pode aquecer até 100m² (figura 2.6).



Figura 2.6 Placas de um Sistema de Aquecimento Solar (GERHART, 1999).

Numa outra tecnologia, a energia solar ao invés de ser utilizada para aquecimento serve para gerar eletricidade. Um sistema fotovoltaico usa painéis coletores, colocados no telhado ou mesmo no chão. Estes painéis são feitos de semicondutores, normalmente de silicone. Quando a luz incide no semicondutor, os elétrons se libertam dos átomos e produzem um campo elétrico interno. Os painéis coletores alimentam com corrente DC uma série de baterias em intervalos regulares. As baterias estocam a energia e então a enviam a um inversor que converte DC para corrente AC em 120 volts. Quanto maior o painel, mais kW de eletricidade ele pode produzir. Como exemplo, um conjunto de 10 painéis de 100 W (aproximadamente 1,50 x 0,60 m cada um) pode abastecer tranquilamente os seguintes equipamentos elétricos: seis lâmpadas fluorescentes, ventilador, rádio, TV e reprodutores de vídeo, geladeira, torradeira e lava-roupas. Para dimensionar um sistema destes é necessário saber as condições climáticas da região, pois seu desempenho varia bastante com relação à quantidade de dias ensolarados.

2.5.5. Central de Vácuo – Aspiração de Pó Central

A limpeza pode ser feita sem precisar empurrar, puxar ou carregar equipamentos pesados nem trocar filtros de pó. Uma Central de Aspiração é o coração do sistema, podendo ser instalada em um depósito ou na área de serviço, locais que tornam seu funcionamento imperceptível nas áreas internas. Assim, o nível de ruído emitido é insignificante, não incomoda e a limpeza é feita em qualquer lugar ou horário, enquanto que o aspirador convencional, quando ligado, torna impossível ouvir música, assistir à TV ou falar ao telefone. A central fica interligada a várias tomadas de aspiração, através de uma rede de tubos PVC instalados durante a fase de construção no interior das paredes, em cima dos forros ou sob o piso, ao mesmo tempo em que é dimensionada e construída a rede de água e eletricidade. (figura 2.7).

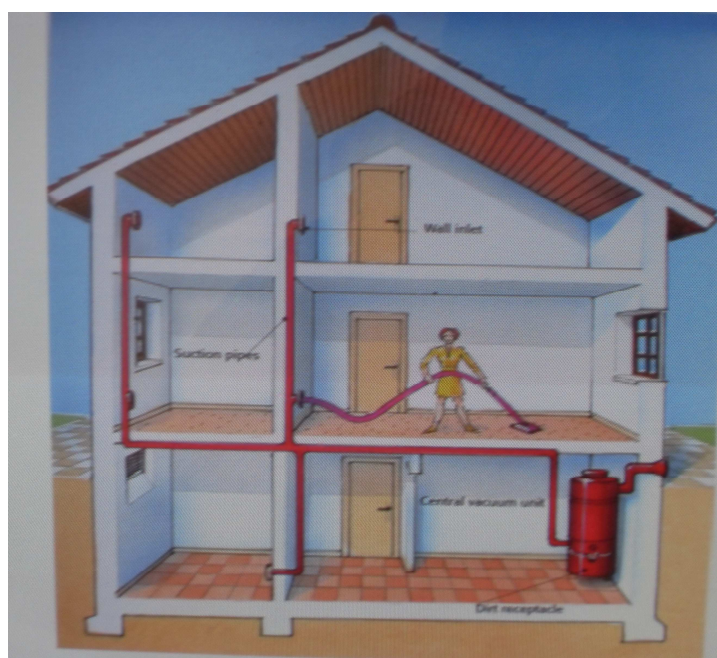


Figura 2.7 Sistema de aspiração centralizado (GERHART, 1999).

O pó, a sujeira, os ácaros e outras bactérias são fortemente aspirados para o depósito de lixo localizado na central instalada fora de casa, podendo ser removido e esvaziado de duas a três vezes por ano. Este sistema é totalmente aprovado e recomendado por médicos alergologistas, a inovação do sistema retira 100% do pó, sem recirculá-lo dentro de uma residência ou estabelecimento comercial, evitando doenças respiratórias e alergias causadas pela poluição. O

preço da central de aspiração começa em US\$ 2.000,00, e um sistema de porte médio completamente instalado, já com a tubulação de PVC deve custar aproximadamente US\$ 4.000,00 para um ambiente de até 300m² de área construída.

2.5.6. Reconhecimento de Voz

A possibilidade de utilizar sistemas de reconhecimento de voz na automação predial tem aumentado substancialmente a cada dia que passa, decorrente do barateamento dos custos dos recursos de informática e do aumento significativo do poder de processamento dos computadores que é essencial para uma boa performance do sistema (MONTEBELLER, 2006).

Muitos produtos já foram lançados no mercado, principalmente para utilização por pessoas com deficiência física, crianças e idosos. Estes produtos baseiam-se em ditados e precisam de um pré-treinamento do usuário para que o sistema reconheça o seu padrão de voz. O sistema de reconhecimento de voz deve ser um opcional nos sistemas automatizados, ou seja, para os usuários impossibilitados de falar deverá haver os comandos normais através de interruptores, sensores, controle remoto e painéis de controle.

2.5.7. Sistemas de Alarmes de Vazamentos de Gás, Fumaça e Incêndio

Consistem em dispositivos para alertar e resolver imprevistos, dispondo de sensores para detecção de fumaça e incêndio, que podem emitir sinais sonoros de alerta e até acionar esguichos de emergência ou sensor de vazamento de gás. Uma vez que o sensor capte a vazão, um dispositivo automaticamente fecha a saída de gás, corta a energia elétrica da casa e ainda levanta as cortinas para a ventilação (MONTEBELLER, 2006).

2.5.8. Controle Remoto Universal Programável

Para integração de sistemas de *Home Theater* pode-se usar centrais inteligentes microprocessadas, porém, os custos destas centrais ainda são muito altos e sua programação

depende de recursos profissionais. Uma solução mais econômica, porém não menos eficiente, são os controles remotos universais (figura 2.8) que "aprendem" as funções dos controles remotos individuais e os substituem. Estes equipamentos realizam o controle de todos os componentes de um sistema doméstico de entretenimento. São modelos compactos que dispõem de um display *touchscreen* com botões "virtuais" reconfiguráveis renomeados de acordo com a seleção de componentes realizada. Desta maneira ele é fácil de ser operado, mesmo nos mais sofisticados sistemas de *Home Theater* (MOREIRA, 2009).



Figura 2.8 Controle Remoto Universal de um Home Theater.

Controladores multifuncionais eliminam a necessidade de múltiplos controles, pois os códigos de IR (infravermelho) permitem ser utilizado para qualquer marca de equipamento, além de vir pré-programado de fábrica para operar com um número bastante elevado de equipamentos. Normalmente estes equipamentos incluem características avançadas como teclas *macro* que podem ser programadas para traduzir todas as operações de um sistema de *Home Theater* num único toque em seu teclado, possuindo também:

- Desenho ergonômico, com painel LCD iluminado e botões virtuais;
- Grande capacidade de memória;
- Software próprio com possibilidade de *download* pela Internet; e
- Programação avançada de macros, com até 20 passos.

2.5.9. Gestão de Água

Em uma edificação vale a importância de controlar o fluxo de água emitido, pela sua economia. A automação deste pode ser dividida por torneiras e sistema de irrigação descrita a seguir. As torneiras são controladas através de um sensor de presença ou por um botão temporizado que controla o tempo do fluxo (figura 2.9). Nota-se que sua utilização pode ser usada em todas as torneiras e as mesmas em duchas. Já o sistema de irrigação, consiste no acionamento de um botão para a liberação da água, este persiste durante um tempo e logo encerra a irrigação, dá-se um tempo de drenagem do solo e volta a repetir o processo (MOREIRA, 2009).



a) Torneira com temporizador.



b) Torneira com sensor de presença.



c) Controle de vazão.

Figura 2.9 Equipamentos de Gestão de Água.

2.5.10. Estação Climática Acionada por Energia Solar

Este equipamento monitora o clima e envia dados atualizados para um PC, onde estes dados podem ser analisados estatisticamente e formar uma base de dados. Tais informações

podem automaticamente acionar janelas, cortinas, luzes, condicionadores de ar, ventiladores, exaustores, umidificadores, regagem de jardins e hortas quando necessário, etc.

2.5.11. Cortinas Automáticas

A motorização de cortinas e persianas proporciona uma grande conveniência, principalmente quando integrada aos controles de iluminação e aos sistemas de entretenimento (*Home Theaters*). Como principais características, podemos citar a utilização de controles remotos sem fio (IR) e a possibilidade de instalar sensores de chuva e de sol que acionam o fechamento e abertura das persianas conforme iluminação e temperatura desejada no ambiente a ser instalado esse sistema.

2.6. Integradores e Serviços em Automação Predial

A Automação Predial tem a finalidade de minimizar a intervenção do homem nas rotinas da vida contemporânea, tornando a vida no lar mais prática, segura e confortável, sem deixar de lado o aspecto pessoal e familiar necessário a um agradável ambiente. Entre estas rotinas encontra-se, por exemplo, a operação de sistemas de segurança, iluminação, controle térmico e entretenimento. Dentro do conceito de Automação Predial, três são os graus de integração destes sistemas (ZAMPRONHA, 2008):

Sistemas Autônomos - são sistemas independentes e não há a interligação entre os dispositivos;

Sistemas Integrados - todos os sistemas estão integrados a um controlador, por meio de uma central de automação; e

Sistemas Complexos – consiste no princípio de funcionamento da casa inteligente, onde o sistema pode ser personalizado de acordo com a vontade do usuário.

A AP é um mercado em crescente expansão. A Associação Brasileira de Automação Residencial - AURESIDE estima que no Brasil, nos próximos cinco anos, cerca de 40% das residências de médio e alto padrão apresentarão algum sistema de automação.

Pode-se, então, definir o integrador de sistemas residenciais como o profissional que elabora o projeto integrado, acompanha a execução da obra, participa da contratação dos terceiros envolvidos, supervisiona a instalação e garante o desempenho final do sistema integrado. Para atingir estes resultados perante seu cliente, seja ele o incorporador de um condomínio, um arquiteto ou o morador da residência, ele deve utilizar seus conhecimentos e habilidades, dispor de uma metodologia e incorporar em sua rotina novos fatores comportamentais.

2.6.1. Descrição dos Sistemas Integrados

Integração de diversos tipos de sistemas e funções, como iluminação, controles, segurança, controle de acesso, proteção contra incêndio, energia, sistemas hidráulicos, sistemas elétricos, ar-condicionado e climatização. Essas funções são integradas através da troca de informações via Internet ou intranet com o qual os usuários podem trocar informações, independente do horário, dia e local de trabalho.

Um sistema de automação eficiente permite que as decisões sobre as plantas possam ser tomadas, com fácil interatividade com o utilizador e com possibilidade da obtenção de gráficos das operações nas plantas, relatórios automáticos, tendências e estatísticas que estarão disponíveis a qualquer momento (CANATO, 2007). Estes sistemas integrados deverão atender as seguintes exigências:

- Protocolos de comunicação abertos (aplicações e padrões como BACNet, LONWorks e ModBus);
- Soluções tecnicamente integradas e abrangentes;
- Flexibilidade (possibilidade de ajustes para mudança de padrões);
- Facilidade de utilização.

2.6.2. Sistema de Supervisão e Controle

O Sistema de Supervisão e Controle do Edifício é responsável por diversas ações (ZAMPRONHA, 2008), dentre as quais estão:

- A centralização das informações vindas de todas as partes do prédio, com o intuito de monitorar e controlar todas as funções operacionais do edifício;
- O controle automático dos equipamentos e a lógica de funcionamento dos sistemas;
- A economia de energia e a redução de custos através do uso racional dos recursos disponíveis e da energia elétrica;
- O fornecimento de ferramentas de *software* para a programação de manutenção preventiva dos equipamentos instalados; e
- A tomada de providências visando sanar problemas funcionais, falhas ou alarmes.

A arquitetura de um sistema de supervisão e controle de um edifício é baseada em uma rede de equipamentos (processadores e controladores). Esta rede constitui um Sistema de Controle Distribuído (*DCS – Distributed Control System*), é caracterizada pela topologia hierárquica, com vários níveis de controladores.

2.6.3. Integração e Protocolos Comerciais

Apesar de terem características diferentes, os protocolos desenvolvidos para a Automação Predial respeitam uma singularidade que é a metodologia da modelagem e a integração de sistemas .

Uma das principais preocupações dos projetistas e instaladores de sistemas de automação deve ser a integração entre eles, onde os equipamentos muitas vezes apresentam complexa tecnologia, com interfaces amigáveis para que possam ser operados com certa facilidade pelo usuário final.

Quando isto não é previsto em projeto, tem-se a improvisação e o desperdício, que sempre resultam em prejuízos financeiros e dificuldades operacionais (MURATORI; AURESIDE, 2007). No mercado atualmente existem disponíveis numerosas soluções comerciais de protocolos prontos para a implementação da Automação Predial, entre as quais:

- a) **Padrão Americano:** Sistemas X-10; *SMART HOUSE*; *LonWorks*, Sistema *CEBus*; Sistema *BatiBUS*; e
- b) **Padrão Europeu:** Sistema EIB (*European Installation Bus*); EHS (*European Home Systems*).

2.7. Aplicações no Mercado Nacional

2.7.1. Soluções Tecnológicas Nacional

Muitas empresas vêm desenvolvendo projetos de automação predial, utilizando um controlador lógico programável (CLP) para monitorar ambientes de escritório. Este processo permite transplantar para um edifício comercial a lógica e os equipamentos adotados na automação industrial e nas plataformas de petróleo da Petrobras.

2.7.2. Siemens Building Technology - SBT

A Siemens tem atuado em todos os setores, desde edifícios residenciais e de comércio, a hospitais, aeroportos e indústrias farmacêuticas – nas salas limpas controladas — privilegiando sempre a integração (SIEMENS, 2009).

Considerando o potencial deste mercado, a empresa Siemens implementou desde o ano de 1998, o setor de SBT, com a aquisição do Grupo Eletrovat, possuindo três divisões que atendem as diferentes vertentes da Automação Predial: incêndio, segurança & automação e monitoração & alarmes, com o intuito de oferecer serviços de forma integrada, aumentando o retorno de maneira global, corporativa e integrada. Os projetos de Automação desta empresa são elaborados seguindo as normas internacionais, o que limita um pouco o empreendedor, pelo alto investimento inicial, onde a Siemens confiando na redução de consumo adota a política de assumir os custos do projeto em troca de cerca de 5% do valor da conta de energia.

A SBT atua em um mercado mundial de cerca de 6 bilhões de Euros por ano e que responde melhor quando se propõe uma solução mais completa. Por isso a empresa trabalha com qualquer protocolo (LONTalk, EIB, CEBus, *Ethernet*, Modbus) e até seu protocolo proprietário já possui interfaces para trabalhar com os de mercado. Cada protocolo tem seu lugar no mercado e, como acontece na área industrial, existem aplicações específicas. *Ethernet* TCP/IP é a tendência em protocolo corporativo, mas mesmo em automação predial, a comunicação de infraestrutura precisa de protocolos mais robustos.

Como exemplo de desafio tecnológico da Siemens, pode ser citada a automação do Shopping Dom Pedro, localizado em Campinas, SP, pertencente ao Grupo português Sonae, cliente da Siemens na Europa. Essa empresa pôde colocar em prática muitos conceitos em que acredita, como por exemplo, trabalhar desde o projeto em parceria com o empreendedor. Com custo total em torno de R\$ 350 milhões, este Shopping, por suas dimensões, utilizou-se de um sistema com muitos sensores que, além de monitorar a existência de gases, mantinha uma ventilação forçada. E os equipamentos podem ser programados para gerar mensagens de manutenção a serem enviadas para a central ou diretamente para o fabricante. A integração da parte de automação à segurança e à telefonia tornou-se um *showroom* do que a automação predial pode fazer. Existem lá cinco centrais de detecção e controle de incêndio, ligadas ao sistema de refrigeração e exaustão, auxiliando no estabelecimento de procedimentos de segurança em situações de emergência.

Lembra-se que qualquer projeto não deve se encerrar no *start-up*, mas ter continuidade em um acompanhamento, mesmo porque no mercado de SBT são muitas as alterações na planta inicial. A responsabilidade técnica sobre os projetos é limitada e restrita à exceção do projeto técnico com ausência de responsabilidade civil. E mudar esse quadro, ou seja, estabelecer normas técnicas obrigatórias e leis de responsabilidade civil para os projetistas é fundamental para aumentar a segurança e, conseqüentemente, fortalecer esse mercado.

2.7.3. Controles ofertados / demandados pelo Mercado

A Conexel está se colocando no mercado como um provedor de soluções em automação industrial e predial o que significa atender de maneira eficiente às necessidades específicas do projeto do cliente. O LONTALK é um dos protocolos padrão utilizados pela empresa, mas ela também integra projetos com outros protocolos como o DALI, específico para a parte elétrica e de iluminação que possibilita o uso de *dimmers* em reatores de lâmpadas fluorescentes, adequando a luminosidade do ambiente ao nível de incidência de luz natural, proporcionando uma redução do consumo de energia. O Metrô de São Paulo, por exemplo, estuda a implantação de controle de iluminação tanto pela economia quanto pelo conforto visual das estações.

O controle da inteligência de um edifício, hotel, hospital ou shopping — da iluminação, do fluxo de entrada e saída de veículos e pessoas, do ar-condicionado, do controle de alarme de incêndio, segurança e de utilidades -, tudo pode ser feito de forma integrada em um aplicativo de *software* possuindo duas versões para o controle: PC ou PLC. O primeiro é mais indicado quando o volume de informações é muito grande, além de ser uma tendência, onde o cliente prefere interfaces amigáveis, lembrando que a automação predial, quando bem projetada, promove economias de uso e de instalação (MURATORI, 2007).

Há algum tempo não se admitia fazer controle de processo baseado em PC, porque as máquinas não eram confiáveis. Como todas as tecnologias evoluíram hoje isso está mais que assegurado, com vantagens como capacidade de processamento. Também se constata uma tendência de se utilizar a rede *Ethernet*, cada vez mais veloz, confiável e conhecida. Algumas aplicações com essa rede chegam até as máquinas, ligando o sistema corporativo diretamente ao chão-de-fábrica, que pode ser transposto para a automação predial, interligando desde o controle de acesso, monitoração de energia, segurança, até o controle de equipamentos. Adicionalmente, a utilização de *softwares* Supervisório pode representar a integração de todas as aplicações da automação predial, com *softwares* desenvolvidos para o cliente, através de produtos de mercado.

Por não precisar de respostas extremamente rápidas como na indústria, as aplicações prediais — sejam elas para residência, edifício, shopping, hotel ou hospital — podem se utilizar dos endereçamentos disponíveis na *Ethernet* através do IP.

E os paralelos da Automação industrial/predial não param por aí, pois existem muitas aplicações similares: sensores, PCs, PLCs, protocolos, *Ethernet*, Web. Nessa última tecnologia, entretanto, ainda que se fale muito em *Wi-Fi* e *ENOcean*, a criação de uma intranet ainda é a solução mais confiável.

2.7.4. Cenário Atual e Perspectivas Futuras

Um projeto em Automação Predial deve prever os equipamentos e o espaço físico utilizados para a automação de seus recursos (TEZA, 2002). Os projetistas devem ter em mente quais tecnologias serão utilizadas e qual o espaço físico disponível para o uso dessas tecnologias. Dessa forma, os edifícios inteligentes devem ser capazes de se adaptarem às futuras tecnologias sem que haja uma modificação profunda em sua estrutura.

A AP certamente será uma exigência do futuro, entretanto a grande discussão gerada em torno desse contexto, é que a grande maioria dos prédios não possui a infraestrutura necessária para a automação exigida, devendo-se tomar a decisão de modificar a estrutura do prédio ou construir novo prédio que atenda tais exigências.

As tecnologias *Wireless* podem facilitar a tomada de decisão, pois as mesmas são disponíveis em sensores, equipamentos de controle e computadores e podem formar redes sem estrutura física permitindo que prédios antigos, ou mesmo pouco automatizados, possuam seus recursos interligados sem a necessidade de se modificar a estrutura física desses prédios.

Considerando o crescimento da demanda e novas pesquisas nas áreas, meios de implantar a automação de uma forma geral se tornarão mais acessíveis, e com isso a Domótica sustentável também se tornará mais barata, e em um futuro próximo, praticamente todas as residências

contarão com meios de torná-las mais sustentáveis, e provavelmente a utilização desses dispositivos serão obrigatórios e regulamentados.

Com relação às perspectivas futuras, podem-se contemplar os seguintes cenários possíveis e paradoxais, com inúmeras variantes:

- Um *cenário negativo*, correspondente à manutenção das práticas atuais e seu risco de destruir um mercado com grande potencial. Apesar da crescente consciência por parte dos empresários com a satisfação dos seus clientes, o número de administradores de condomínio, e de clientes (investidores e locatários) que desconfia ter comprado edifícios com sistemas inteligentes pouco operacionais e dispendiosos é grande, distanciando os fornecedores cada vez mais dos pequenos empreendimentos – um mercado de varejo com grande potencial se convenientemente explorado; e
- Um cenário otimista, aposta no amadurecimento do mercado, especialmente, em relação ao custo-benefício dos sistemas inteligentes, que poderá forçar o mercado de projeto, de instalação e manutenção a corrigir sua rota, com forte possibilidade de surgir um novo tipo de profissional ou empresa que conheça e transite em todas as áreas da engenharia e sistemas prediais, que saiba orientar seu cliente para uma decisão adequada e compatível com suas necessidades, possibilite sanear e ampliar o mercado no atacado e no varejo. A possibilidade deste cenário se consolidar também pode estar relacionada ao aumento da competitividade decorrente do processo de globalização da economia, que deverá demandar projetos e sistemas mais operacionais, confiáveis e abertos, que se espelhem no modelo de automação industrial e permitam aos clientes a liberdade de escolha.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias e com o crescimento da demanda e produção, os preços dos sistemas de automação predial declinarão, tornando-se mais acessíveis, e em futuro próximo certamente a Automação Predial se tornará não só acessível, mas como também primordial para manter a sustentabilidade das habitações e escritórios do mundo.

2.8. Considerações

Os principais benefícios da Automação Predial são a eficiência e economia, onde a integração possibilita que sistemas distintos trabalhem de forma conjunta e otimizada. Por exemplo, a integração do sistema de automação predial ao sistema de detecção e alarme de Incêndio permite que na ocorrência de um evento, os sistemas de ventilação de pressurização de escada sejam acionados automaticamente e o ar-condicionado desligado. Dentre os principais resultados podem-se destacar os seguintes:

- Redução de custos operacionais;
- Otimização da eficiência energética;
- Melhoria na manutenção e diagnóstico de solução e falhas;
- Melhoria no gerenciamento de informações;
- Maior flexibilidade;
- Arquitetura aberta – liberdade de escolha.

Todos esses aspectos e características garantem que uma determinada planta terá mais conforto, eficiência, segurança e economia. A Automação Predial deve proporcionar ao usuário final, muitos benefícios, não apenas considerando aspectos relacionados ao luxo e conforto, como também proporcionar eficiência e flexibilidade da utilização de recursos, segurança, preservação e racionalização de recursos ambientais, através da economia de energia, promovendo o desenvolvimento sustentável. Existe um interesse crescente em desenvolver sistemas e dispositivos de automação predial, mesmo que a Automação Predial sustentável ainda não pague o investimento com a economia que é capaz de gerar em um prazo aceitável, existem pessoas que estão dispostas a pagar pela redução do impacto ambiental e do consumo de água e energia.

O mercado da Automação Predial no Brasil apresenta um grande potencial a ser explorado, sendo atualmente explorado apenas em serviços considerados básicos tais como, acesso, ar-condicionado e segurança. Deve-se considerar que um projeto de automação predial novo é mais fácil de ser implementado e de se prever um retorno financeiro, ao contrário de um

retrofitting de uma instalação antiga onde podem acontecer imprevistos no projeto das instalações que acabam onerando o projeto, alongando o tempo de retorno e desestimulando o empreendedor.

Nos Estados Unidos, Europa e Japão, os provedores de automação são chamados pelos empreendedores para fazer a proposição da automação logo no início do projeto e até fiscalizar o andamento das obras, o que não acontece ainda no Brasil.

Em termos de investimento, o mercado de Automação Predial gera grandes economias, algo em torno de 25%, chegando a pagar sozinho o investimento em um ano — quando em projeto novo. No caso de um *retrofitting*, o valor desse tipo de investimento chega a dobrar por conta das adaptações de vários protocolos, entretanto, o *retrofitting*, em maior ou menor escala.

Em termos de formação profissional, a Automação Predial está identificada nas áreas de Engenharia Civil, Engenharia de Controle e Automação e Ciência da Computação, não existindo ainda formações profissionais específicas e isso explica as dificuldades de encontrar profissionais no mercado que possam realizar a concepção de sistemas integrados de Automação Predial. A Tabela 3, apresenta de forma comparativa as características mais presentes da Automação Predial nessas três grandes áreas da Engenharia.

Atualmente são usados mecanismos isolados de automação predial, geralmente nas seguintes áreas: climatização, controle de dispositivos elétricos, gerenciamento de energia, entretenimento, segurança e Internet. As tecnologias, equipamentos e aplicações anteriormente apresentadas tiveram como objetivo descrever algumas características e demonstrar que essa tecnologia pode ter aplicações de forma autônomas ou integradas conforme a necessidade do usuário. O grande desafio atual é conseguir integrar todos estes mecanismos num sistema integrado de forma a serem controlados e gerenciados remotamente.

Tabela 3 Comparativo das três áreas da Engenharia em Estudo.

Áreas/Fatores	Engenharia Civil	Controle e Automação	Ciência da Computação
Interesse de Desenvolvimento	Espaço físico	Equipamentos	Rede de comunicação
Contribuições de Projeto	Planta arquitetônica	Infra-estrutura	Cabeamento e Rede externas
Função no projeto de automação	Concepção e definição dos equipamentos	Modelagem do sistema	Implantação da rede de comunicação
Facilidade proporcionada	Qualidade espacial	Modulação e facilidade para alteração	Troca de redes e certificações

Capítulo 3

Metodologia Proposta

Este capítulo tem por finalidade apresentar uma proposta de metodologia para Automação Predial elaborada através da utilização de sistemas integrados industriais e aplicados em sistemas prediais. A metodologia apresentada foi desenvolvida a partir da utilização de equipamentos e tecnologias já existentes, disponíveis e acessíveis no mercado de automação. Tal método poderá ser utilizado por diferentes áreas de conhecimentos, pois foi elaborado para simplificar e integrar tais áreas (engenharia civil, controle e automação, e ciência da computação) importantes no processo de projeto, implantação e manutenção.

Para proposta de uma metodologia devemos atender alguns objetivos, tais como: redução do tempo de desenvolvimento do produto e dos custos; atendimento às necessidades e requisitos dos usuários internos e externos; aumento do valor e da qualidade do produto, redução das perdas e do número de problemas causados pela separação entre o projeto de modelagem e a implantação da produção final. Para atingir os mesmos é proposto um conjunto de práticas que devem ser seguidas, tais como: planejar e controlar os processos, incorporar a visão de fluxo dos processos e redução de incertezas através da precisa documentação das etapas inerente a produção da modelagem do sistema automatizado; realizar a troca de informações entre os envolvidos e linguagens profissionais. A Tabela 4 apresenta as principais diferenças entre os sistemas de automação prediais formados através dos sistemas de automação industrial, comercial e residencial (TEZA, 2002).

Tabela 4 Peculiaridades dos sistemas de automação (Teza, 2002).

Característica	Automação Industrial e Comercial	Automação Residencial
Projeto	Criado um padrão para comercialização para atender uma gama abrangente de usuários e segmentos do mercado (consultórios médicos, advogados, consultores, etc.)	Conceitos personalizados de acordo com o usuário, seus desejos e necessidades (acessibilidade, controle e supervisão, segurança, lazer, etc.)
Infra-estrutura	Previstas nos orçamentos iniciais da obra e incorporadas durante a construção. A maior parte dos equipamentos ficam no empreendimento.	A grande maioria das aplicações ocorre no decorrer da obra, quando não apenas ao seu final. A maior parte dos equipamentos utilizados não fica incorporada ao imóvel, podendo ser levado pelo seu proprietário ao se mudar.
Usabilidade / Operação	Sua operação pode ser complexa, pois implica num grande numero de usuários com muitas variáveis de controle e rotinas entre outras funções a serem operados.	Utilização de interface amigável e fácil operação.
Supervísório / gerenciamento	Acompanhado de relatórios de gerenciamento e controle devido à complexidade do sistema de supervisão.	Nem sempre necessitam de ser utilizados, e devem ter interface amigável e dedicada, podendo ter operações mistas.

(BOLZANI, 2004) considera a diferença entre o projeto predial tradicional e o projeto com automação do produto, “A implementação de um ambiente inteligente pressupõe o planejamento de temas que até hoje não se observam em construções prediais, como: organização dos sistemas de informática; sistemas de gerenciamento de ambientes; configurações das redes de comunicações internas e externas; integração de novos serviços de valor agregado; adaptação da rede aos vários usuários; conexão aos serviços públicos de telecomunicações; máxima flexibilidade nas mudanças e organização do espaço interno e externos, com a introdução de novos equipamentos e novos dispositivos”.

O projeto de automação é desenvolvido por um novo profissional que é geralmente denominado Integrador de sistemas prediais, responsável pelo projeto, instalação e gerenciamento dos sistemas automatizados. A profissão de “Integrador de Sistemas Prediais”, por ser muito recente, ainda não existe legalmente no Brasil. Mesmo sua nomenclatura, na bibliografia internacional e no Brasil, ainda apresenta variações como: integrador de sistemas

(*System Integrator*), integrador de automação predial e arquiteto eletrônico (*Electronic Architect*).

A formação técnica de seus profissionais provém de campos diversos, tais como engenharia(s), computação e arquitetura. Segundo Bolzani (2004), “Em muitos casos, o integrador de sistemas prediais iniciou sua carreira trabalhando em automação industrial ou em interligações de computadores em redes. A entrada no setor predial foi movida pela crescente expansão do mercado que, carente de projeto e mão de obra especializada, abria espaço apenas para tecnologia vinda do exterior e específica para o setor hoteleiro e de *shopping centers*. Os sistemas e equipamentos utilizados até então provenientes do ambiente industrial, eram todos adaptados. Com o crescimento do mercado surgiram os sistemas dedicados e a necessidade da qualidade de um novo segmento de profissionais”.

A proposta de metodologia para modelagem de um projeto de automação predial é fundamentada na apresentação de ferramentas que permitem a descrição funcional das seguintes etapas (Figura 3.1):

- a) Análise do Espaço a ser Automatizado;
- b) Diagnóstico das Necessidades do Usuário;
- c) Definição da Tecnologia e Equipamento a ser Instalado;
- d) Determinação do sistema de automação;
- e) Especificação do Sistema de Automação;
- f) Definição dos Elementos Funcionais;
- g) Orçamento e Tomada de decisões;
- h) Modelagem e Programação;
- i) Controle e Supervisão;
- j) Determinação da Rede de Comunicação.



Figura 3.1 Metodologia Proposta.

3.1. Análise do Espaço a ser Automatizado

Para a fundamentação dessa análise e como exemplo de implementação, foi utilizada uma planta residencial modelo na Figura 3.2 que permitisse a uma parte da gama de possibilidades para uma implementação de automação predial, dos quais foram introduzidos: um sistema de controle de energia via iluminação e um sistema de segurança.

Para essa etapa o importante é captar o máximo de informações sobre o espaço a ser automatizado visando identificar o que existe no espaço já existente ou no espaço a ser construído em relação às infra-estruturas e suas funcionalidades como redes de tubulações para elétricas,

pontos de tomadas e apagadores, pontos de luz, função dos espaços, circulações e aberturas (janelas e portas) e os equipamentos eletrônicos.

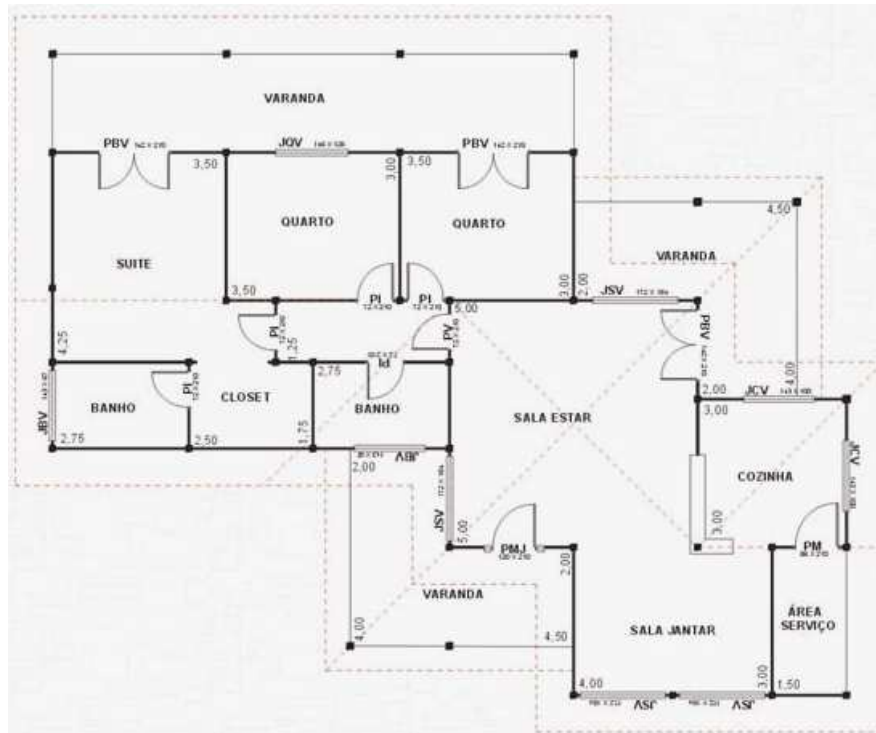


Figura 3.2 Planta Residencial Proposta (Casema).

3.2. Diagnóstico das Necessidades dos Usuários

Nesta etapa é realizado um levantamento de dados e informações do sistema a ser criado visando atender as reais necessidades do usuário e controlador. Nessa etapa são definidas viabilidades e tecnologias a serem utilizadas para a aplicação no sistema automatizado desejado realizado através de um *checklist* das necessidades do usuário

A Figura 3.3 apresenta uma situação onde o integrador oferece determinadas tecnologias e aplicações na tentativa de identificar qual o interesse do usuário na aquisição de um sistema automatizado e o que o mesmo espera como produto final.



Figura 3.3 Diagnóstico de necessidades.

3.3. Definição da Tecnologia e Equipamento a ser Instalado

Nesta etapa são definidos os equipamentos, com descrição de suas funcionalidades e principais aplicações, sempre priorizando protocolos abertos e padronizados que possibilitam benefícios tecnológicos, modularidade e realização de alterações de forma simplificada. Ainda nesta etapa é apresentada uma análise de custos e benefícios gerados pelo sistema proposto, permitindo assim o estudo de viabilidade de implantação num empreendimento, e especificação dos equipamentos a serem instalados. A Figura 3.4 ilustra o funcionamento de um sistema de segurança e sua relação entre os diferentes equipamentos utilizados para automação.

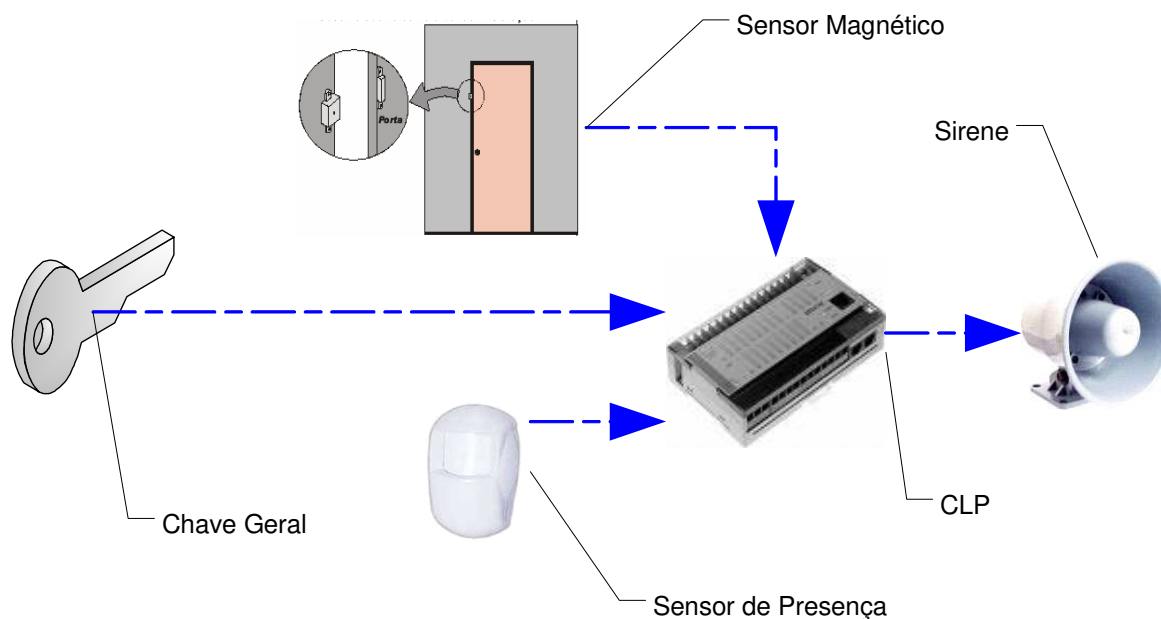


Figura 3.4 Integração de equipamentos de segurança numa planta automatizada.

3.4. Especificação do Sistema de Automação

Nessa etapa é elaborada uma planta arquitetônica (obra nova ou reforma) que registra toda a infraestrutura existente e a ser utilizada para a instalação dos equipamentos necessários a aplicação do sistema de controle e automatizado desejado. A Figura 3.5 apresenta uma planta de todo o projeto de implantação dos equipamentos para o funcionamento de um sistema de Automação Predial.

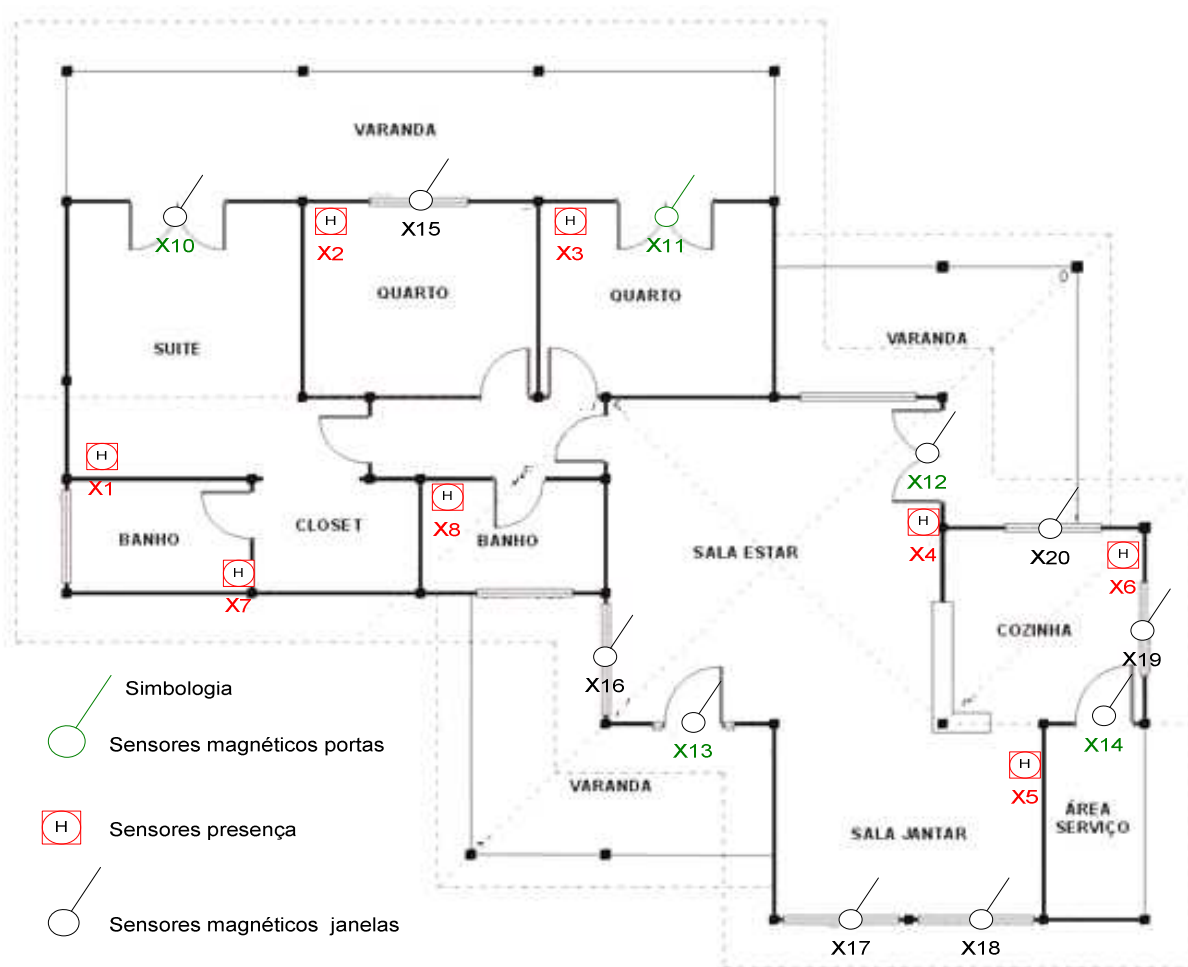


Figura 3.5 Planta automatizada.

3.5. Definição dos Elementos Funcionais

Os principais elementos funcionais de um sistema automatizado são os sensores (componentes de entrada de sinais), atuadores (componentes de saída de sinais), transdutores, detectores, redes de comunicação e programação. Segundo CANATO (2007) eles podem ser divididos em:

- Componentes de entrada de sinais:** utilizados para monitorar uma ação ou um evento. Como exemplos de sensores utilizados no dia a dia têm-se iluminação, ultrassom, presença, magnético, infra-vermelho passivo, umidade, teclado, interruptor, etc.

- b) **Componentes de saída de sinais:** utilizados para executar uma ação ou um evento. Como exemplos de atuadores utilizados no dia a dia têm-se os motores, válvulas, lâmpadas e sirenes; e
- c) **Controladores:** interface entre os sinais de entrada e saída desenvolvendo a lógica estabelecida de regulação e controle.

Os controladores têm função de armazenar um programa e processa-lo através da varredura das entradas e saídas. Segundo a ABNT, um CLP - Controlador Lógico Programável é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais, possuindo memória programável para armazenar instruções que implementam funções da lógica binária, permitindo a execução de comandos, controle e monitoramento de máquinas, equipamentos, dispositivos e de processos de fabricação.

Cada sinal recebido pelo CLP, a partir de dispositivos ou componentes externos (sensores) constitui um ponto de entrada (Ex.: micro chaves, botões, termopares, relés, etc.). Cada sinal gerado pelo CLP para acionar dispositivos ou componentes do sistema de controle (atuadores) constitui um ponto de saída. Ex.: lâmpadas, solenóides, motores, etc. Um programa nada mais é que a lógica de gerenciamento entre os pontos de entrada e saída, executando as funções desejadas, de acordo com o estado das entradas no CLP (Figura 3.6).



Figura 3.6 Esquema de funcionamento de um CLP.

O princípio de funcionamento de um CLP consiste na leitura das informações captadas por uma ação executada por um sensor (entradas) que envia informações a unidade central de processamento e a partir de uma programação é gerado um sinal comando (saída). Por exemplo, o

funcionamento de um sensor de presença em que temos como entrada a captação de um movimento, e partir de um programa realizado na Unidade Central de Processamento (CPU), é gerado um sinal de saída para acionamento de uma lâmpada ou alarme.

3.6. Orçamento e Tomada de decisões

Nesta etapa é fornecida ao cliente uma planilha de custos envolvidos para automação do espaço físico a ser automatizada, função das necessidades do cliente, sendo definidas nesta planilha diferentes possibilidades para automação utilizando as tecnologias, equipamentos, e custos de mão de obra para implementação dos serviços previstos.

Este orçamento permitirá a tomada de decisão final por parte do cliente, sendo proporcionado ao mesmo a escolha de diferentes tecnologias e equipamentos a serem utilizados, e fases de implementação (fortemente baseadas na estruturação do problema), sempre priorizando protocolos abertos e padronizados que possibilitam benefícios tecnológicos, modularidade e realização de alterações de forma simplificada e evoluções tecnológicas.

3.7. Modelagem e programação

Criamos modelos para obter uma melhor compreensão da entidade real a ser construída. Para cumprir com este objetivo, a UML é constituída de elementos, relacionamentos e diagramas. As interpretações do sistema podem ser feitas sob vários pontos de vista. Existem na UML nove diagramas, que podem ser classificados em diagramas estruturais (Classes, Objetos, Componentes e Distribuição) e diagramas comportamentais (Casos de Uso, Seqüência, Colaboração, Estados e Atividades) (MATTAR, 2007).

A modelagem é a área que trata da simulação de soluções para problemas científicos, analisando os fenômenos, desenvolvendo modelos matemáticos para sua descrição, e elaborando códigos computacionais para obtenção daquelas soluções. A modelagem utiliza um conjunto de métodos, ferramentas e formulações direcionadas a solução de problemas complexos, envolvendo número elevado de variáveis, volume importante de dados, processamento e manipulação de imagens (CANATO, 2007). A modelagem de Sistemas Automatizados pode ser implementada através de duas linguagens gráficas descritas a seguir:

- a) **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. É o núcleo 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.

O Grafcet é uma representação utilizada para a compreensão dos movimentos e funcionamentos dos sistemas (Figura 3.7). Os conceitos básicos desse sistema de controle discreto são extremamente claros e simples, considerando para seu desenvolvimento: a “etapa”, a “ação associada a etapa”, a “transição” e a “condição associada a transição (MATTAR, 2007).

- b) **LD - “*Diagram Ladder*”**: O Diagrama Ladder é 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 (Figura 3.8).

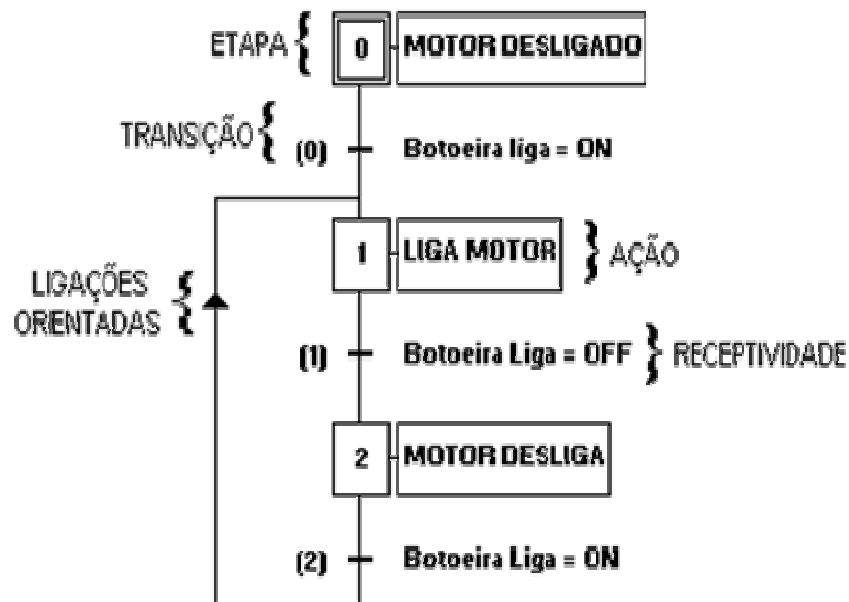


Figura 3.7 Exemplo de aplicação Grafcet.

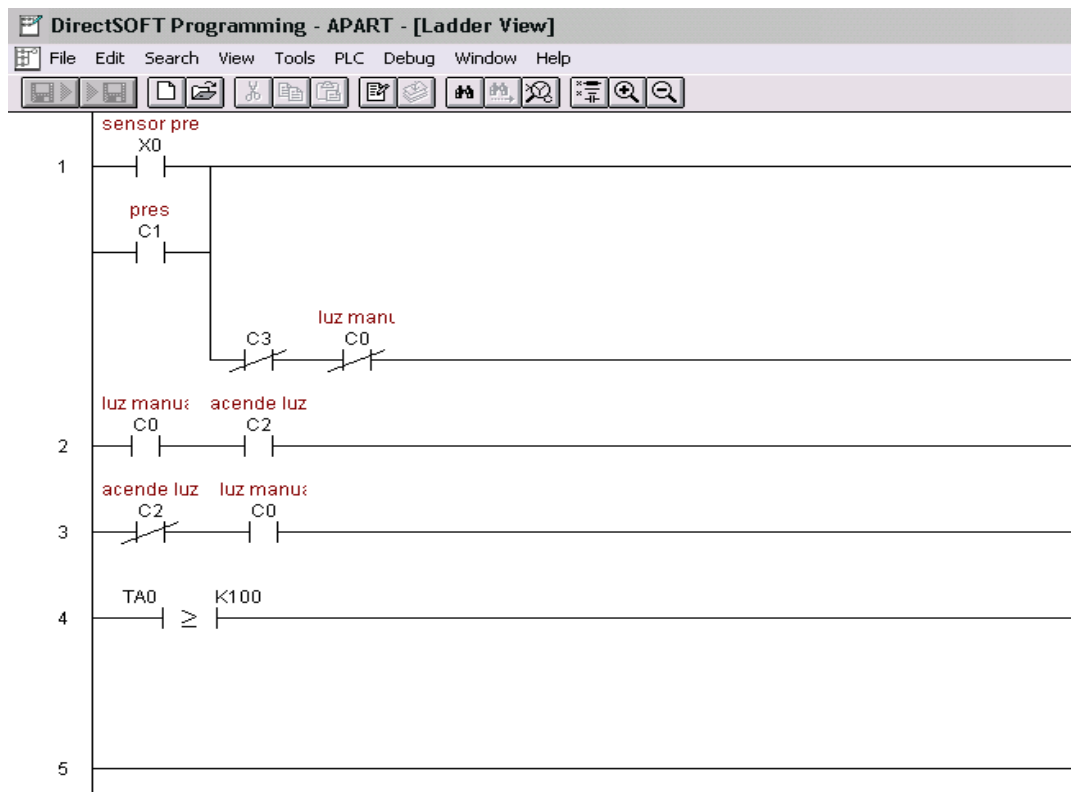


Figura 3.8 Linguagem Gráfica LADDER.

3.8. Controle e supervisão

Existem disponíveis numerosas soluções comerciais para a escolha de um padrão de controle de automação predial, podendo ser encontrado sistemas desenvolvidos nos Estados Unidos, como o X-10, o CEBus (Consumer Electronics Bus), o *SMART HOUSE* e o *LonWorks*, ou sistemas inicialmente desenvolvidos na Europa, como *BatiBUS*, o *EIB* (*European Installation Bus*) e o *EHS* (*European Home Systems*), ou sistemas desenvolvidos no terceiro bloco econômico, o Japão, tais como o *HBS* (*Home Bus System*) e o *TRON*.

No Anexo I são apresentados os protocolos de controle mais utilizados no mercado de automação, descrevendo suas características e principais funções:

3.9. Determinação da Rede de Comunicação

As redes prediais podem ser consideradas a ponte de integração e convergência entre um computador e os demais equipamentos eletrônicos, onde o usuário já está familiarizado devido adoção de redes domésticas que possibilitam o compartilhamento cabeamento convencional por rede elétrica, linha telefônica e sem fio: de impressoras, modems e outros periféricos (CANATO, 2007).

(BOLZANI, 2004) afirma que “Muitas empresas do setor de telecomunicações, automação, computadores e microprocessadores estão se organizando em fóruns e associações, para estabelecer uma tecnologia de redes e protocolos, a fim de suprir a necessidade do uso predial. A velocidade com que esta chegará nas mãos dos usuários talvez seja o fato decisivo para torna-la um padrão mundial e abocanhar este imenso mercado”.

Alguns fabricantes de equipamentos eletrônicos estão lançando produtos que permitem a ligação de diversos PC's usando a rede elétrica já existente, mesmo não havendo ainda um consenso sobre qual a melhor maneira de interligar os equipamentos. A rede elétrica é uma boa aposta, mas a transmissão sem fio e as linhas telefônicas ainda são as maiores candidatas a padronização. No Anexo II, são detalhados os principais componentes das redes de comunicações.

3.10. Considerações

A rápida evolução das tecnologias vem acarretando grandes mudanças com relação ao processo de desenvolvimento de sistemas. No estágio atual em que estamos, é inviável desenvolver projetos sem planejamento prévio. Problemas cada vez mais complexos para serem resolvidos em prazos curtos e que estejam dentro das possibilidades financeiras formam o contexto atual. Dentro dessa perspectiva, faz-se necessário o uso de uma linguagem padrão que permita modelar o sistema que está sendo desenvolvido. A modelagem é uma parte central de todas as atividades que resultam na implementação de um bom sistema de *software*.

Percebe-se a inexistência de qualquer preocupação, apoio, estudo e desenvolvimento de protocolos ligados a área de Domótica no Brasil. Incontestavelmente, as tecnologias existentes são provenientes dos famosos países mais ricos e desenvolvidos do mundo, tais como: EUA, Canadá, Japão e Alemanha. Este mercado está em franca expansão, com incontestável ascendência e de forma muito veloz; e, mesmo no Brasil, será um mercado de bilhões de reais para os próximos 6 ou 7 anos (AURESIDE, 2006). As aplicações de automação nas residenciais são incontestáveis, principalmente em famílias com renda mensal superior a US\$ 4.000,00 e que englobará principalmente os quesitos de segurança, entretenimento, conveniência, conforto e comodidade. Com relação aos protocolos utilizados em automação predial, inicialmente pensava-se em apenas fazer tudo utilizando os cabos de energia elétrica, certamente por conveniência, custo e praticidade de implementação. Um dos pontos principais no desenvolvimento de sistemas de automação para prédios inteligentes é a integração dos mesmos (Figura 3.9).

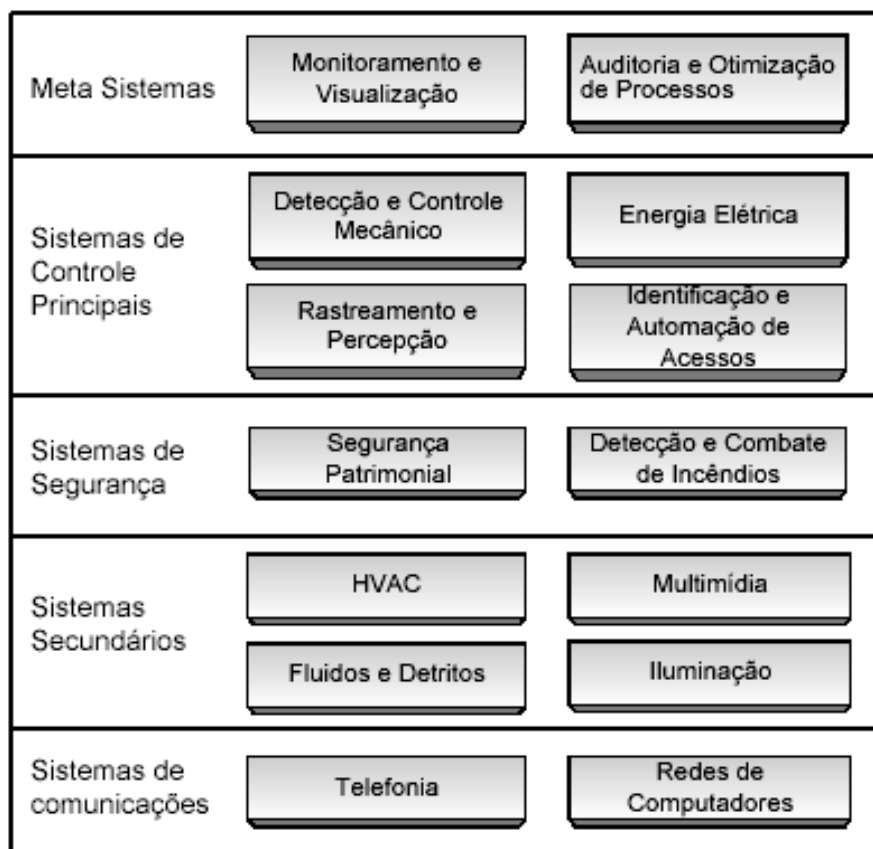


Figura 3.9 Sistemas de Controle Integrados – (Bolzano, 2004).

Assim, todos os sensores utilizados no sistema de intrusão podem ser utilizados também para controlar a iluminação dos compartimentos. Da mesma forma, todos os sensores de temperatura atuam permanentemente como detectores de incêndio. Conseqüentemente, os sistemas de segurança atuais, podem fazer mais do que pedir ajuda. Numa rede de comunicações de dados utilizada para este fim, os mesmos sensores que detectam movimento, fogo ou líquidos podem ser utilizados para ativar um número variado de ações. Caso haja a necessidade, o sistema de segurança pode controlar o sistema de ar-condicionado e ventilação (desligando-os em caso de incêndio) e as portas, janelas, grades, e outros sistemas na residência. Ele também pode enviar sinais para ligar e desligar a iluminação de acordo com o estado dos detectores de movimento e auxiliar o funcionamento das câmeras de vigilância. Utiliza-se para isso um modelo de *software* adequado a esta realização, não implicando custos adicionais com equipamentos, uma vez que a rede física já está toda interligada.

Capítulo 4

Implementação Experimental – Estudo de casos

A Automação Predial vêm evoluindo rapidamente nos últimos anos e novos produtos, padrões e ferramentas são lançados no mercado. Portanto o grande desafio não é apenas automatizar uma aplicação ou outra com algum destes equipamentos disponíveis, mas sim conseguir integrar todas as aplicações automatizadas, de modo a obter um controle total, com mais eficácia e eficiência, do ambiente.

Neste capítulo serão descritos as implementações de três estudos de casos industriais de direcionados a aplicações de sistemas de Automação Predial, desenvolvidos a partir de sistemas abertos e padronizados que possibilitaram comunicação entre os diferentes sistemas e equipamentos utilizados.

A primeira aplicação industrial proposta foi a implementação de um Sistema de Inspeção Virtual, com o objetivo de monitoramento e controle virtual de um espaço físico a partir da integração de um número reduzido de equipamentos e disponíveis no mercado.

A segunda aplicação industrial proposta foi a implementação de um sistema de Supervisão e Gerenciamento Automatizado de um Setor Administrativo do Departamento de Projeto Mecânico da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP, tendo como objetivo a construção de um simulador dinâmico que integre diferentes sistemas automatizados e seu monitoramento e controle através de um sistema de supervisão industrial.

A terceira aplicação é direcionada a Automação de um Espaço Residencial tendo como objetivo a automação de espaços físicos pré-planejados de uma unidade de apartamento residencial através do controle automático de módulos dedicados e conectividade através da *internet*, fornecendo ao usuário sensação de conforto e módulos de utilização (sala de trabalho, cozinha, e lazer entre outros) pré-planejados e de baixo custo construtivo.

Para essas aplicações será apresentado todo o processo de elaboração de um sistema integrado de automação predial e suas contribuições para o usuário final, economia de recursos naturais e desenvolvimento tecnológico.

4.1. Caso I: Sistema de Inspeção Virtual

No estudo de caso I foi implementado um Sistema de Inspeção Virtual com o objetivo de monitorar e controlar virtualmente uma instalação industrial, no caso o Laboratório de Automação Integrada e Robótica da FEM (Faculdade de Engenharia Mecânica) da UNICAMP, que conta com diversos equipamentos industriais. Os conceitos e metodologia apresentados nos capítulos anteriores foram consolidados a partir da utilização de sistemas integrados de supervisão e controle industrial aplicados em automação predial.

4.1.1. Descrição Funcional

Esta aplicação tem como objetivo a implantação de um sistema automatizado de iluminação e monitoramento de acessos de pessoas que será controlado e monitorado remotamente, permitindo o gerenciamento do sistema por qualquer local passivo de acesso a *internet*.

A Figura 4.1 apresenta os principais componentes automatizados, e a solução de integração proposta para essa aplicação.



a) Plataforma Operativa.



b) Elementos Acionamento e Controle.

Figura 4.1 Proposta de Aplicação: Sistema de Inspeção Virtual.

4.1.2. Descrição de Elementos Operativos

A integração dos sistemas ocorre a partir da utilização de sistemas normalmente utilizados de forma independentes em automação, onde os equipamentos utilizados são facilmente encontrados no mercado atualmente através da utilização de:

- a) Câmera CCD IP (3), com IP fixo para monitoramento e controle visual da aplicação;
- b) Sensor de presença comercial (1) e uma lâmpada comercial (2), onde a partir de simples adaptação será integrado a uma CLP industrial (1 entrada e 1 saída);
- c) A integração desses dois elementos simplificados ocorre a partir da utilização de um sistema de supervisão e controle industrial utilizando a plataforma industrial LABVIEW™ comunicando-se com o CLP através de protocolo OPC (4); e
- d) Publicação de uma página *web* para supervisão que funciona como interface amigável entre homem e máquina possibilitando o controle e monitoramento dessas informações recebidas.

A câmera IP utilizada possui 2 Megapixels permitirá a visualização dinâmica de imagens através de endereço IP fixo *internet* independente da aplicação, através da captura de imagens e transferência de modo quase instantâneo para o computador. Nessa aplicação esse equipamento eletrônico que recebe informações tem como principal função o monitoramento do ambiente em que foi instalada.

Nesta aplicação foi utilizado o Controlador Lógico Programável (CLP) Koyo Direct Logic 05 que apresenta as seguintes especificações:

- Software: DirectSoft – Programming Version 2.4a;
- Programação estruturada baseada na linguagem Grafcet;
- Definições das variáveis de entradas “X”, saídas “Y”, auxiliares “C” e estágios “S”.

A Figura 4.2 apresenta detalhadamente os equipamentos de acionamento e controle utilizados (CLP industrial) e sistema de inspeção virtual (Câmera IP), além de sensores, atuadores e módulos de acionamento e conversão implementados nesta aplicação.



a) Sensor de Presença.



b) Lâmpada Comercial 110V.



c) Câmera IP



d) CLP Comercial Koyo™.



e) Relê de Acionamento.



f) Conversor de Tensão.

Figura 4.2 Componentes de Automação.

4.1.3. Modelagem do Sistema Automatizado

Para modelagem do sistema de automação em estudo foi implementado um programa computacional utilizando a linguagem estruturada em estágios (Grafcet) foi implementado na CLP utilizada Koyo™, utilizando o software proprietário Directsoft™. A Tabela 5 apresenta a relação de variáveis de entradas e saídas implementadas na CLP em estudo. O Grafcet funcional concernente a esta aplicação é apresentado na Figura 4.3.

Tabela 5 Variáveis de E/S da CLP em estudo.

Variável	Tipo	Especificação
X0	Entrada	Sensor de presença
Y0	Saída	Lâmpada
C0	Variável Auxiliar	Luz Comando Manual
C1	Variável Auxiliar	Presença
C2	Variável Auxiliar	Acende Luz
T0	Temporizador	Tempo de Iluminação

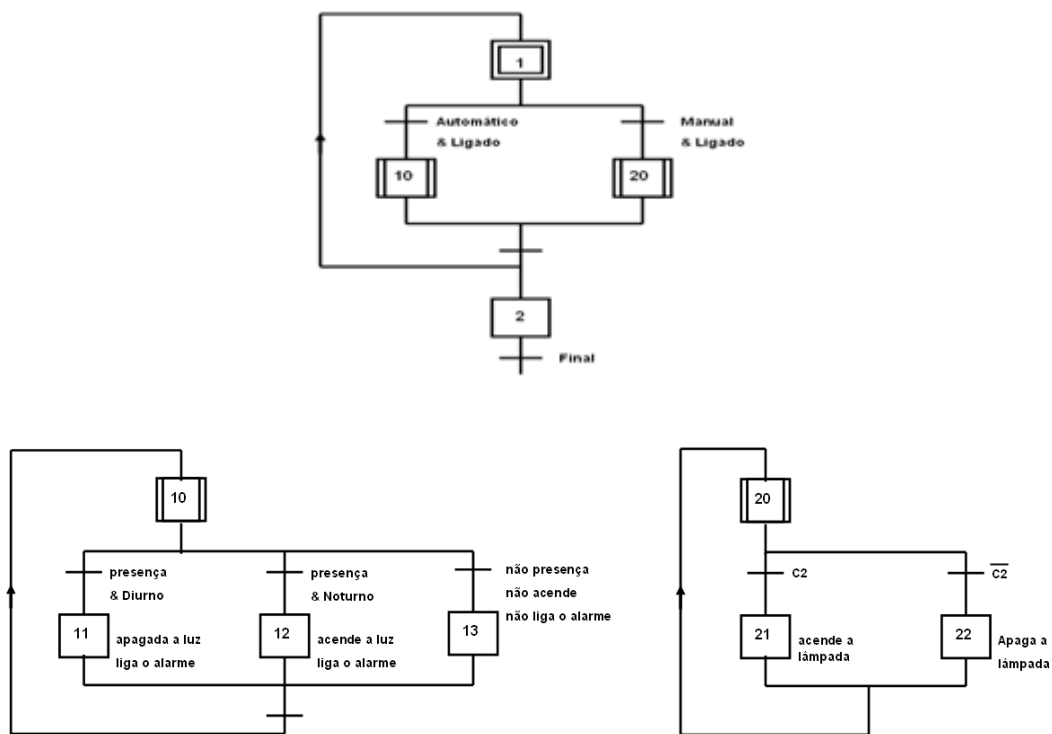


Figura 4.3 Grafcet Funcional – Sistema de Inspeção Virtual.

O Grafcet funcional correspondente a essa aplicação foi implementado na CLP KoyoTM, utilizando as variáveis especificadas na Tabela 4.1.

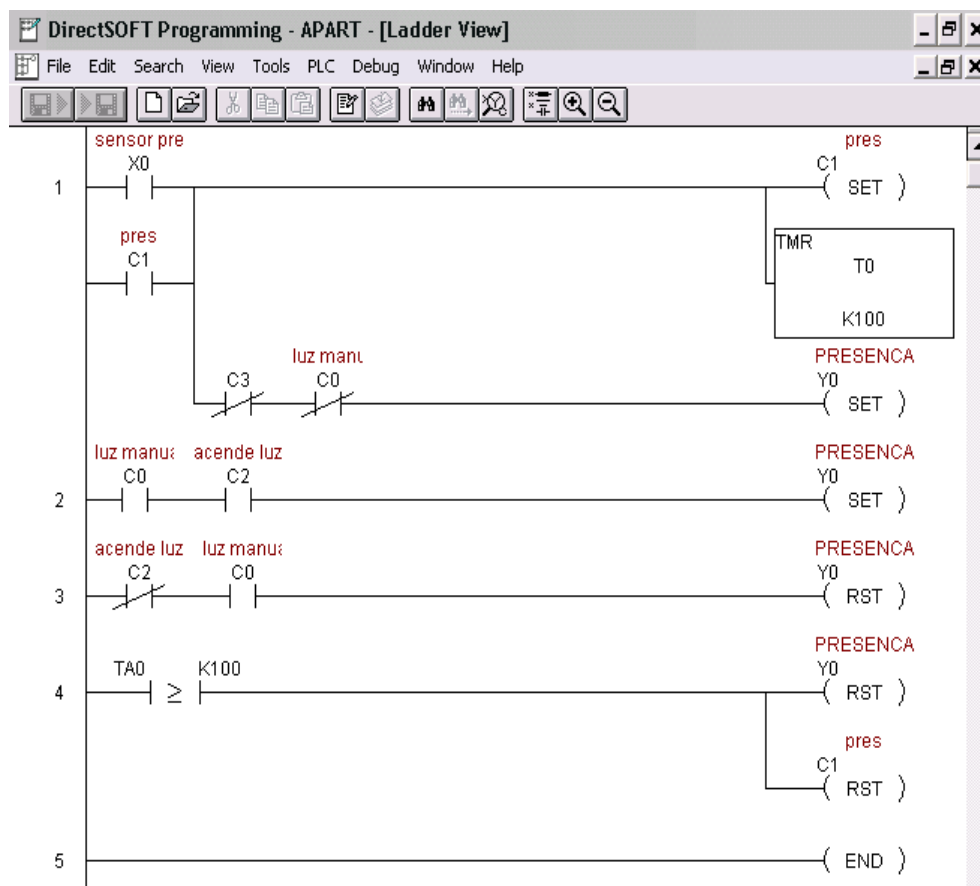


Figura 4.4 Implementação na CLP Koyo™.

4.1.4. Implementação do Sistema de Supervisão e Controle

O Labview™ é um sistema de supervisão e controle industrial que permite a implementação de telas gráficas para gerenciamento e controle de variáveis. A partir de um módulo de programação OPC, torna-se possível gerenciarmos variáveis de E/S do CLP Koyo™ utilizado nessa aplicação. Para a modelagem do aplicativo gráfico do supervisor utilizando o software Labview™ (Figura 4.4) utiliza-se os parâmetros de entradas e saídas definidos na Tabela 4.2.

Tabela 6 Relação de E/S do Sistema de Supervisão e Controle implementado.

Entradas	Saídas
Sensor de presença	Acender a luz no laboratório e visual
Imagem da IP câmera	Visualização da Imagem
Modo Manual	Modo de Funcionamento
Modo Automático	Modo de Funcionamento
Alarme	Acender luz verde visual da tela do supervisor
Luz	Acender luz verde visual da sala
Relógio	Visualizar Relógio com data e hora

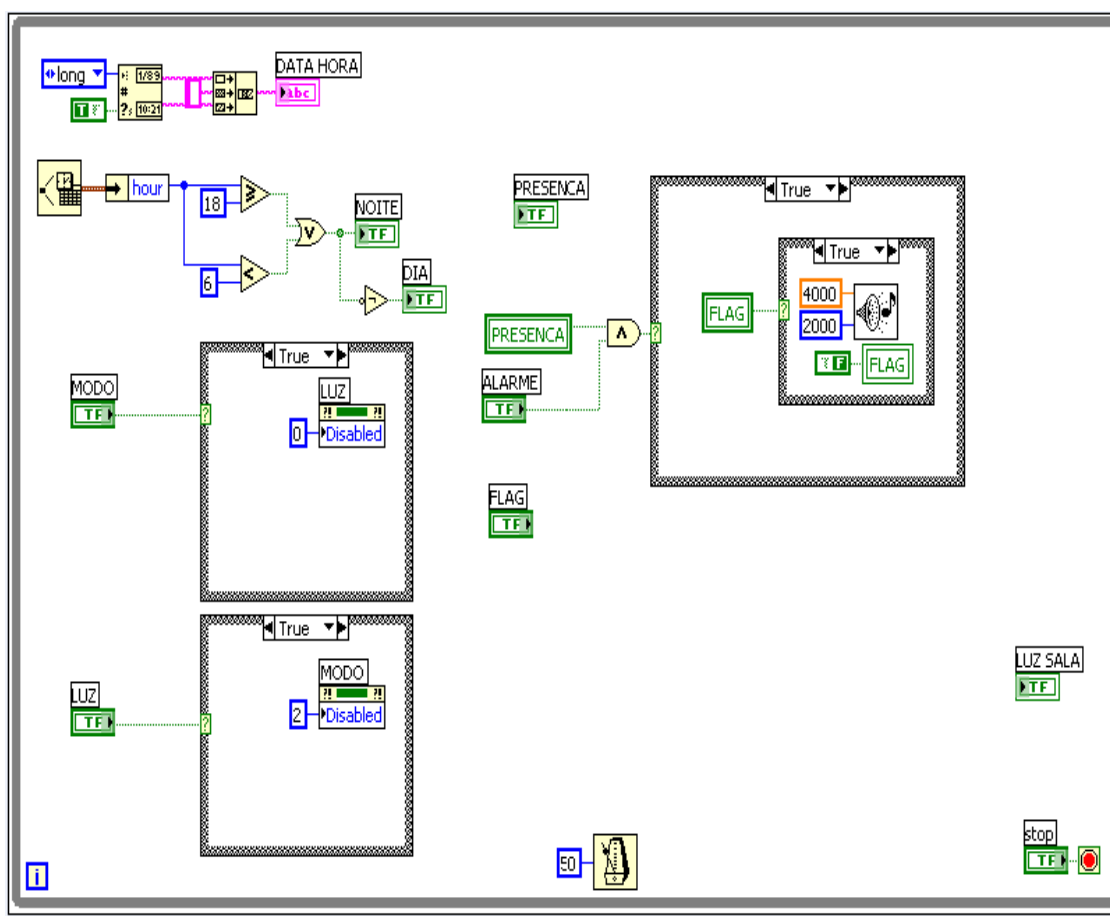


Figura 4.5 Implementação em Labview™.

Finalmente, a tela Controle e Monitoramento das variáveis implementadas para essa aplicação tornam-se possível o monitoramento de presença de pessoas, acionamento de uma lâmpada no modo manual ou automático obedecendo a horários pré-determinados utilizando o relógio do computador. Ao mesmo tempo essa página é disponibilizada em página na *internet* tornando possível o acionamento da lâmpada de maneira remota por meio desse aplicativo *web*, além de realizar mudanças nos horários de acionamento automático e controle do sistema. A tela gráfica implementada é apresentada na Figura 4.6.



Figura 4.6 Implementação em Labview™ da Tela do Sistema Supervisório.

Finalmente, o sistema de supervisão e controle implementado foi disponibilizado para ser utilizado de modo remoto através de página Web, disponibilizada na internet no endereço:

<http://143.106.9.151>, possibilitando a modificação e monitoramento do sistema de qualquer computador em qualquer local.

4.2. Caso II: Supervisão e Gerenciamento Automatizado de um Setor Administrativo

No estudo de caso II foi implementado um Sistema de Supervisão e Gerenciamento Automatizado de um Setor Administrativo, no caso referente ao bloco administrativo do Departamento de Projeto Mecânico – DPM situado no prédio bloco CD2 da UNICAMP. A validação da implementação será realizada de dois modos:

- a) Através da utilização de uma maleta didática desenvolvida no Laboratório de Automação Integrada e Robótica, onde através de chaves lógicas foram simulados sensores e através de leds os sinais de saída para os atuadores (lâmpadas, travas, alarmes, etc.);
- b) Desenvolvimento de uma maquete experimental para Simulação Dinâmica do comportamento desse setor administrativo.

A seguir será descrita essa aplicação industrial e metodologia e conceitos utilizados para esta implementação.

4.2.1. Descrição Funcional

Esta aplicação tem como objetivo a implantação de um sistema automatizado para controle de iluminação, monitoramento e controle de acessos de pessoas incluindo a possibilidade de cadastramento, controle de utilização dos espaços compartilhados do Departamento: Auditório e Sala de reunião. A validação desta aplicação será realizada utilizando uma maleta didática para simulação de entradas e saídas.

A implementação final utilizando um Sistema de Supervisão e Controle Industrial permite o monitoramento e controle de todas as dependências do Departamento. A planta baixa do local de implantação esta representada na Figura 4.7.

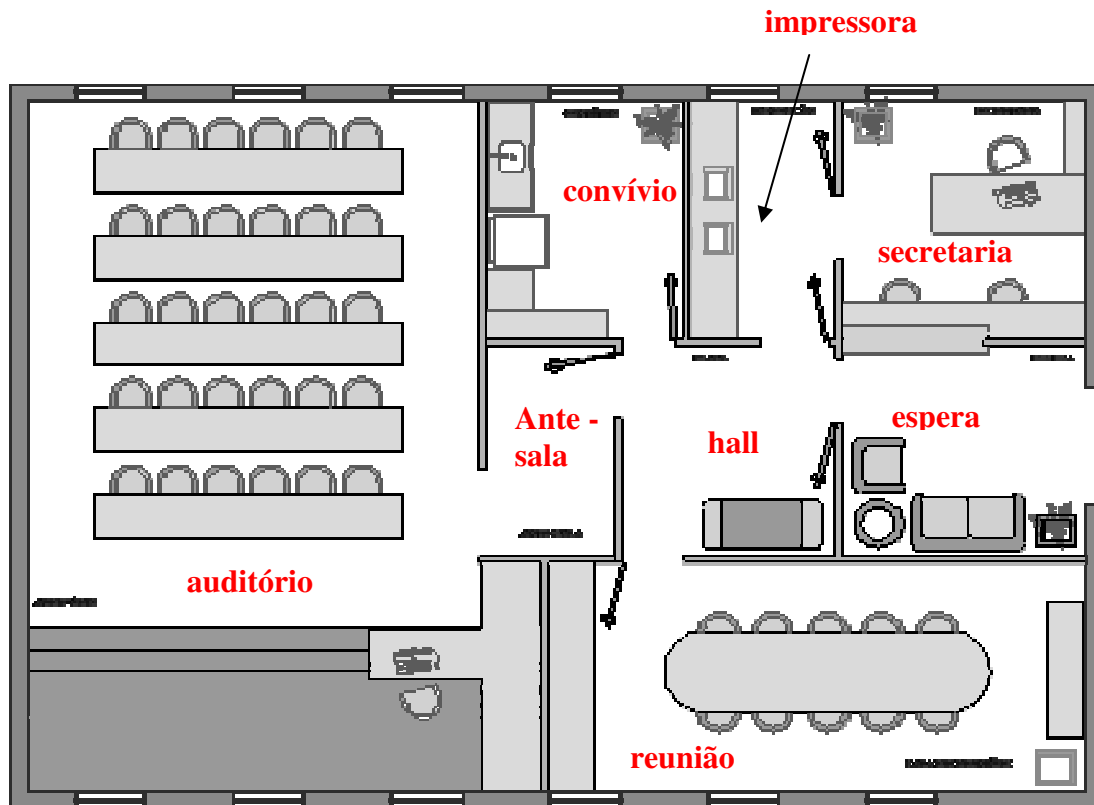


Figura 4.7 Planta Baixa do setor administrativo do DPM – UNICAMP.

O sistema implementado nesta aplicação possui dois modos de funcionamento: Modo Manual e Modo Automático, e também possui um botão On-Off que permite a ativação ou interrupção do sistema.

No **modo manual** a iluminação principal da Espera, Hall, Ante-Sala, Impressão, Convívio e Secretaria permanecerão sempre ligadas. E as luzes de acesso liberado que ficam na caixa de controle do Auditório e da Sala de Reuniões também permanecerão ligadas.

No **modo automático** foi desenvolvido um princípio de funcionamento específico pré-determinado de acordo com horários em diferentes períodos do dia:

- a) **08h-12h – Manhã:** iluminação principal da Espera, Hall, Ante-Sala, Impressão, Convívio e Secretaria sempre acesa. Iluminação secundária da Sala de Reuniões e do Auditório controladas através de um sensor de presença;
- b) **12h-14h – Almoço:** iluminação principal da Espera, Hall, Ante-Sala, Impressão, Convívio e Secretaria controlados através de um sensor de presença. A iluminação secundária da Sala de Reuniões e do Auditório também controladas através de um sensor de presença;
- c) **14h-18h – Tarde:** iluminação principal da Espera, Hall, Ante-Sala, Impressão, Convívio e Secretaria sempre acesa. Iluminação secundária da Sala de Reuniões e do Auditório controladas através de um sensor de presença;
- d) **18h-23h – Noite:** iluminação principal da Espera, Hall, Ante-Sala, Impressão, Convívio e Secretaria controladas por sensor de presença. Iluminação secundária da Sala de Reuniões e do Auditório também controladas por sensor de presença;
- e) **23h-08h – Madrugada:** iluminação principal da Espera, Hall, Ante-Sala, Impressão, Convívio e Secretaria controladas por sensor de presença. Iluminação secundária da Sala de Reuniões e do Auditório também controladas por sensor de presença;

4.2.2. Descrição de Elementos Operativos

O sistema integrado foi planejado para funcionar a partir da aplicação de dois sistemas normalmente utilizados de forma independentes em automação. A integração ocorre no nível supervisorio, o qual é possível o controle e monitoramento desses espaços por um responsável, a secretaria.

A Figura 4.8 apresenta os principais componentes automatizados, e a solução de integração proposta para essa aplicação. Os espaços foram divididos em dois setores com relação a automatização:

- a) Setor controlado de forma direta, ou seja, através de um controle manual possibilitado por uma solução física, e tem como objetivo o controle do uso do espaço Auditório e Sala de Reunião;

- b) Setor controlado de forma automática, ou seja, o controle da iluminação é realizado de maneira automática segundo definição da programação;

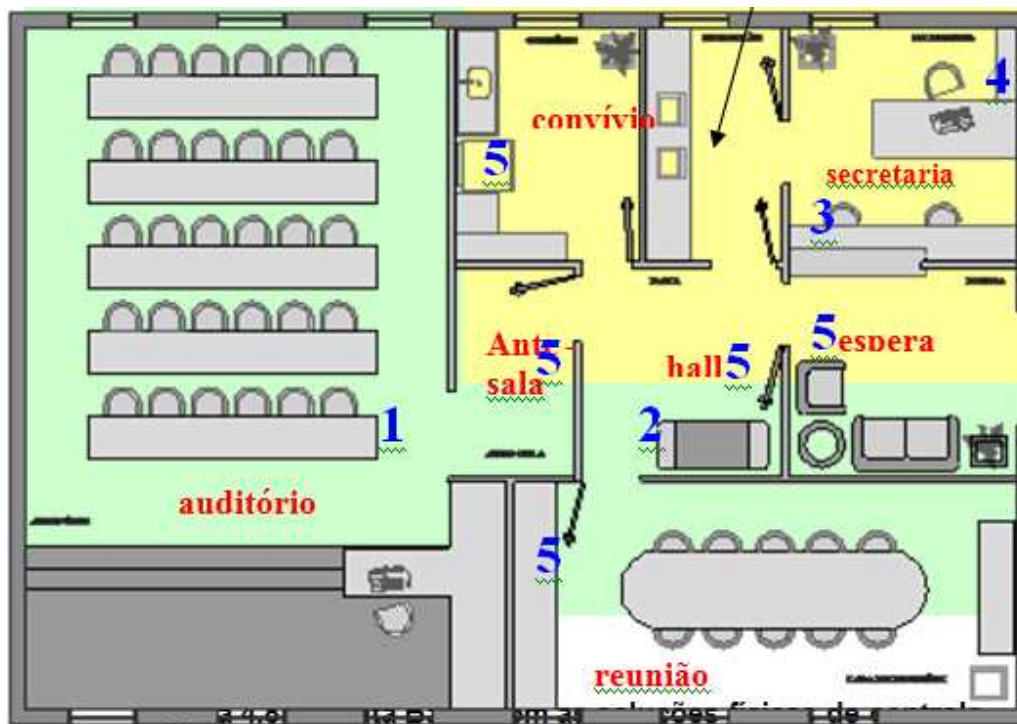


Figura 4.8 Planta Baixa com as soluções físicas de controle.

Os equipamentos utilizados são facilmente encontrados no mercado atualmente através da utilização de:

- Sensor de presença comercial (5), onde a partir de simples adaptação será integrado a uma CLP industrial (1 entrada e 1 saída);
- Teclado controle de acesso Aspel SLDA (3), onde a partir de simples adaptação será integrado a CLP anteriormente descrita;
- Visor controle de iluminação principal e ou secundária (1 e 2), onde a partir de simples adaptação será integrado a CLP anteriormente descrita;
- Visor supervisor (4), onde a partir de uma interface amigável será realizado o controle, monitoramento e gerenciamento dos espaços;

- e) A integração desses dois setores simplificados ocorre a partir da utilização de um sistema de supervisão e controle industrial utilizando a plataforma industrial LABVIEW™ comunicando-se com o CLP através de protocolo OPC (4);

Nesta aplicação foi utilizado o Controlador Lógico Programável (CLP) Koyo Direct Logic 05 que apresenta as seguintes especificações:

- Software: DirectSoft – Programming Version 2.4a;
- Programação estruturada baseada na linguagem Grafcet;
- Definições das variáveis de entradas “X”, saídas “Y”, auxiliares “C” e estágios “S”.

A Figura 4.9 apresenta detalhadamente os equipamentos de acionamento e controle utilizados (CLP industrial) e soluções físicas, além de sensores, atuadores e módulos de acionamento e conversão implementados nesta aplicação.



a) Controle de acesso



a) Sensor de Presença



c) Controle de iluminação



d) CLP Comercial Koyo™.



e) Relê de Acionamento.



f) Conversor de Tensão.

Figura 4.9 Componentes de Automação.

O sistema automatizado de iluminação instalado no **Auditório e Sala de Reunião** tem como principal função o controle pelo usuário da iluminação secundária e principal destas dependências, através do acionamento pelos botões de acesso do Sistema Supervisório situado na secretária do Departamento, representados através da informação **PRINCIPAL** e **SECUNDÁRIA** apresentadas a seguir. A informação **LIBERADO** significa que o sistema foi liberado pela secretária para ser utilizado.

Nos ambientes: **Espera, Hall, Ante-sala, Convívio, Impressora e Secretaria** a iluminação desses ambientes tem seu funcionamento controlado por sensores de presença e de uma lógica associado ao período do dia. Durante o período da manhã (08:00 às 12:00) e tarde (14:00 às 18:00) a iluminação permanece sempre acesa. Fora destes períodos, a iluminação é ligada quando é detectada a presença de pessoas e desligada após certo tempo depois que todos saírem.

Nos ambientes **Auditório e Sala de Reunião** a iluminação deve ficar normalmente desligada. A mesma só será ligada quando houver pessoas no auditório. Também deve ser instalado um dispositivo físico que permita o controle da iluminação no ambiente que esta dividida em iluminação principal e secundária. O funcionamento da iluminação desses espaços é independente do período do dia, sendo a iluminação secundária a única controlada pelo sensor de presença. Quando detecta presença de pessoas e o sistema já esta liberada pela secretaria, a iluminação secundária é acesa e assim permanece enquanto houver pessoas e por determinado tempo e com a condição de a iluminação principal não estiver ativa.

O **controle da porta de acesso** ao Departamento, que separa a entrada principal das outras dependências, deverá ser monitorado e o acesso será realizado através de senha ou liberado pela secretária. Assim, o controle de horários para os usuários cadastrados foi programado por períodos através de software supervisório. Esta porta está equipada com um sensor magnético que possibilita a visualização no computador da secretaria se a mesma encontra-se aberta ou fechada.

Para essa aplicação experimental foi utilizado no sistema de controle com três níveis de gerenciamento possíveis em uma aplicação de automação predial (Figura 4.10):

- a) **Nível Físico:** o controle ocorre com a adoção do protocolo X10, mais conhecido como equipamentos *Plug and Play* que para o acionamento de seu funcionamento é apenas necessário um botão liga/desliga não havendo interação entre os dispositivos;
- b) **Nível CLP:** o controle ocorre através de uma central de automação ou processamento distribuído na rede, que é projetado para o controle de múltiplos subsistemas integrados. Basicamente, trata-se apenas de controle remoto estendido;
- c) **Nível Supervisório:** o controle será realizado através de um aplicativo visualizado em um monitor gráfico funcionando como interface homem-máquina (IHM), possibilitando o monitoramento e gerenciamento de variáveis e modos de funcionamento, detecção de emergências, e acionamento de alarmes e funcionalidades. Dependem de comunicação mão-dupla e retroalimentação de status entre todos os subsistemas para um desempenho apurado.

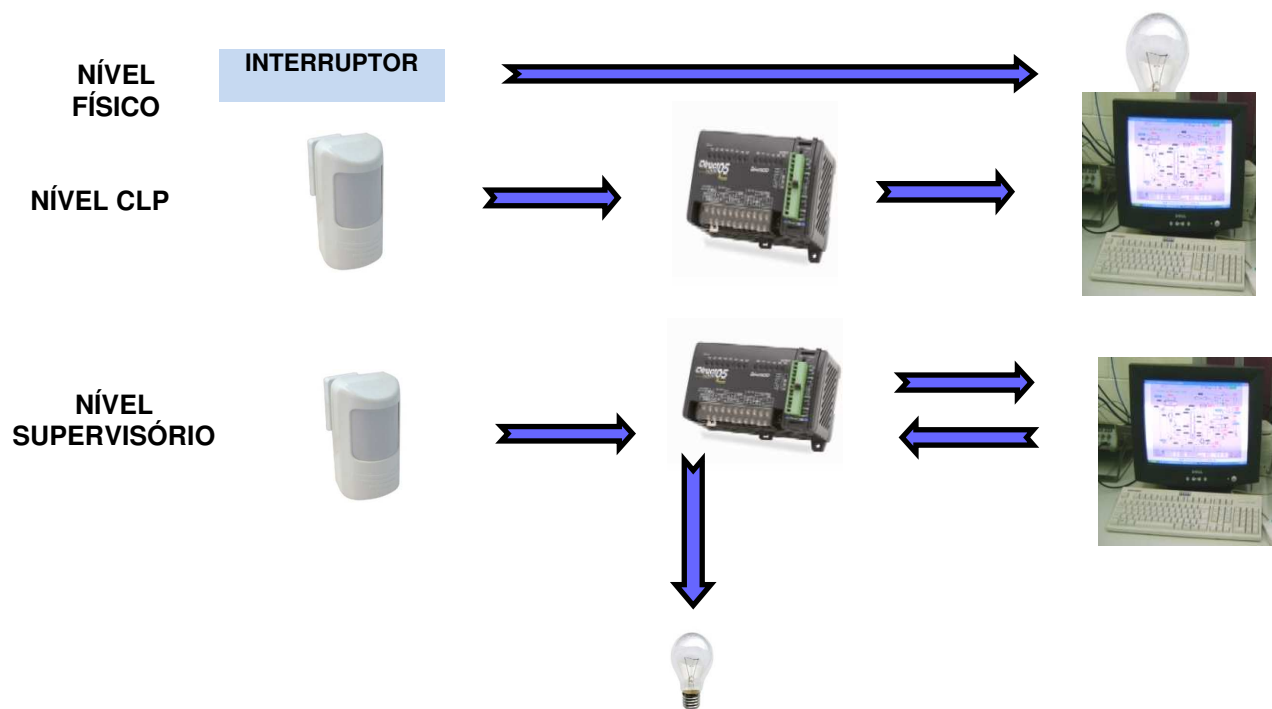


Figura 4.10 Níveis do Sistema de Controle.

4.2.3. Modelagem do Sistema Automatizado

Para modelagem do sistema de automação para operação manual ou automática dos espaços do Departamento foi desenvolvido um programa computacional utilizando a linguagem estruturada em estágios (Grafcet) que foi implementado na CLP utilizada KoyoTM, utilizando o software proprietário DirectsoftTM. A Tabela 7 apresenta a relação de estágios definidos na estruturação do problema estudo, a Tabela 8 apresenta a relação das variáveis de entrada, a Tabela 9 as variáveis de saída e a Tabela 10 as variáveis auxiliares utilizadas.

Tabela 7 Estágios do Sistema de Supervisão e Controle implementado.

Variável	Especificação	Mnemônico
S0	START	Início
S1	Sistema em Modo Manual	Modo Manual
S2	Sistema em Modo Automático	Modo Automático
S3	08h – 12h	Morning
S4	12h – 14h	Lunch
S5	14h – 18h	Afternoon
S6	18h – 23h	Nigth
S7	23h – 08h	Down

Tabela 8 Variáveis de Entrada do Sistema de Supervisão e Controle implementado.

Variável	Especificação	Mnemônico
X0	Sensor Indutivo de Porta	Sensor _ Porta
X2	Auditório (sensor de presença)	Auditório
X3	Reunião (sensor de presença)	Reunião

X4	Secretaria (sensor de presença)	Secretaria
X5	Espera (sensor de presença)	Espera
X6	Hall (sensor de presença)	Hall
X7	Convívio (sensor de presença)	Convívio

Tabela 9 Variáveis de Saída do Sistema de Supervisão e Controle implementado.

Variável	Especificação	Mnemônico
Y0	Iluminação Secundária Auditório	IL_Auditório
Y1	Iluminação do Hall	IL_Hall
Y2	Iluminação do Convívio	IL_Convívio
Y3	Iluminação da Entrada	IL_Entrada
Y4	Iluminação Secundária Reunião	IL_Reunião
Y5	Iluminação Secretaria	IL_Secretaria
Y7	Trava de Acionamento da Porta	Trava_Porta
Y10	Iluminação na Caixa de Controle Auditório	Mesa Auditório
Y11	Iluminação na Caixa de Controle Reunião	Mesa Reunião

Tabela 10 Variáveis Auxiliares do Sistema de Supervisão e Controle implementado.

Variável	Especificação	Mnemônico
C0	Liga – desliga	LD
C1	Modo manual / Automático	Manual
C2	Modo manual / Automático	Automático
C10	08h – 12h	Manhã
C11	12h – 14h	Almoço

C12	14h – 18h	Tarde
C13	18h – 23h	Noite
C14	23h – 08h	Madrugada
C22	Auxiliar para controle Timer do Auditório	Aux_TA
C23	Auxiliar para controle Timer da Sala de Reunião	Aux_TR
C24	Auxiliar para controle Timer da Secretaria	Aux_TS
C25	Auxiliar para controle Timer da Espera	Aux_TE
C26	Auxiliar para controle Timer do Hall	Aux_TH
C27	Auxiliar para controle Timer do Convívio	Aux_TC
C30	Botão do Supervisório para Liberar Sala de Reunião	Acesso Reunião
C31	Botão do Supervisório para Liberar Auditório	Acesso Auditório
C32	Botão do Supervisório para Abrir Porta	Abrir Porta
C33	Indica Porta Aberta para Supervisório	Porta Aberta

Após definido todos os componentes de funcionamento do sistema, será implementado a lógica de programação no Controlador Lógico Programável, onde para essa aplicação experimental foi utilizada o CLP - KoyoTM, através do software de programação DirectsoftTM. O Grafcet funcional concernente a esta aplicação esta representado na Figura 4.11.

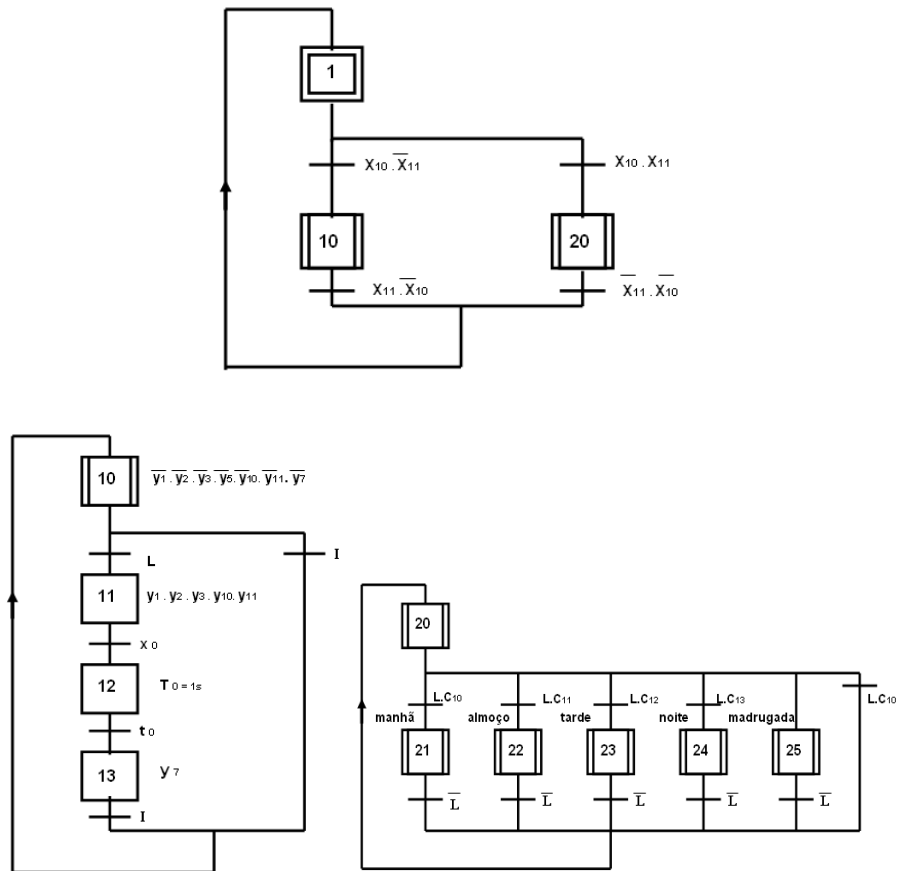


Figura 4.11 Grafcet Funcional – Sistema Supervisão e Gerenciamento Automatizado de um Setor Administrativo.

O Grafcet funcional correspondente a essa aplicação foi implementado na CLP KoyoTM utilizando o software proprietário DirectsoftTM (Figura 4.12), a partir das variáveis de entradas, saídas, auxiliares e estágios definidos anteriormente. O programa computacional completo descrevendo todo o processo é apresentado detalhadamente no Apêndice A deste trabalho.

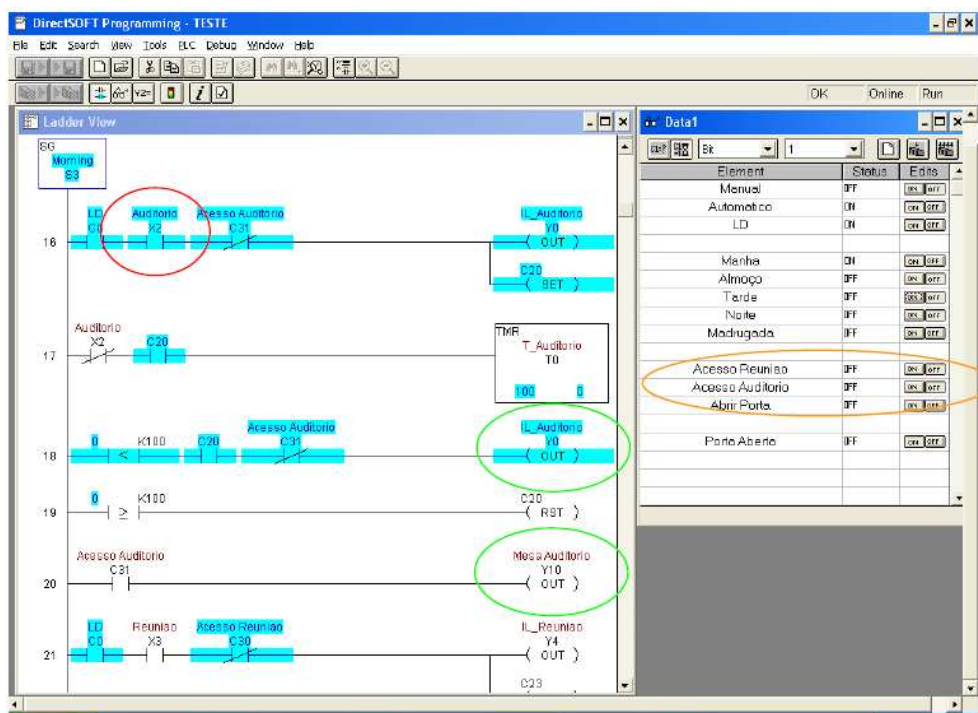


Figura 4.12 Implementação na CLP Koyo™.

4.2.4. Validação Experimental utilizando Maleta Didática

Para validação experimental foi utilizada uma Maleta Didática disponibilizado no Laboratório de Automação Integrada e Robótica do Departamento de Projeto Mecânico da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP, que é um equipamento industrial constituída de um CLP industrial Koyo™, fonte de alimentação, chaves lógicas liga/desliga e botoeiras *push-bottom* para simulação de entradas, e *leds* para simulação das saídas, permitindo assim a simulação completa de todos os componentes que integram um processo automatizado (sensores, atuadores e controladores) e interface com sistema de supervisão e controle desenvolvido e programado no software Labview™ (Figura 4.13).



Figura 4.13 Foto da Maleta Educativa para teste.

4.2.5. Implementação do Sistema de Supervisão e Controle

O LabviewTM é um sistema de supervisão e controle industrial que permite a implementação de telas gráficas para gerenciamento e controle de variáveis. A partir de um módulo de programação OPC, torna-se possível gerenciarmos variáveis de E/S do CLP KoyoTM utilizado nessa aplicação. Para a modelagem do aplicativo gráfico de visualização e gerenciamento foi implementado um Sistema de Supervisão e Gerenciamento Automatizado de um Setor Administrativo com o software LabviewTM (Figura 4.14) utilizando as variáveis definidas anteriormente (entradas, saídas, auxiliares e estágios).

A tela Controle e Monitoramento das variáveis implementadas para essa aplicação sintetiza a especificação funcional definida anteriormente, permitindo o gerenciamento e monitoramento dos espaços automatizados das dependências físicas do setor administrativo do Departamento de Projeto Mecânico, conforme mostra a Figura 4.15.

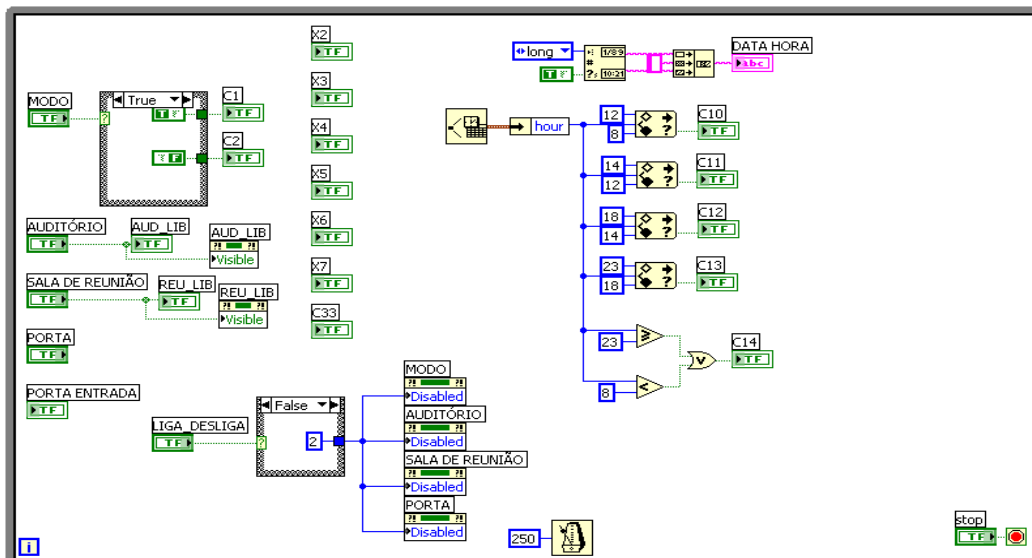


Figura 4.14 Implementação em Labview™.

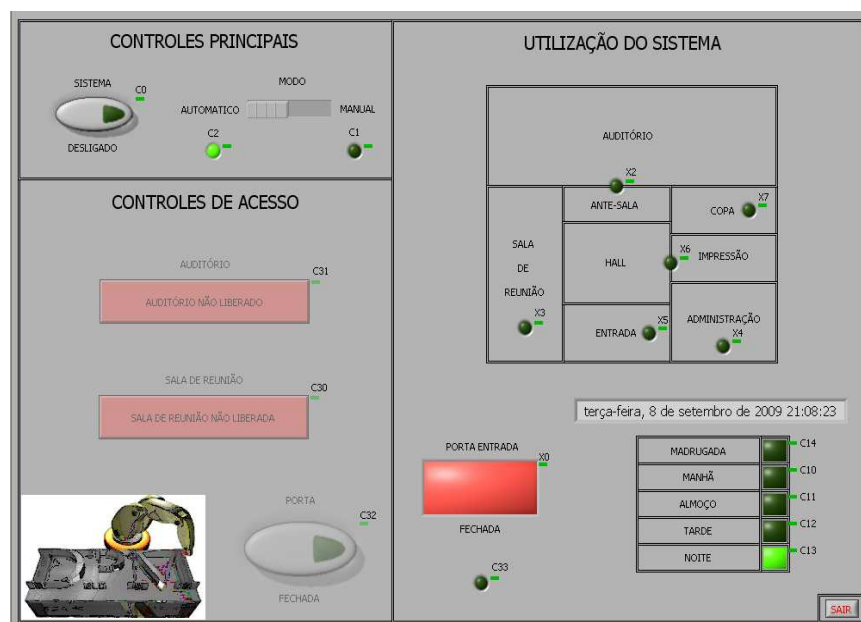


Figura 4.15 Implementação em Labview™ da Tela do Sistema Supervisório.

Como pode ser observada na Figura 15, a tela gráfica do sistema supervisor está subdividida em três partes:

- a) **Controle Principal:** constituído por duas funcionalidades:

- **Função Liga-Desliga do sistema:** realizada através do acionamento de um botão *On-Off* utilizado para operações de manutenção ou na necessidade de desativar o sistema supervisor; e
- **Função Seleção de Modo de Funcionamento:** realizada através de uma chave deslizante que permite a utilização do sistema em modo Manual ou Automático.

b) **Controle de Acessos:** constituído por três funcionalidades:

- **Controle de utilização do Auditório:** realizada através de uma chave que permite “Liberar Auditório” através da secretaria ou por uma planilha pré-programada de utilização. Ao ser acionado, o usuário autorizado terá acesso a todas as funcionalidades existentes neste setor (controle de iluminação), através de uma caixa de controle localizada na mesa do auditório que estará habilitada a partir de sinal proveniente do Sistema Supervisório. O sistema de iluminação secundário funcionará de forma independente através de um sensor de presença;
- **Controle de utilização da Sala de Reuniões:** realizada através de uma chave que permite “Liberar Sala de Reuniões” através da secretaria ou por uma planilha pré-programada de utilização, com princípio de funcionamento semelhante ao Auditório;
- **Acionamento da Porta de Entrada:** realizada através de uma chave que permite a abertura da porta de acesso ao Hall do Departamento.

c) **Utilização do sistema:** tela de monitoramento das dependências e funcionalidades do Departamento durante a utilização do sistema automatizado, sendo subdividido em três partes:

- **Monitoramento das Dependências da Planta:** utilizado para monitorar a presença de pessoas nas diferentes dependências, através da alteração de cor de luzes indicativas presentes em cada ambiente da planta que se encontra na tela do supervisor. Nesta tela gráfica possibilita também verificar se o auditório ou a sala de reuniões estão liberados para o uso.
- **Monitoramento de abertura/fechamento da Porta:** utilizado para monitorar o comportamento da porta de acesso ao hall (aberta ou fechada).

- **Monitoramento do período de funcionamento:** permite visualizar em qual período do dia o sistema esta operando, podendo ser alterado em caso de mudança de fuso ou horário ou funcionamento desejado. A apresentação de um visor indicativo permite ao usuário a visualização do período (madrugada, manha, almoço, tarde e noite).

4.2.6. Implementação de Maquete Operativa

Para testar, ilustrar e simular dinamicamente outras funcionalidades do sistema de automação proposto nesse trabalho foi implementado uma Maquete Operativa representando o setor administrativo do Departamento de Projeto Mecânico da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP (Figura 4.16).

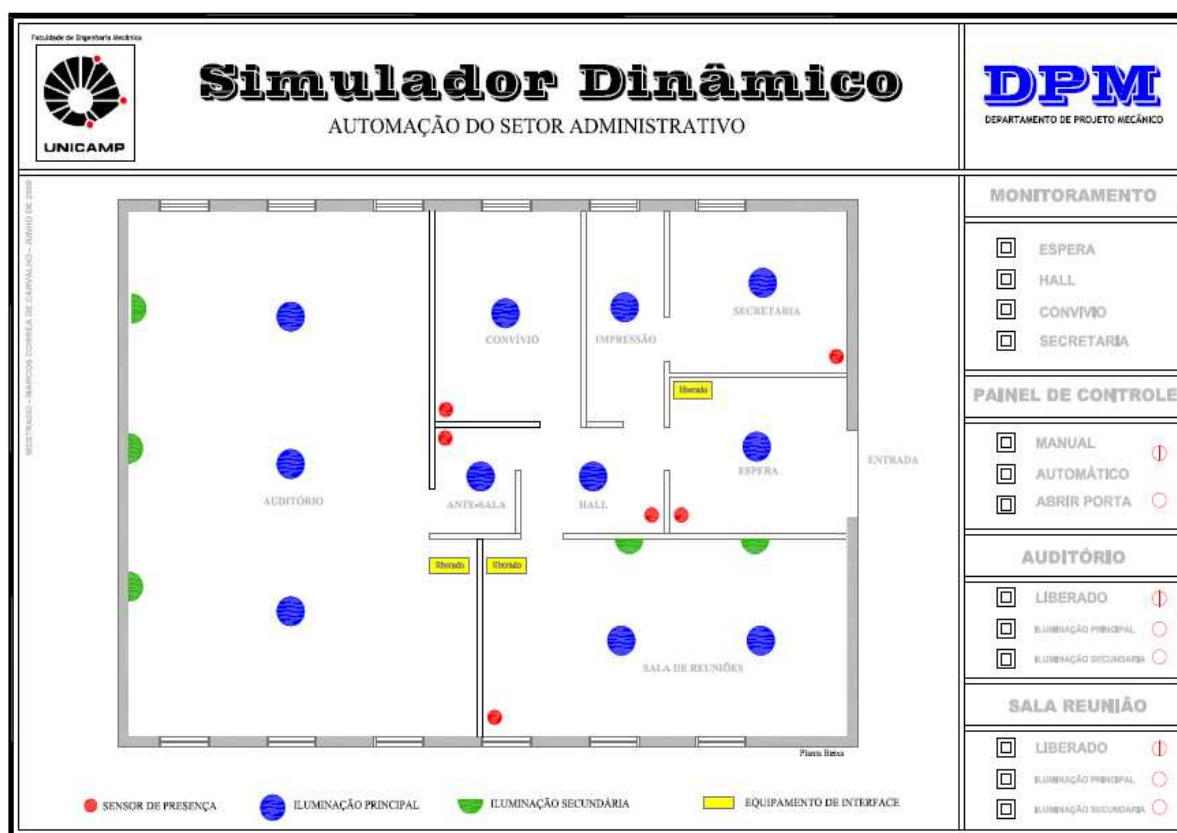


Figura 4.16 Simulador Dinâmico implementado.

O Simulador Dinâmico contém todas as informações necessárias a simulação do funcionamento do sistema de automação proposto, onde:

- a) Os sensores estão sendo representados por botões *push-bottom* na cor vermelho que acionados enviam um sinal de entrada para ao controlador, permitindo o monitoramento ou realização de ações especificadas;
- b) Os atuadores estão sendo representados por *leds* (lâmpadas) na cor azul e verde, correspondendo aos sinais de saída do controlador utilizado, resultante de operações provenientes do sistema supervisorio implementado (modo automático) ou de chaves externos (modo manual);
- c) Controlador e parte operativa representados pela CLP KoyoTM, relês, circuitos digitais multiplexadores e para seleção de modo de funcionamento (Figura 4.17) e fonte de alimentação.

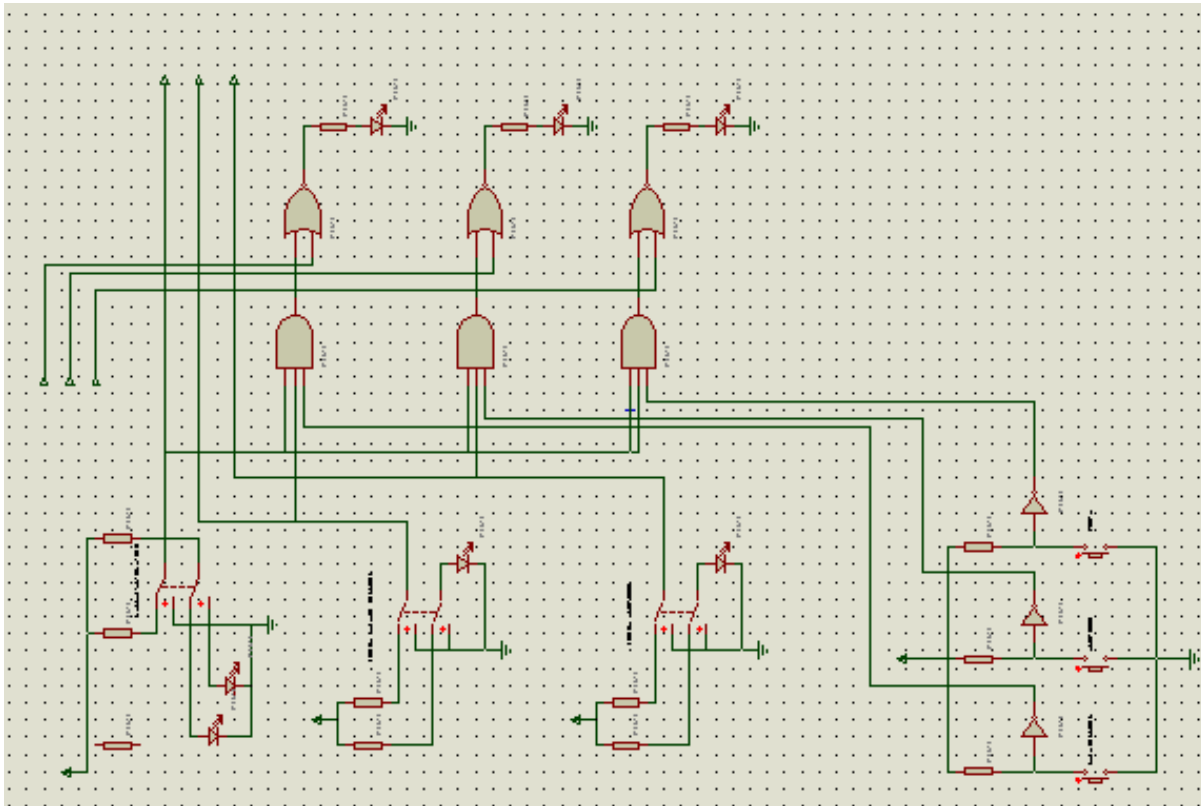


Figura 4.17 Circuito Lógico Implementado para Modo de Funcionamento.

4.2.7. Modelagem do Sistema Automatizado Operacional

Para modelagem do sistema de automação para operação manual ou automática dos espaços do Departamento foi desenvolvido um programa computacional utilizando a linguagem estruturada em estágios (Grafcet) que foi implementado na CLP utilizada KoyoTM, utilizando o software proprietário DirectsoftTM. A Tabela 11 apresenta a relação de estágios definidos na estruturação do problema estudo, a Tabela 12 apresenta a relação das variáveis de entrada, a Tabela 13 as variáveis de saída e a Tabela 14 as variáveis auxiliares utilizadas.

Tabela 11 Estágios do Sistema de Supervisão e Controle implementado.

Variável	Mnemônico	Especificação
S0	START	Início
S1	Sistema em Modo Automático	Modo Automático
S2	Sistema em Modo Manual	Modo Manual
S11	Porta_Auto	Funcionamento da Porta
S12	Audi_Auto	Funcionamento do Auditório
S13	Reune_Auto	Funcionamento Sala de Reuniões
S21	Modo_Manual	Modo de Funcionamento Manual

Tabela 12 Variáveis de Entrada do Sistema de Supervisão e Controle implementado.

Variável	Mnemônico	Especificação
X0	Ilum_Conv (S1)	Iluminação do Convívio
X1	Ilum_Hall (S4)	Iluminação do Hall e Impressora
X2	Ilum_Hall (S5)	Reunião
X3	Ilum_Hall (S6)	Iluminação da Secretaria
X4	Lib_Porta (S1)	Libera Porta de Entrada
X5	M_A	Modo Manual/Automático
X6	Lib_Audit (CH2)	Libera Auditório
X7	Lib_Reun (CH3)	Libera Sala de Reuniões

Tabela 13 Variáveis de Saída do Sistema de Supervisão e Controle implementado.

Variável	Mnemônico	Especificação
Y0	Ilum_Reune	Iluminação da Sala de Reuniões
Y1	Ilum_Audi	Iluminação do Auditório
Y2	Abre_Porta	Trava de Acionamento da Porta

Tabela 14 Variáveis Auxiliares do Sistema de Supervisão e Controle implementado.

Variável	Mnemônico	Especificação
C0	INIT	Início do Programa
C1	AUX	Variável Auxiliar
C2	PORTA	Variável Porta
C3	AUDITOR	Variável Auditório
C4	REUNE	Variável Sala de Reuniões
C10	MAN_PORTA	Acionamento Porta - Modo Manual
C11	MAN_AUDI	Acionamento Auditório - Modo Manual
C12	MAN_REUNI	Acionamento Sala de Reuniões - Modo Manual

Após definido todos os componentes de funcionamento do sistema e especificação das variáveis utilizadas, será implementado a lógica de programação no Controlador Lógico Programável, onde para essa aplicação experimental foi utilizada o CLP - KoyoTM, através do software de programação DirectsoftTM.

O Grafcet funcional concernente a esta aplicação esta representado na Figura 4.18. Para melhor entendimento do leitor, a Figura 4.19 apresenta o Grafcet correspondente as macro-etapas: Início (S0), Modo de funcionamento Manual (S2) e Automático (S1) e a Figura 4.20 apresenta o detalhamento dessas etapas correspondente ao modo de Acionamento Automático da Porta (S11), do Auditório (S12), da Sala de Reuniões (S13) e a Figura 4.21 no modo de Acionamento Manual (S21). A Figura 4.22 apresenta a maquete implementada no LAR-UNICAMP.

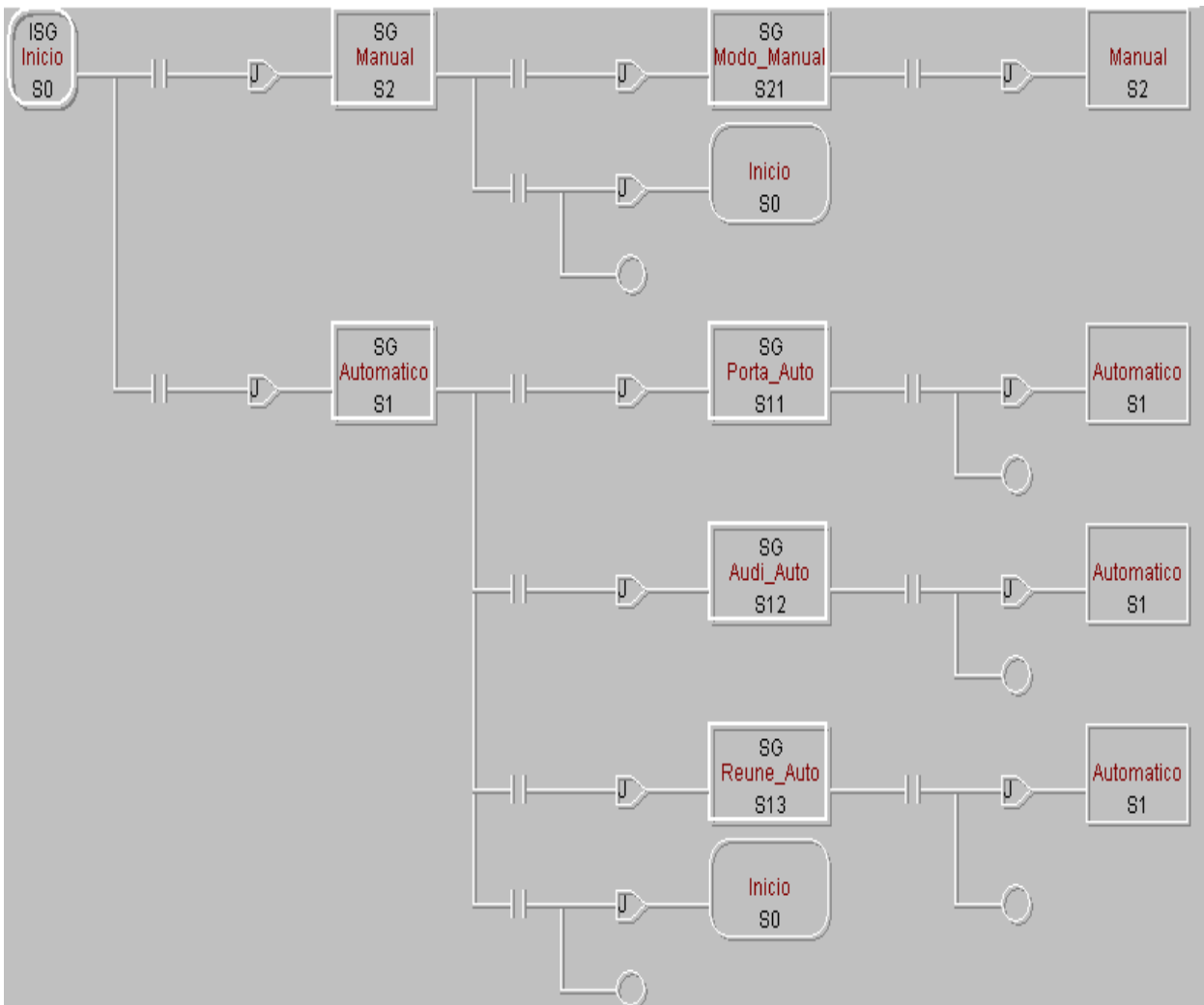


Figura 4.18 GRAFCET funcional do Sistema de Gerenciamento e Controle Implementado.

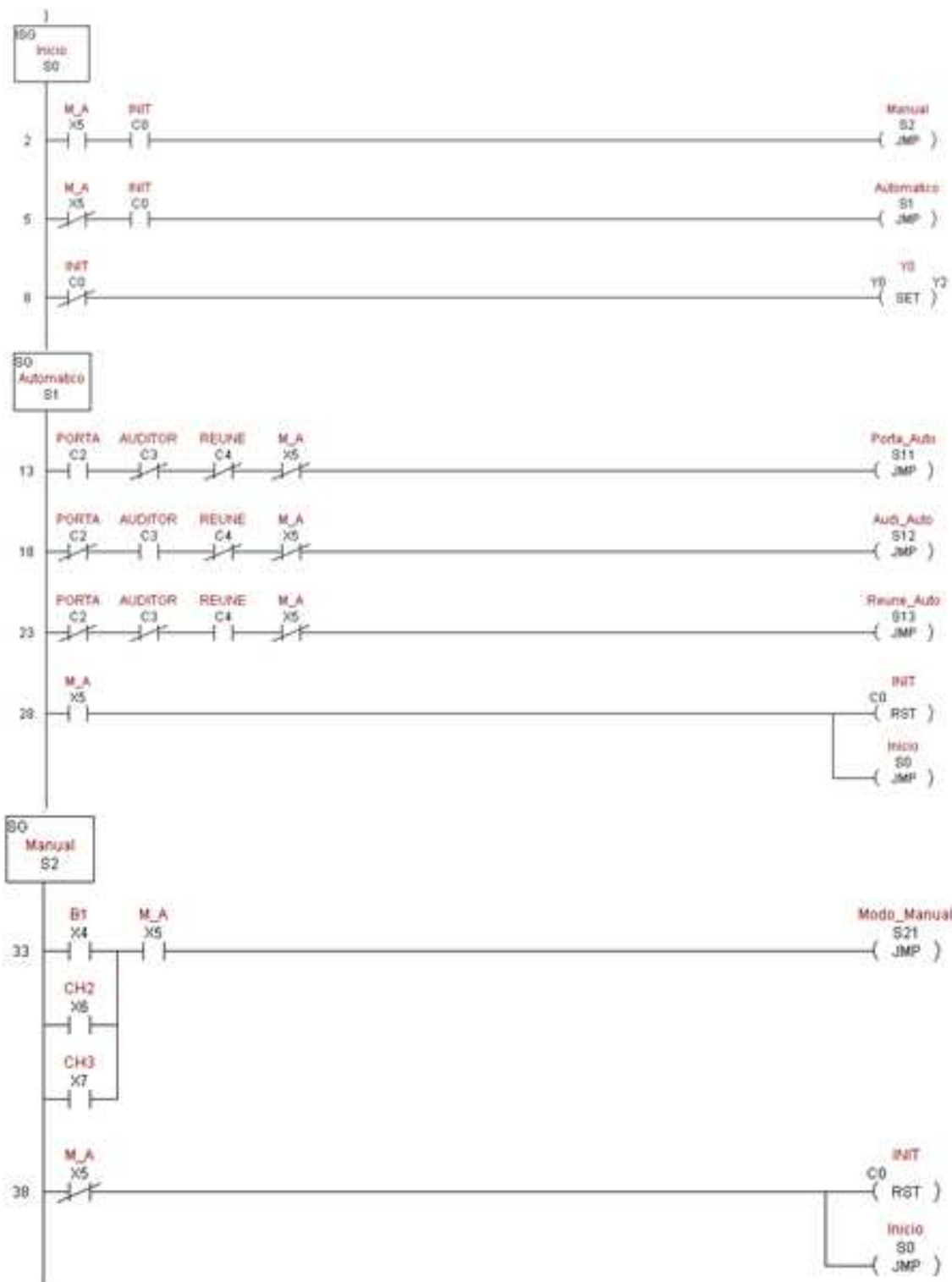


Figura 4.19 GRAFCET funcional com Macro-etapas gerais de funcionamento.

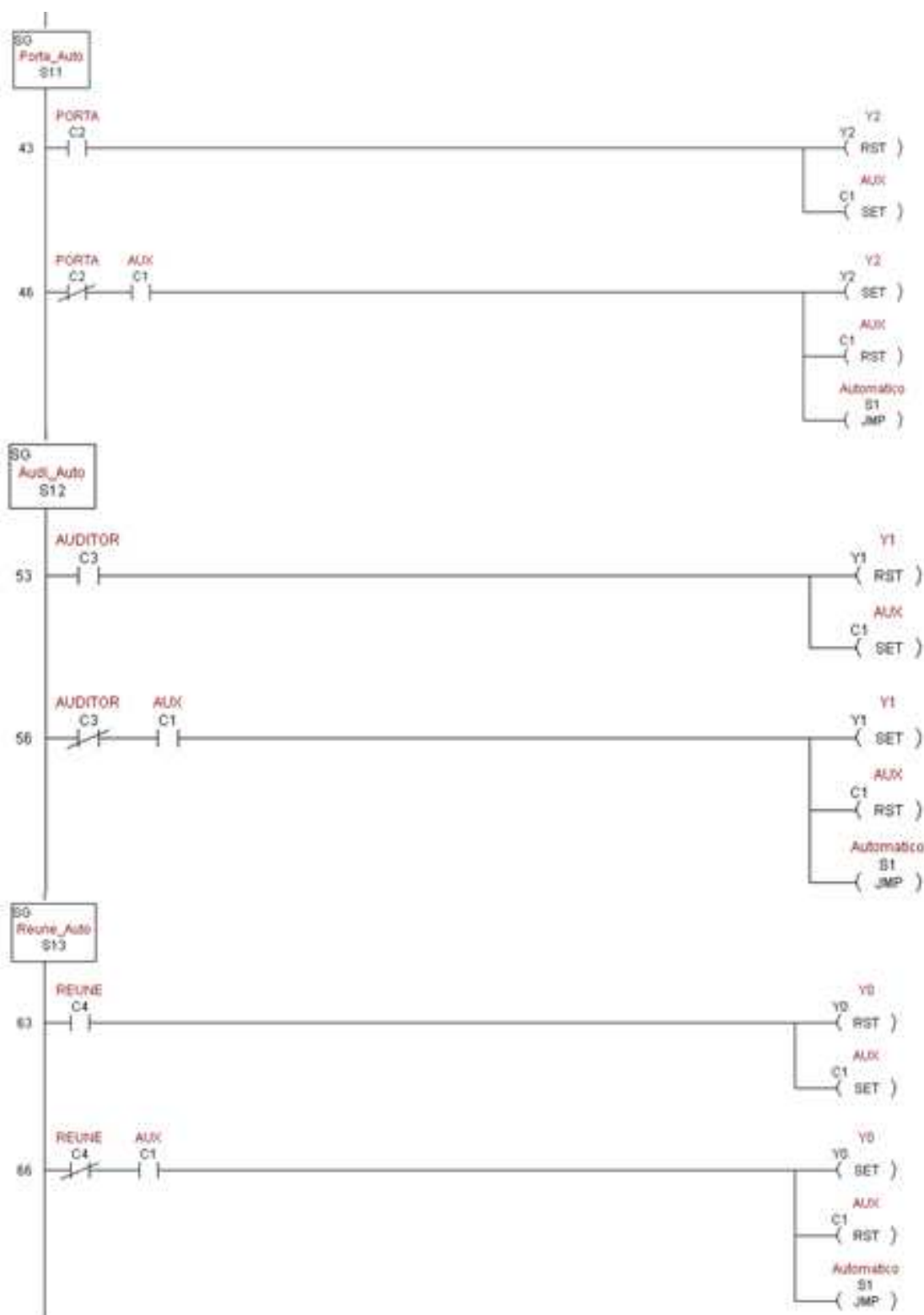


Figura 4.20 GRAFCET funcional Detalhamento de etapas – modo Automático.



Figura 4.21 GRAFCET funcional Detalhamento de etapas – modo Manual.



Figura 4.22 Maquete implementada.

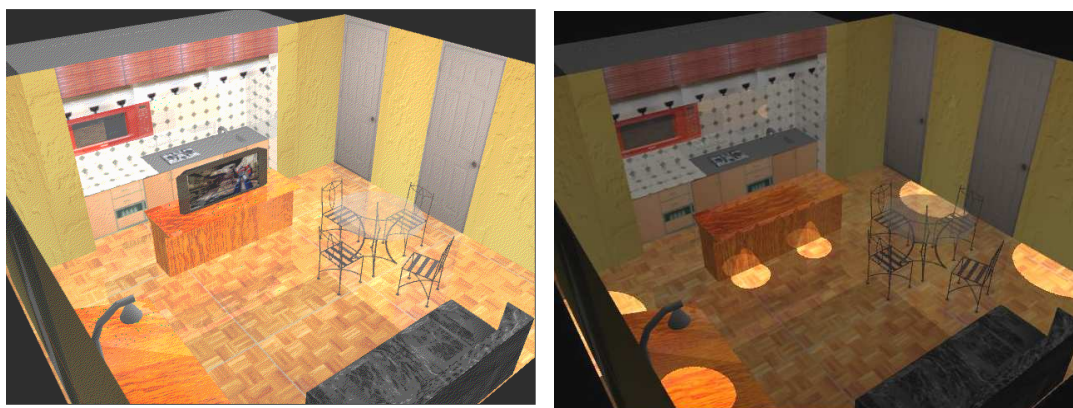
4.3. Caso III: Automação de um Espaço Residencial

Cada vez é mais presente no setor imobiliário, a utilização de espaços físicos otimizados, que representam conforto e redução de custos. Assim, no estudo de caso III foi implementado um Sistema Virtual referente a Automação de um Espaço Residencial criado a partir de um ambiente interno pré-planejado de uma unidade de apartamento residencial, tendo como objetivo o controle automático de módulos dedicados e ampla conectividade através da *internet*.

4.3.1. Descrição Funcional

Esta aplicação tem como objetivo a implantação de um sistema automatizado de mudança de um espaços físicos residênciais, fornecendo ao usuário sensação de conforto, maior independência do sistema e do usuário com relação a afazeres domésticos, racionalização do espaço e melhoramento do espaço construído.

A Figura 4.22 apresenta um exemplo de aplicação implementado nesse trabalho, correspondente ao controle automatizado do espaço físico projetado por meio de Cenas pré-determinadas, com programação baseada em períodos do dia (manhã, tarde, noite, madrugada), com possibilidade de mudanças de ambientes integrados de uma unidade de apartamento (sala de jantar, sala de TV e cozinha).



a) Cena para funcionamento no período da manhã .

b) Mudança de Cena no período da noite.

Figura 4.23 Proposta de Aplicação: Sistema Mudança Automatizada de Espaço Residencial.

4.3.2. Descrição de Elementos Operativos

A integração desses sistemas ocorre a partir da utilização de sistemas normalmente utilizados de forma independentes em automação, onde os equipamentos utilizados são facilmente encontrados no mercado atualmente, são eles:

- a) Câmera CCD IP com IP fixo para monitoramento e controle visual da aplicação;
- b) Sensor de presença comercial a partir de simples adaptação será integrado a uma CLP industrial (1 entrada e 1 saída);
- c) Sistema de Acionamento para abertura/fechamento de janelas e deslocamento de uma TV;
- d) A integração desses elementos funcionais ocorre a partir da utilização de um sistema de supervisão e controle industrial utilizando a plataforma industrial LABVIEWTM comunicando-se com o CLP através de protocolo OPC; e
- e) Publicação de uma página *web* para supervisão que funciona como interface amigável entre homem e máquina possibilitando o gerenciamento desse espaço residencial.

A Figura 4.24 apresenta o local a ser instalado os equipamentos de controle por meio de soluções físicas para o espaço residencial dessa aplicação.

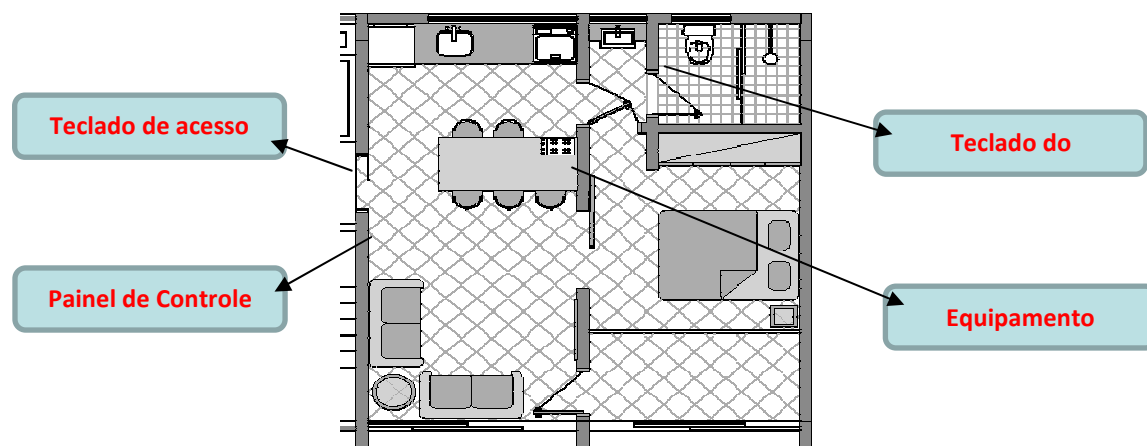


Figura 4.24 Planta Baixa de uma Unidade de Apartamento.

4.3.3. Modelagem do Sistema Automatizado

Para modelagem do sistema de automação em estudo foi implementado um programa computacional utilizando a linguagem estruturada em estágios (Grafcet) foi implementado na CLP da KoyoTM, utilizando o software proprietário DirectsoftTM. A Tabela 15 apresenta a relação de variáveis de entradas e saídas implementadas na CLP em estudo. A Figura 4.25 apresenta o Grafcet funcional correspondente as macro-etapas relativas aos períodos de funcionamento (manhã, tarde, noite e madrugada), e o grafcet funcional concernente ao detalhamento destas etapas é apresentado na Figura 4.26.

Tabela 15 Relação de Funcionamento dos Componentes do Sistema a ser implementado.

Horários	Modo Manual	Luz teto	Luz parede	Persiana Cozinha	Mecanismo tv
05:00-07:00	Ambiente Manhã	100%	0%	Aberta	Ativo
07:00-17:00	Ambiente Tarde	0%	0%	Fechada	Desligado
17:00-22:00	Ambiente Noite	100%	0%	Aberta	Ativo
	Iluminação Total	100%	0%	Fechada	Desligado
	Iluminação Tv	50%	100%	Aberta	Ativo
	Iluminação Visita	100%	0%	Aberta	Desligado
	Iluminação Intensidade	variável	variável		
06:00-07:00	Café da manhã	100%	0%	Aberta	Ativo
12:00-13:00	Almoço	0%	0%	Aberta	Desligado
19:00-21:00	Jantar	100%	0%	Aberta	Ativo
	TV				Ativo / Desligado
	Acesso Cozinha			Aberta/ Fechada	

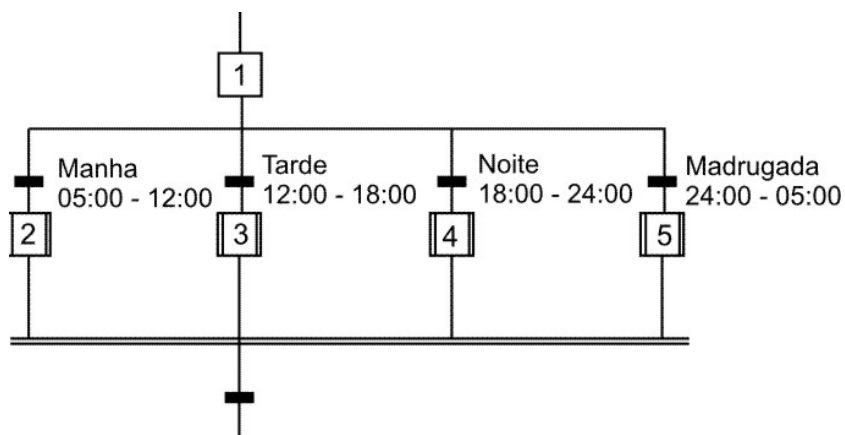


Figura 4.25 Grafcet (Macro-etapas) – Mudança Automatizada de Espaço Residencial.

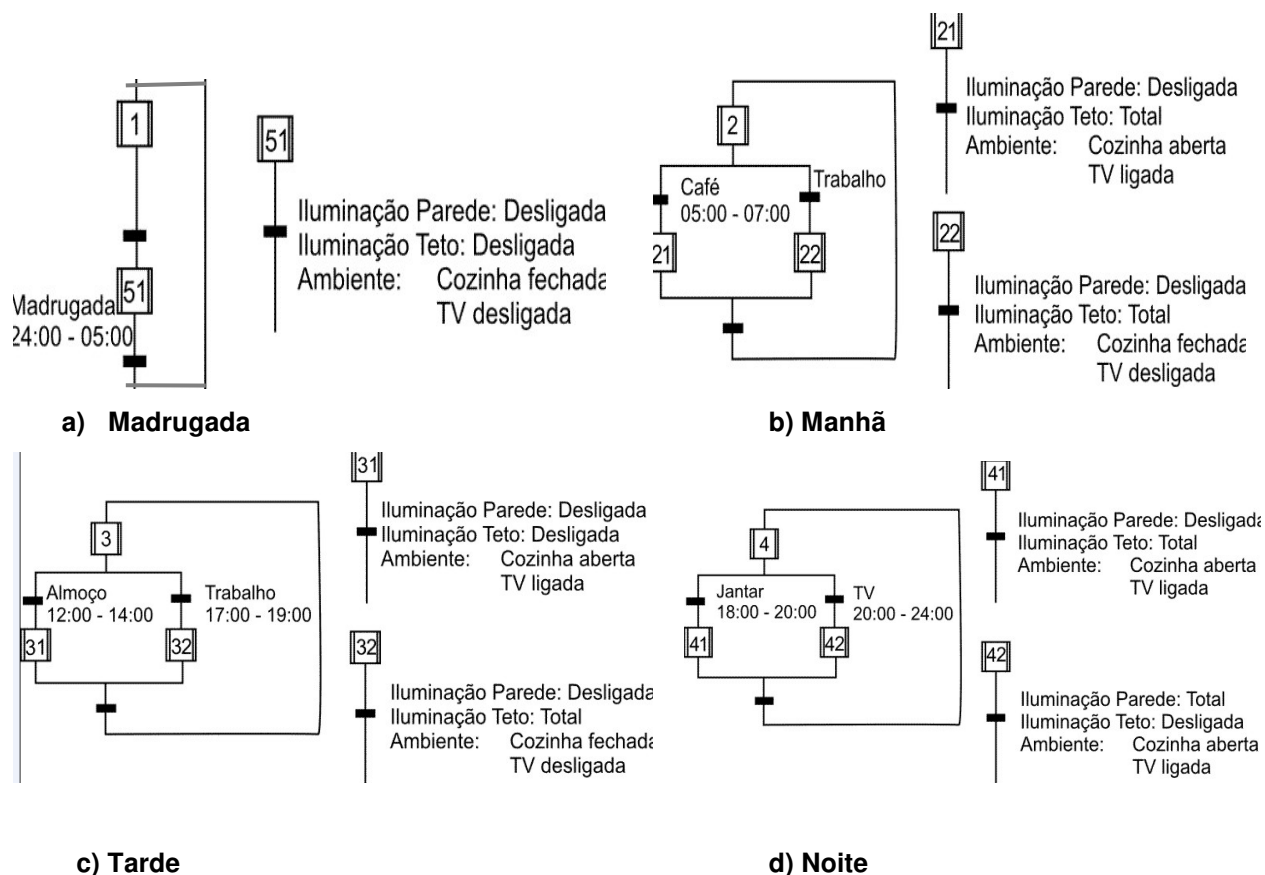


Figura 4.26 Grafcet (detalhado) – Sistema de Mudança Automatizada de Espaço Residencial.

4.3.4. Implementação do Sistema de Supervisão e Controle

A partir da implementação de uma tela gráfica para Controle e Monitoramento das variáveis dessa aplicação permite o gerenciamento de um espaço residencial, a partir do acionamento de ações de modo manual ou automático obedecendo horários pré-determinados do dia utilizando o relógio do computador. Esta página poderá ser disponibilizada na *internet* para o controle e gerenciamento desse espaço físico tornando possível o acionamento e alteração do sistema de maneira remota por meio desse aplicativo *web*. A tela gráfica implementada é apresentada na Figura 4.27.

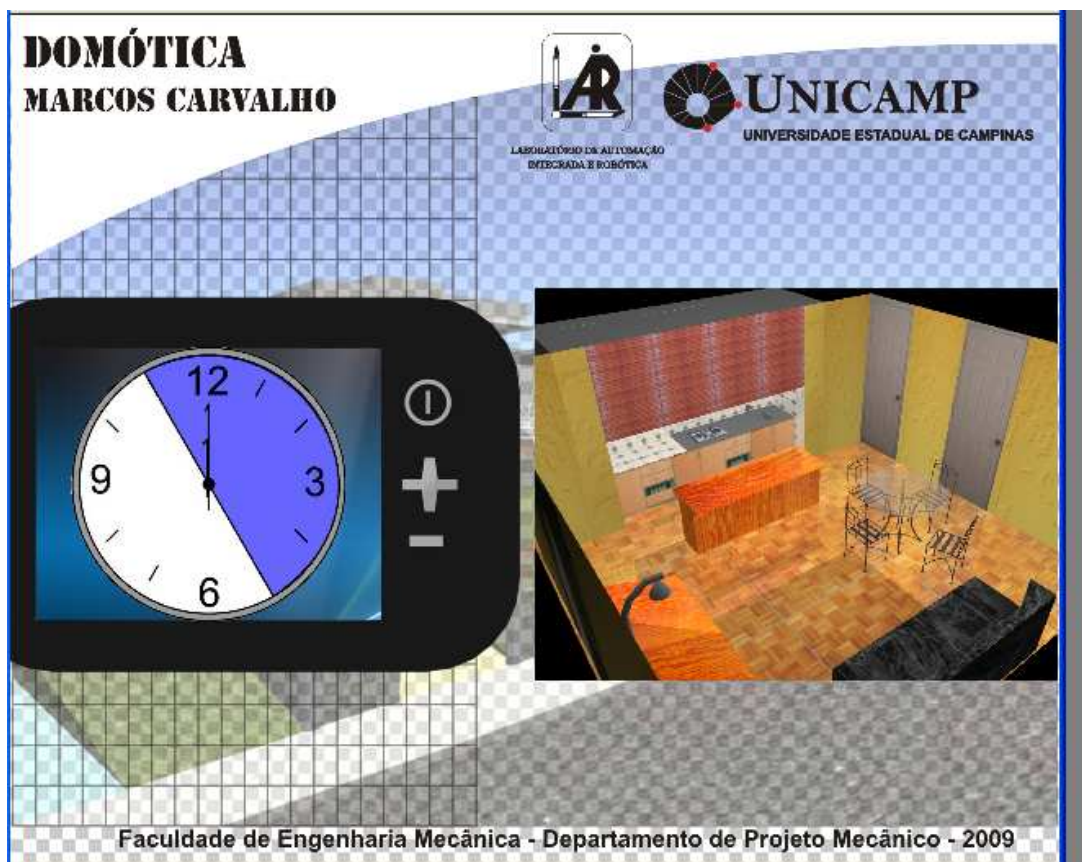


Figura 4.27 Tela de Monitoramento e Controle para o Sistema de Mudança Automatizada de Espaço Residencial.

Capítulo 5

Resultados e Conclusões

As mudanças no estilo de vida contemporâneo e o crescente grau de exigência dos consumidores têm gerado demandas de novos produtos no setor de construção no Brasil. Atualmente são utilizados em prédios mecanismos isolados de automação, o compromisso deste trabalho foi apresentar uma proposta de metodologia de sistema integrado de supervisão e controle para automação predial.

Esta dissertação de Mestrado apresentou o desenvolvimento de uma metodologia de modelagem de um sistema de automação predial a partir da aplicação de sistemas de supervisão e controle industrial, utilizando equipamentos eletrônicos (sensores de detecção de movimento, sensor indutivo, relé de acionamento, etc.) de simples operação encontrada facilmente no comércio.

5.1. Principais Resultados Alcançados

Dentre os principais objetivos específicos e alcançados nesse trabalho de pesquisa podemos relacionar os seguintes:

- Utilização de conceitos de sistemas de controle e supervisão industrial aplicado em automação predial;
- Direcionamento das aplicações de automação predial para sistemas integrados de controle e monitoramento;

- Implementação experimental desenvolvida a partir de soluções simples e disponíveis no mercado e de baixo custo final de implementação;
- Identificação de tecnologias mais adequadas e validação através de implementação experimental;
- Proposição de metodologia para elaboração de um projeto de automação predial;
- Descrição das etapas necessárias a elaboração da modelagem de um sistema automatizado predial;
- Apresentação de estudos de casos em aplicação industrial para a validação da metodologia apresentada; e
- Definição de conceitos referentes a automação predial, protocolos, redes de comunicação, processos de modelagem a partir da utilização das tecnologias e equipamentos disponíveis no mercado.

5.2. Principais Contribuições desse Trabalho

Através do desenvolvimento das etapas delineadas nesse projeto de pesquisa, onde os objetivos previstos foram atingidos, pode-se concluir que as principais contribuições desse trabalho de pesquisa foram consolidadas através das implementações experimentais e utilizando equipamentos disponíveis no mercado industrial, dentre eles podem destacar a utilização de sistemas de supervisão e controle industriais aplicados a automação predial, e ainda:

- O reforça-se a proposta de utilização do protocolo UpnP – Universal Plug and Play para aplicação em Automação Predial devido a facilidade, flexibilidade, estrutura jpa existente para apoio e desenvolvimento das soluções e custos. Este protocolo já esta embutido no MS-Windows e MS-Windows XP, e funciona sobre TCP/IP utilizando http e XML, podendo inclusive comunicar-se com outros protocolos ou tecnologias de automação predial através de meios físicos compatíveis, tais como radio frequencia (RF e Wireless), linha telefônica, rede elétrica, infra-vermelho (IrDA), Ethernet e FireWire (IEEE 1394);
- A tendência da automação predial é aumentar a autonomia e a integração entre os aparelhos eletrônicos instalados, e foi isso que foi apresentado como proposta de implementação experimental. Utilizando a plataforma industrial LABVIEW™

comunicando-se com o CLP através de protocolo OPC (4) foi possível a integração de sistemas autônomos encontrados nos dispositivos eletrônicos comerciais;

- A utilização da *internet* nos espaços prediais é um fenômeno contemporâneo e a incorporação de novas tecnologias à edificação é uma tendência muito forte, por estar associada às mudanças no estilo de vida da população. A implantação experimental apresentada no Capítulo 4 valida a importância do gerenciamento de um sistema de automação de maneira remota (web), de maneira a possibilitar que os serviços e as informações estejam disponibilizados 24 horas por dia, sete dias na semana, ou seja, não existindo horário para o funcionamento do sistema projeto; e
- A principal vantagem da metodologia proposta neste trabalho de pesquisa é a possibilidade de aplicação em diferentes situações e soluções de um sistema automatizado conforme apresentado nas três diferentes implementações experimentais.

5.3. Perspectivas Futuras

A grande tendência é a popularização da automação predial pelo surgimento de novos produtos, barateamento das tecnologias existentes e familiarização com os produtos por parte dos usuários (MATTAR, 2007). Portanto, cabe aos profissionais da área de automação estar sempre atualizados em relação às novas tecnologias e sempre buscar novos meios de atender aos anseios das novas exigências dos usuários. A seguir será destacada algumas tendências do mercado, consideradas relevantes para estudos e pesquisas futuras na área de automação predial:

- Percebe-se a presença gradativa da figura do Integrador de Sistemas Prediais, que é o profissional responsável pelo projeto, instalação e gerenciamento dos sistemas automatizados. Essa profissão por ser recente ainda não existe legalmente no Brasil. A sua formação técnica provém de campos diversos, tais como engenharia(s), ciência da computação e arquitetura;
- É importante ressaltar o aumento na população de idosos e portadores de necessidades especiais que através do desenvolvimento de sistemas automatizados direcionados a acessibilidade desses grupos sociais, trazem benefícios enormes, capacitando-os e permitindo o aumento do grau de independência, como por exemplo o monitoramento

remoto do estado de saúde desses grupos sociais que vivam só e infra-estrutura adequada para transmissão de dados de maneira confiável;e

- De uma maneira em geral, destaca-se a necessidade gradativa de definições de protocolos de controle para sistemas de automação predial a partir de sistemas integrados.

Como sugestão de pesquisas futuras torna-se interessante aprimorar os desenvolvimentos experimentais implementados, onde destacaremos a seguir algumas sugestões de continuidade para os três estudos de caso abordados nesse trabalho de pesquisa.

Caso I - Sistema de Inspeção Virtual

- Criação de um banco de dados para identificação com registro por fotos dos usuários ao acessar o espaço do Laboratório de Automação Industrial e Robótica;
- Criação de planilhas de cálculo de consumo dos recursos energéticos economizados utilizados nos espaços monitorados;
- Criação de contadores de acessos, e assim controle dos usuários e tempo de permanência no laboratório; e
- Integração de câmera web com o aplicativo representado pela tela de Controle e Supervisão do Sistema.

Caso II – Sistema de Supervisão e Gerenciamento Automatizado de um Setor Administrativo

- Criação de um banco de dados para controle de usuários ao acesso dos usuários a área restrita e liberado a cadastrados;
- Criação de planilhas de calculo de consumo dos recursos energéticos economizados e utilizados nos espaços monitorados;
- Criação de contadores de acessos, e assim controle dos usuários e tempo de permanência no local ocupado;
- Desenvolvimento de soluções físicas de controle na Sala de Reunião e Auditório;e
- Desenvolvimento de uma rede de comunicação *wireless* para facilitar instalação de equipamentos e reduzir custos de tempo, manutenção e material com rede física.

Caso III – Automação de Ambientes Residenciais

- Criação de comando controlado por voz entre outros dispositivos a maior independência de usuários portadores de alguma necessidade especial de acessibilidade para controle do sistema automatizado;
- Relacionar o funcionamento interno da unidade residencial com os recursos naturais e intempéries externas ao espaço projetado, como por exemplo, acionamento de abertura e fechamento de janelas e venezianas de acordo com a intensidade natural luminosa, ou ventilação e ou temperatura;

Referências Bibliográficas

ALVES, J. A.; MOTA, J.: Casas Inteligentes. Centro Atlântico, 2003.

AGOSTINI, R.: Apartamentos Inteligentes, Disponível em:
<<http://www.aureside.org.br/imprensa/>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2007.

AMORY, A.; PETRINI, A.: Sistema Integrado e Multiplataforma para Controle Remoto de Residências. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Informática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. 2001.

ASSUMPÇÃO, J.F.P.: A Construção Civil e a racionalização na produção de edificações. São Carlos: Programa de Pós-Graduação em Construção Civil / UFSCar, 2004.

BETTONI, R.L.: Estudo de Caso Automação Predial INCOR, Congresso BICSI 2001, São Paulo, 2001.

EFE: Bill Gates busca integração de aparelhos eletrônicos. Agência EFE. Disponível em:
<http://brtecnologia.yahoo.com/article/08012007/40/saude-noticias-bill-gates-busca-integra-aparelhos-eletronicos.html>, Acesso em: 8 janeiro de 2007.

BOLZANI, C. A. M.: Residências Inteligentes: um curso de Domótica. 1.ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.

BOLZANI, C. A. M.: Desenvolvimento de simulador de controle de dispositivos residenciais inteligentes: uma introdução aos sistemas domóticos. – ed. rev. – São Paulo, 2004. 115 p.

BRETERNITZ V. J.: Domótica: as casas inteligentes. jun. 2001. Disponível em: <http://www.widebiz.com.br/gente/vivaldo/domotica.html>. Acesso em 30 mar. 2005.

CABA: research briefs. Csumer broadband: the path to growth and profitability. I-Homes & Building, Toronto, v.2, n.2, p.9, May 2005.

CANATO, Décio Albino, Utilização de Conceitos de Integração de Sistemas Direcionados a Domótica – Estudo de Caso para Automação Residencial, 2007.

CGEE: Estudo Prospectivo Setorial Eletrônica para Automação – Relatório Panorama Atual, Centro de Estudos Estratégicos, Ciência, Tecnologia e Inovação, CGEE-ABDI, Brasília, agosto de 2009.

CISCO SYSTEMS. Internet Business Solutions Group (IBSG). i-Homes & Buildings, Toronto, v.2, n.2, p.9, 2005.

DIAS, C. L., PIZZOLATO, N.: Domótica: aplicabilidade e sistemas de automação residencial. Vértices, v.6, nº03, 32p, set/dez, 2004.

DORNAN, A.: Wireless communication – o guia essencial de comunicação sem fio. Tradução Fábio Freitas. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

ECHELON CORP. Disponível m: <http://www.echelon.com/support/documentation>. Acessado em 15 de outubro 2008.

EHRlich, P. Intelligent Building construction and operation – what is involved in the Construction and operation of an intelligent building ?, Homes & Buldings, Toronto, v.3, n.1, p.14-16, mar. 2006.

EIA: Eletronic Industries Association: Handbook of Home Automation System (CEBus). EIA/IS 60, Washington-USA, 1992.

EIBA. The EIB System for Home & Building Electronics. European Installation Bus Association. 1998. Disponível em: <http://www.eiba.ru/dnld.htm>. Acessado em 20 de outubro de 2008.

EIB. INFORMATION KIT, Disponível em **Error! Hyperlink reference not valid.** em 12 janeiro 2004.

FALGUERA, L. F.: ORTRONICS, Norma 570-A e Sistema de Automação Residencial, Congresso BICSI 2001, São Paulo, 2001.

FERNANDES, P.M.M.: Aplicações Domóticas para Cidadãos com Paralisia Cerebral, Disponível em <http://www.bibliotecadigital.com>. Acesso em 16 abril 2004.

FORTI, J. C.: AURESIDE, Principais Protocolos e Padrões Usados em Automação Residencial, Congresso BICSI 2001, São Paulo, 2001.

FOUT, T.: Universal Plug and Play no Windows XP, Microsoft Corporation, julho de 2001.

FRAZATTO, C.: Sistema de Avaliação da Inteligência em Edificações, Congresso BICSI 2001, São Paulo, 2001.

GERHART, J.: Home Automation & Wiring, USA, McGraw-Hill, 1999.

HENNIG, Carlos H. Comunicação sem fio na indústria, abordando IEEE 802.15.4, Zigbee, ISA SP100, Wireless Hart e Wina.. Apresentado no Congresso ISA Show 2006.

KINNEY, P.: ZigBee Technology: Wireless Control that Simply Works. HTI News Article, October 2003.

KONNEX. Disponível em: <http://www.knx.org/>, Acessado em 08 de abril de 2008.

KRÜGER, E.: Protótipo de sistema de segurança predial através de monitoramento utilizando recursos da internet, Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Ciências da Computação, Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2002. 61 f.

LIPPMAN, S. B. C# - Um guia prático. Tradução Werner Loeffler. Porto Alegre: Bookman, 2003.

MARTE, C.L.: Automação Predial: A Inteligência Distribuída nas Edificações. São Paulo, Ed.Carthago, 1995

MARTE, C.L., MARTINI, J.S.C., Aspectos Tecnológicos da Automação Predial, V ENIE Encontro Nacional de Instalações Elétricas, São Paulo, 2000.

MARTE, C.L., COSTA, H., FOGAGNOLI, J.S.C. (2001): A Influência de Sistemas de Automação no Comportamento Energético das Edificações”, 5º Congresso Nacional de Automação Industrial - CONAI 92, São Paulo, 1992.

MATTAR, D.G.: Processo de Projeto para edifícios Residências Inteligentes e o Integrador de Sistemas Residenciais. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, 2007.

MONTEBELLER, S.J.: Estudo sobre o Emprego de Dispositivos sem fios – Wireless na automação do ar-condicionado e de outros sistemas prediais, tese de doutorado Engenharia Elétrica, EPUSP, julho de 2006.

- MOREIRA, V. F.: Domótica: Aplicações Residenciais e no Setor de Serviços, Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Controle e Automação, Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, 2009. 120 f.
- MURATORI, J. B.: Mercado de automação residencial, os próximos passos. Disponível em: <<http://www.estoke.com.br/downloads/automacao.pdf>>, Acesso em: 02 de fevereiro de 2007.
- MURATORI, J. B.: AURESIDE, Integração de Sistemas Residenciais, Congresso BICSI 2001, São Paulo, 2001.
- PINHO, M. “Concepção: Apartamentos e mídias em Belo Horizonte. 2005.130f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- TEZA, Vanderlei Rabelo, Alguns Aspectos sobre a Automação Residencial – Domótica Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.
- SARAMAGO, M. A.P.: Elaboração de Dispositivos Inteligentes Utilizando Conceitos de Domótica Direcionados a Automação Hospitalar. Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, No 31/02, 05 de agosto de 2002, 224 p.
- VALE, H.M.F., DUARTE, J.A.C., BRAZETE, S.M., DUARTE, A.M.O.: Desenvolvimento de Aplicações para Sistemas Domóticos utilizando programação orientada por objectos em C++. in Revista do DETUA, vol.1, nº 4, Setembro, 1995.
- ZAMPRONHA, R.: A Evolução dos Sistemas Supervisórios. artigo técnico. Disponível em: <<http://www.softbrasil.com.br/site/artigos/>>. Acesso em: 18 de novembro de 2008.

Principais Sites de Fabricantes Consultados na Internet

ADEPT Systems Inc, Boca Raton-FL. AC Reference Implementation of the LonTalk Protocol on the MC68360., Revision 1.7, Julho 1998, Disponível em: <http://www.adeptsystemsinc.com>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2005.

AURESIDE: Associação Brasileira de Automação Residencial. Disponível em: <http://www.aureside.org.br/>, Acessado em 19 de janeiro de 2009.

BLUETOOTH: Disponível em: <http://www.bluetooth.com/Bluetooth/Technology/>.
Acessado em 23 de março de 2009.

CABA: Continental Automation Building Association Disponível em: <http://www.caba.org/>,
Acessado em 30 de julho de 2009.

CEBUS: CEBus Industry Council (CIC), Disponível em: **Error! Hyperlink reference not valid.**,
Acessado em 30 de julho de 2009.

DOMOSYS: Domotics Systems, Disponível em: <http://www.domosys.com/>, Acessado em 30 de julho de 2009.

GE: General Electric Automation, Disponível em: <http://www.ge.com/>, Acessado em 30 de julho de 2009.

MITSUBISHI: Automação, Disponível em: <http://www.mitsubishi.com/e/index.html>, Acessado em 30 de julho de 2009.

MICROSOFT: Software, Disponível em: <http://www.microsoft.com.br>, Acessado em 30 de julho de 2009.

INTEL: Computação, Disponível em: <http://www.intel.com.br>, Acessado em 30 de julho de 2009.

SIEMENS: Building Technologies. Disponível em: <http://w1.siemens.com/entry/cc/en/>, Acessado em 30 de julho de 2009.

X10: X10 Powerline Carrier (PLC) Technology, Disponível em: <http://www.x10.com/support/technology1.htm>. Acessado em 21 de novembro de 2008

X10BR: X10 Powerline Carrier Technology, Disponível em: <http://www.x10br.com.br>, Acessado em 21 de novembro de 2008

X10PRO: X10 Powerline Carrier Technology, Disponível em: <http://www.x10pro.com>, Acessado em 21 de novembro de 2008

Anexo I

Protocolos de Comunicação em Automação Predial

X10 - A linha de automação predial criada pela companhia X-10 Ltda baseia-se em dois componentes básicos: controladores e módulos receptores. A comunicação entre estes dispositivos é feita pela rede elétrica - os primeiros enviam sinais (comandos), que são depois recebidos pelos segundos. Os módulos receptores são simples adaptadores que se ligam entre o dispositivo a controlar (por exemplo, um aparelho eletrodoméstico ou uma lâmpada) e a rede elétrica. Existem duas classes básicas de módulos receptores: os módulos de lâmpadas e os módulos de aplicativos. Os primeiros permitem ligar/desligar e efetuar o *dim / bright* (diminuição/aumento do nível de intensidade luminosa) das lâmpadas incandescentes. Os segundos usam um relé para ligar/desligar qualquer aplicativo que a eles se encontre conectado, pelo que permitem controlar motores, lâmpadas fluorescentes, etc.

Os controladores enviam comandos pela rede elétrica para os módulos a fim de controlar os dispositivos que lhes estão ligados. Tais controladores podem ser simples, isto é, possuir um número reduzido de comandos, ou então ser mais complexos, com relógio integrado e acesso telefônico. Em geral, qualquer controlador pode ser usado para controlar qualquer módulo. Além disso, os mesmos módulos podem ser controlados por mais do que um controlador.

A seleção de um módulo é feita recorrendo ao seu endereço. Os endereços X-10 são constituídos por duas partes: código de casa (*House Code*) com 4 bits e código de unidade (*Unit Code*), também com 4 bits. A primeira corresponde a um determinado circuito de comando e tem 16 posições possíveis (de A a P), enquanto que a segunda corresponde a uma zona de um determinado circuito de comando e tem também 16 posições possíveis (de 1 a 16) (INGE, 1996). Assim, cada letra pode ter 16 zonas – endereços. Têm-se, então, no total $16 \times 16 = 256$ endereços possíveis.

O **X-10** é o protocolo mais antigo usado nas aplicações domóticas sendo desenvolvido entre 1976 e 1978 com o objetivo de transmitir dados por linhas de baixa tensão (110V nos EUA e 230V na Europa) a muito baixa velocidade (60 bps no EUA e 50 bps na Europa) e com custos muito baixos. Ao usar as linhas elétricas da habitação, não se torna necessário ter novos cabos para ligar os dispositivos. O protocolo X-10 é aberto, ou seja, qualquer fabricante pode produzir dispositivos X-10 e oferecê-los ao público. Graças ao seu amadurecimento (mais de 20 anos no mercado) e à tecnologia implementada, os produtos X-10 têm um preço muito competitivo. Também são produtos de fácil instalação.

Portanto o X-10 é de momento a tecnologia mais acessível para a realização de uma instalação domótica não muito complexa. O protocolo X-10 usa uma modulação muito simples quando comparado com as que são usadas nos outros protocolos de controle por correntes portadoras. O Transmissor / Receptor do X-10 depende do ciclo da onda senoidal de 50hz (60hz nos EUA) para introduzir no instante depois desta cruzar o zero um sinal muito curto numa frequência fixa.

Pode introduzir-se este sinal nos ciclos positivo ou negativo da onda senoidal. A codificação de um bit 1 ou de um bit 0 depende de como este sinal é emitido nos semiciclos. O 1 binário é representado por um impulso de 120 kHz durante 1 milissegundo e o 0 binário é representado pela ausência desse impulso de 120 kHz. Num sistema trifásico o impulso de 1 milissegundo é transmitido três vezes para que coincida com a passagem pelo zero das três fases. Como tal, o tempo de 1 bit coincide com os 20ms que dura o ciclo do sinal, de forma a que a velocidade binária de 50 bps é imposta pela frequência da rede elétrica que temos na Europa. Nos Estados Unidos a velocidade binária é 60 bps.

Os dispositivos bidirecionais têm a capacidade de responder e confirmar a realização correta de uma ordem (*feed-back*), a qual pode ser muito útil quando o sistema X-10 estiver ligado a um programa de visualização que mostre os estados em que se encontra a instalação.

O **EIB** (*European Installation Bus*) é um sistema proprietário de automação predial, sendo possível a modificação dos endereços via software, e permite que as funções dos

dispositivos seja modificada. Desta forma, um interruptor que por sua vez tem uma função, poderá receber outra função aplicada a um outro dispositivo. A Siemens alemã, desenvolveu um sistema de automação residencial baseada em EIB batizada de InstaBus.

Utiliza como meio físico o UTP (Par Trançado) ou Telefônico para a transmissão de sinais e para alimentação de dispositivos em 24 Vdc. A instalação deste BUS segue a rede elétrica para os casos de dispositivos que necessitam de alimentação a 110 ou 220 Vac. A velocidade de transmissão é de até 9600 bps com até 64 dispositivos por segmento estrela, árvore, anel ou barramento. Pode implementar o mesmo endereço a dois ou mais dispositivos inter-relacionados para uma mesma lógica e função.

O sistema EIB (*European Installation Bus*) é um sistema aberto e de alta confiabilidade, desenvolvido pela EIBA (*European Installation Bus Association*). Trata-se de um sistema operacional distribuído, baseado no modelo de referência OSI (*Open Systems Interconnection*), para controle de redes, otimizado para o controle de ambientes e edifícios. As novas exigências e o aumento do uso de sistemas de comando e de vigilância nos edifícios e habitações modernas podem ser considerados um dos principais responsáveis pelo surgimento do sistema EIB.

O sistema EIB é um sistema distribuído ponto a ponto (cada dispositivo comunica diretamente com os restantes, o que se traduz por uma resposta mais rápida), que pode conter até 65536 dispositivos.

A topologia lógica, tal como é indicada na Figura A1, permite 256 dispositivos em cada linha. Um conjunto de 15 linhas mais uma linha principal (*main line*) constitui uma área. O agrupamento de 15 áreas junta com uma linha de *backbone* forma um domínio.

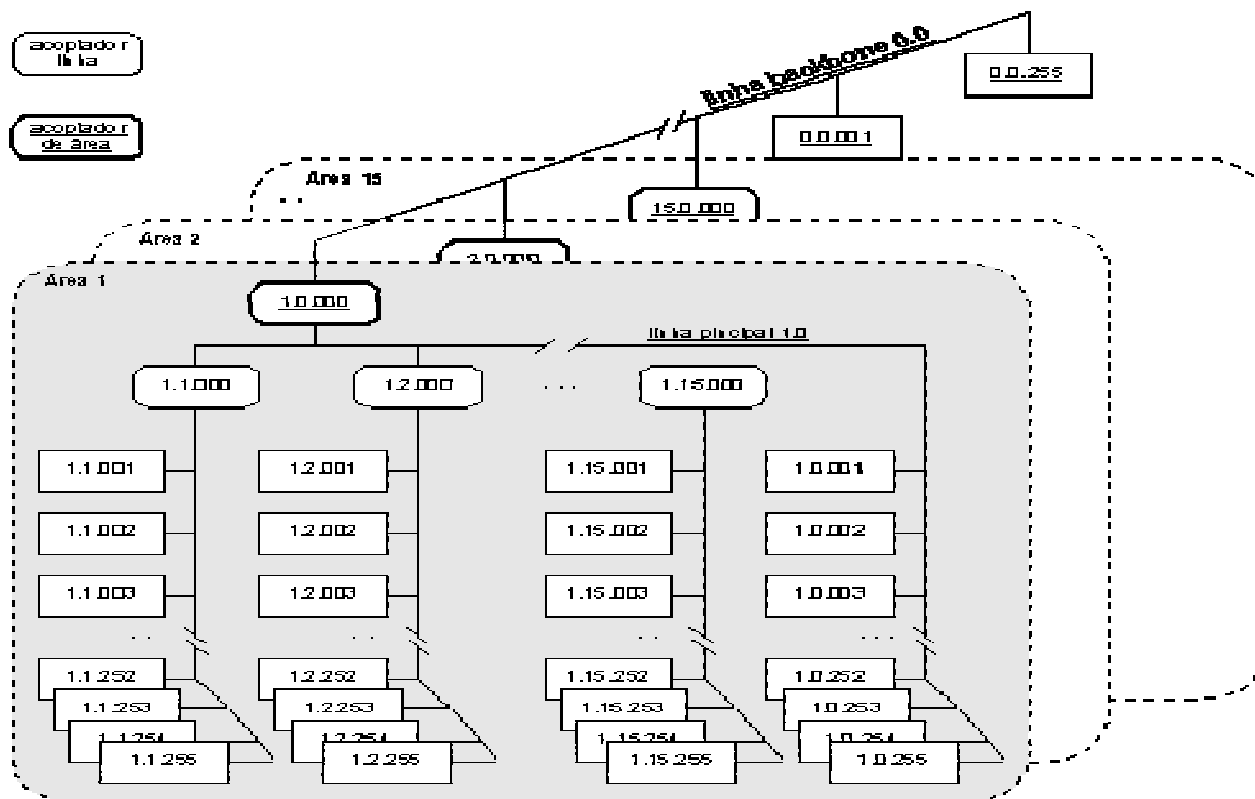


Figura A.1 - Topologia lógica do EIB (EIB. Information Kit; Goossens, M., 1998)

Os acopladores permitem ligar linhas ou segmentos, por exemplo, num meio de transmissão par entrelaçado, ou diferentes meios de transmissão e podem atuar como: repetidores, *bridge*, encaminhadores, filtros (para otimização do tráfego), etc. A divisão em linhas e áreas evita a sobrecarga do sistema quando uma delas se encontra com muita densidade de tráfego. O sistema EIB pode ter como suporte os seguintes meios de transmissão:

- EIB.TP - par entrelaçado (9600 bit/s);
- EIB.PL - rede elétrica (1200/2400 bit/s);
- EIB.RF - radiofrequência (em 1998);
- EIB.net2 - (10 Mbit/s em Ethernet);
- EIB.IR - infravermelhos (em 1999);
- EIB.MMS - permite adicionar serviços multimídia dedicados.

O sistema é controlado por eventos. A sua espinha dorsal percorre todo o edifício ou habitação.

LonWorks é um sistema proprietário utilizado para automação predial, desenvolvido pela empresa norte-americana Echelon Corp. e que é apoiada por mais de 400 empresas em diversos setores ao redor do mundo. A peça fundamental deste sistema é um chip chamado Neuron-Chip que possui integrado 3 processadores de 8 até 32 bits, sendo 2 deles dedicados a comunicação (um para o controle do acesso físico MAC, e outro dedicado ao protocolo proprietário LONTalk, que cobre todas as sete camadas OSI), e o terceiro chip fica dedicado à aplicação. Desta forma o protocolo fica embutido no processador reduzindo os custos e aumentando a velocidade e o desenvolvimento das aplicações. O Neuron-Chip é fabricado pela Cypress Semiconductor e pela Toshiba Corporation. A Motorola também possui um microprocessador chamado MC68360 com quatro controladores integrados de 32 bits e 64 k de memória, que possui a capacidade de acesso a todas as camadas do protocolo LonTalk e disponibiliza um gateway entre este protocolo e outros, tais como o TCP/IP.

Utiliza como meio físico o UTP (Par Trançado), Telefônico, Rede Elétrica (através de ondas portadoras), RF-Radio Frequência, IR-Infra Vermelho e Cabo Coaxial. A velocidade de transmissão depende do meio físico, chegando ao máximo a 1.25 Mbps e endereçamento máximo de 3200 dispositivos.

A Echelon Corporation apresentou a tecnologia LonWorks no ano 1992 e desde então múltiplas empresas a têm usado para implementar redes de controle distribuídas e automatizadas. Apesar de estar desenhada para cobrir todos os requisitos da maioria das aplicações de controle, só tem tido êxito a sua implementação em edifícios administrativos, hotéis e indústrias. Devido ao seu custo, os dispositivos LonWorks não têm tido grande implementação nas casas, sobretudo porque existem outras tecnologias com prestações iguais e muito mais baratas. O êxito que o LonWorks tem obtido em aplicações profissionais nas quais importa muito mais a confiabilidade e a robustez que o preço em si, deve-se a que desde a origem oferecem uma solução com arquitetura descentralizada, extremo-a-extremo, que permite distribuir a inteligência entre os sensores e os atuadores instalados e que cobre desde o nível físico até ao nível de aplicação a maioria dos projetos de redes de controle. Segundo a Echelon, o LonWorks é um sistema aberto a qualquer fabricante que queira usar esta tecnologia sem depender de sistemas proprietários, o que permite reduzir os custos e aumentar a flexibilidade da aplicação de controlo distribuída.

Os dados podem existir sob duas formas: a mensagem explícita ou a variável de rede. As mensagens explícitas são a forma mais simples de enviar e receber dados entre duas aplicações residentes em dois Neuron Chip do mesmo segmento LonWorks. As variáveis de rede proporcionam um modelo estruturado para a troca automática de dados distribuídos num segmento LonWorks.

Temos de realçar que os perfis funcionais padronizam as funções, não os produtos de forma que permitem que diversos fabricantes ofereçam o mesmo produto ao nível funcional, as desde o ponto de vista do hardware não tenha nada a ver um desenho com outro. Os perfis de funcionamento LonMark asseguram a compatibilidade total entre produtos LonWorks. Para não limitar o conjunto de funções ou objeto que os fabricantes podem instalar num nó Lonworks, os perfis funcionais são especificados com um conjunto de objetos ou funções obrigatórios para além de um conjunto opcional. Aqui está a razão de que apesar de existirem milhares de produtos Lonworks nem todos têm a certificação LonMark.

Batibus é um sistema proprietário de automação predial que se caracteriza principalmente pela pequena taxa de comunicação, sendo útil principalmente para o envio de mensagens de comandos e funções entre dispositivos. Possui como destaque a pequena taxa de erro, equivalente a 10⁻¹⁰, e possui uma taxa de ocupação de 30 % da central controladora do sistema. Assim sendo, para uma mensagem média de 8 bytes e taxa de 1000 mensagens por minuto, implica num tempo de resposta médio de 200 ms (MARTE, 2000, V ENIE).

Utiliza como meio físico o UTP (Par Trançado) ou Telefónico para a transmissão de sinais e para alimentação de dispositivos em 15 Vdc, ou ainda um cabo blindado Batbus a 4 KV. A velocidade de transmissão é de até 4800 bps com até 75 dispositivos por segmento estrela, árvore, anel ou barramento. O acesso ao meio é controlado por CSMA/CD Carrier Sense Multiple Access Collision Detection.

O Batibus tem uma velocidade binária única de 4800 bps a qual é mais que suficiente para a maioria das aplicações de controle distribuído. Utiliza um cabo blindado do tipo telefónico e

admite as topologias em bus, estrela, anel ou árvore ou qualquer combinação destas. A única indicação a respeitar é não atribuir direções físicas idênticas a dois dispositivos da mesma instalação. Este protocolo é totalmente aberto, isto é, ao contrário do que sucede com o protocolo LonTalk do Lonworks, o protocolo do Batibus pode ser implementado por qualquer empresa interessada em introduzi-lo nos seus produtos ou equipamentos (Figura A2).

Tipo da Mensagem	Tipo do Destino/Emissor	Endereço Destino/Emissor	Dados	Check
------------------	-------------------------	--------------------------	-------	-------

Figura A2 - Trama Batibus (Allen, B. & Dillon, B., 1997).

Em nível de acesso, este protocolo usa a técnica CSMA-CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*) semelhante à Ethernet, esta usa a CSMA-CD, mas evitando 23 as colisões. Isto é, se dois dispositivos tentam acessar ao mesmo tempo ao Bus, ambos detectam que se está a fim de ter uma colisão, então só aquele que tiver mais prioridade continua a transmitir, e o outro termina a transmissão retomando-a no instante seguinte. Esta técnica é praticamente a mesma do EIB e também do Bus de comunicação do setor automobilístico designado por CAN (*Controller Area Network*).

A filosofia é que todos os dispositivos Batibus escutam tudo o que circula no bus, todos processam a informação recebida, mas só aqueles que tiverem sido programados irão filtrar o telegrama, e o enviarão á aplicação existente em cada dispositivo. A direção física é atribuída tal como no X-10 através de micro-interruptores ou mini-teclados.

Inicialmente projetado para interligar sensores inteligentes, atuadores e unidades terminais de controlo, num edifício, o sistema BatiBUS foi criado em 1988, em França, por Merlin Gerin, AIRELEC, EDF e LANDIS & GYR. Foi também o primeiro bus de campo a aparecer no mercado. O suporte físico do BatiBUS é um simples par entrelaçado, isolado ou não, dependendo do tipo de ambiente eletromagnético (os cabos autorizados são o BatiBUS, vendido pela Merlin Gerin, ou outro par entrelaçado qualquer), que alimenta os sensores que lhe estão acoplados. Um único cabo BatiBUS é suficiente para controlar todas as operações no mesmo edifício e permite alimentar dispositivos que não consumam mais de 3 mA.

O BatiBUS pode usar qualquer topologia de rede: bus, estrela, token-ring, combinações destas, etc. A sua arquitetura flexível torna o sistema fácil de aumentar. O BatiBUS usa um protocolo aberto, baseado em CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*), descrito nas normas francesas NFC 46620 e seções seguintes, nas normas europeias (CENELEC) e mundiais (ISO/IEC JTC 1 SC25), operando de uma forma distribuída sem um ponto de controlo central.

O campo tipo da mensagem descreve o conteúdo da trama, indicando se ela contém por exemplo, uma medida de temperatura, o estado de entrada binária, o comando de uma saída binária, etc; o segundo campo indica quais os tipos de dispositivos que transmitem / recebem a trama (sensor de temperatura, interruptores, etc); o terceiro campo indica os endereços físicos dos dispositivos que transmitem / recebem a trama; o campo de dados contém os dados da trama (permite a transmissão de um máximo de 25 bytes por trama). Finalmente o campo *check* permite evitar os erros de comunicação.

EHS (*European Home System*) foi desenvolvido pela indústria europeia de microprocessadores, com o devido suporte da Comissão Europeia, criando uma tecnologia econômica que iria permitir a implantação da domótica no mercado de construção. O resultado foi a especificação do EHS no ano de 1992. O modelo OSI (*Open Standard Interconnection*) foi a topologia escolhida. Desde o seu início ficaram envolvidos nesta tecnologia a maior parte dos fabricantes de eletrodomésticos e de áudio e vídeo, empresas distribuidoras de eletricidade, água e gás, as operadoras de telecomunicações, fabricantes de microprocessadores e fabricantes de equipamento elétrico e eletrônico. O conceito base foi de criar um protocolo aberto que permita cobrir as necessidades de conectividade dos produtos de todos os fabricantes, “*utilities*” e fornecedores de serviços.

O objetivo principal do EHS é o de cobrir as necessidades da automação da maioria das habitações europeias cujos proprietários não se podem permitir ao uso de sistemas com maior potência, mas também muito mais caros (como o EIB ou o *Lonworks*) devido á necessidade de mão de obra especializada para a sua instalação. Por aqui já se está a definir o campo de aplicação do EHS – a área residencial.

A EHSA impulsionou o desenvolvimento de um circuito integrado que permitia transmitir dados por um canal série de modo assíncrono através da rede de baixa tensão das casas (correntes portadoras). Esta tecnologia, baseada na modulação FSK (*Frequency Shift Keying*), suporta a velocidade de 2400 bps e também se podem utilizar cabos de pares, do tipo telefônico, como suporte de sinal. Atualmente, têm-se usado ou desenvolvido os seguintes meios físicos:

- PL-2400: Correntes Portadoras a 2400 bps;
- TP0: Cabo de 2 pares a 4800 bps (idêntico ao meio físico do BatiBus);
- TP1: Cabo de 2 pares/Coaxial a 9600 bps;
- TP2: Cabo de 2 pares a 64 Kbps;
- IR-1200: Infravermelho a 1200 bps;
- RF-1100: Radiofrequência a 1100 bps.

Endereço	Dados	CRC
----------	-------	-----

Figura A3 – Pacote EHS (Allen, B. & Dillon, B., 1997).

Konnex é uma iniciativa promovida por três associações Europeias: EIBA (*European Installation Bus Association*), BCI (*Batibus Club International*) e EHSA (*European Home Systems Association*) com o objetivo de criar um único padrão Europeu para a automação predial. Os objetivos desta iniciativa, com o nome de “Convergência”, são:

- Criar um único padrão para a domótica e automação de edifícios que cubra todas as necessidades e requisitos das instalações profissionais e residenciais no âmbito europeu;
- Melhorar as prestações dos diversos meios físicos de comunicação, sobretudo na tecnologia de radiofrequência, fundamental para a efetiva consolidação da domótica;
- Introduzir novos modos de funcionamento que permitam aplicar uma filosofia Plug&Play a muitos dispositivos típicos de uma casa;
- Envolver as empresas fornecedoras de serviços como as de telecomunicações e de eletricidade, com o objetivo de desenvolver a tele-gestão nas casas.

Resumindo, partindo dos sistemas EIB, EHS e *Batibus*, trata-se de criar um único padrão europeu que seja capaz de competir em qualidade, prestações e preços, com outros sistemas norte-americanos como o *Lonworks* ou CEBus. Pode afirmar-se que este novo padrão terá o melhor do EIB, do EHS e do *Batibus* e que aumentará consideravelmente a oferta de produtos para o mercado residencial.

Smart House é um sistema desenvolvido pelo consórcio *Smart House Limited Partnership* para automação residencial, e compreende 5 subsistemas: controle/comunicação, telecomunicações, energia elétrica, rede coaxial e gás. O núcleo do *Smart House* é o subsistema de controle/comunicação, que transmite sinais a 50 kbps e inclui o controlador do sistema e fonte de 12 Vcc. O controlador gerencia a comunicação e fornece energia para até 30 pontos da rede, que por sua vez podem controlar até 30 nós. Este gerenciador é responsável pelo protocolo de comunicação, executa a lógica do sistema e gerencia o banco de dados com informações do sistema.

O problema na utilização do padrão *Smart House* tem sido o seu custo, a necessidade de cabos especiais com poucos fornecedores (apenas três no mercado americano) e o fato de ser voltado para casas em fase de construção (devido ao fato da necessidade de cabeamento especial para a distribuição e controle dos dispositivos). O *Smart House* definiu uma linguagem formal para o controle de dispositivos e para as mensagens de estado (Figura A4).

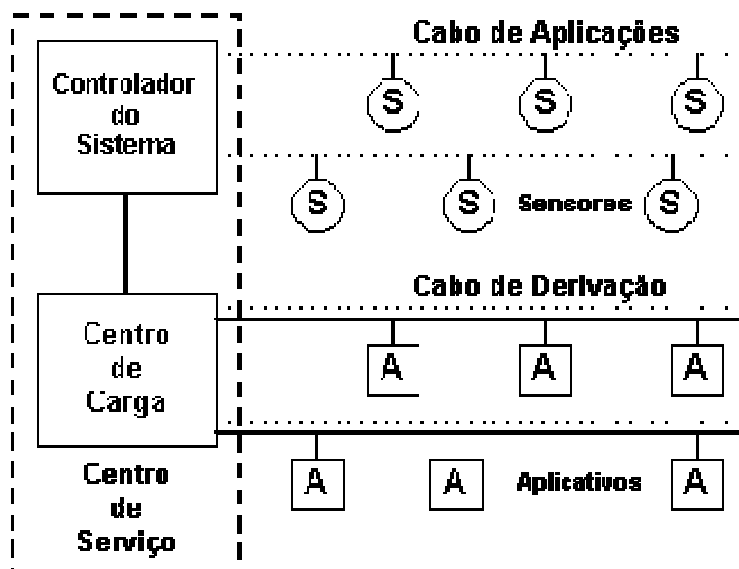


Figura A4 - Topologia da rede *SMART HOUSE* (Strassberg, D., 1995).

Definem-se três tipos de aplicações, subdivididas em três classes: simples, normal e complexa. As aplicações das três classes ligam-se ao sistema através de conectores que possuem três linhas de estado e uma linha de controle. As duas últimas classes requerem um circuito integrado que implementa as camadas física e lógica do protocolo. As aplicações complexas exigem o uso adicional de um microprocessador. O custo elevado das instalações, decorrente da variedade de cabos empregados, que exigem muitas vezes o recurso de técnicos especializados, levou a *Smart House* à criação de um tipo de cabeamento único e de fácil aplicação, constituído por três grupos de cabos:

- Cabo de Derivação (*Branch Cabling*): Cabo de potência convencional + cabo digital de dados para minimizar a interferência mútua e reduzir custos. O cabo digital consiste em quatro pares de cabos entrelaçados;
- Cabo de Aplicações (*Applications Cable*): Cabo digital de dados + cabo de potência DC para os sensores);
- Cabo de Comunicações (*Communications Cable*): Cabo coaxial para vídeo + cabo telefônico).

A maior parte das mensagens é transmitida por sensores, aplicativos, tomados e pelo controlador do sistema, num cabo de seis condutores. O subsistema de telecomunicação usa

quatro pares entrelaçados e permite a acomodação de aplicativos telefônicos, digitais e analógicos, modems, decodificadores de multifrequência e dispositivos de voz. Em conjunto com o subsistema de controle/comunicações, o sistema de telecomunicações permite que se efetue o acesso por telefone às funções de segurança da construção e que se efetue o controle remoto dos dispositivos.

CEBus (*Consumer Electronic Bus*) foi criado pela EIA (Associação de Indústrias Eletrônicas) em 1984 e transformado em padrão internacional em 1995, tem como objetivo a padronização da utilização e industrialização de produtos de comunicação infravermelho usados em controle remotos, para evitar incompatibilidades e interferências, motivados principalmente pelos consumidores decorrente da ineficácia e confusão na utilização de controles para VCR, TVs e aparelhos em geral. O CEBus é um conjunto de especificações de uma arquitetura aberta que define protocolos para as comunicações de aparelhos através de linhas de força, par trançado de baixa voltagem, cabo coaxial, infravermelho, RF e fibra ótica. Além disso, o padrão CEBus não se limita aos controles *ON*, *OFF*, *DIM*, *BRIGHT*, *ALL LIGHTS ON*, e *ALL UNITS OFF*:

Possibilidade de automação predial em imóveis existentes através de reformas; permite dispositivos com as potencialidades que variam de simples ao complexo, incluindo um subconjunto mínimo de comandos; possuir uma boa relação de custo/benefício; utilização de diversas mídias de comunicação, e que aspectos de comunicação não sejam limitados pela mídia em uso; Suporte a distribuição de serviços audio e video em banda-larga em uma variedade de formatos análogos e digitais; comunicação distribuída, inteligente e descentralizada, de modo que não exista administração centralizada e sim auto-suficiência na comunicação entre os dispositivos comunicáveis; *plug&play* - remoção ou adição de novos equipamentos a rede automatizada sem a necessidade de configurações ou administração complicada; forneça uma boa integração entre dispositivos com mídias diferenciadas, porém compartilhadas; permitir a priorização de dispositivos e aplicações críticas nos serviços de comunicação perante outros menos importantes.

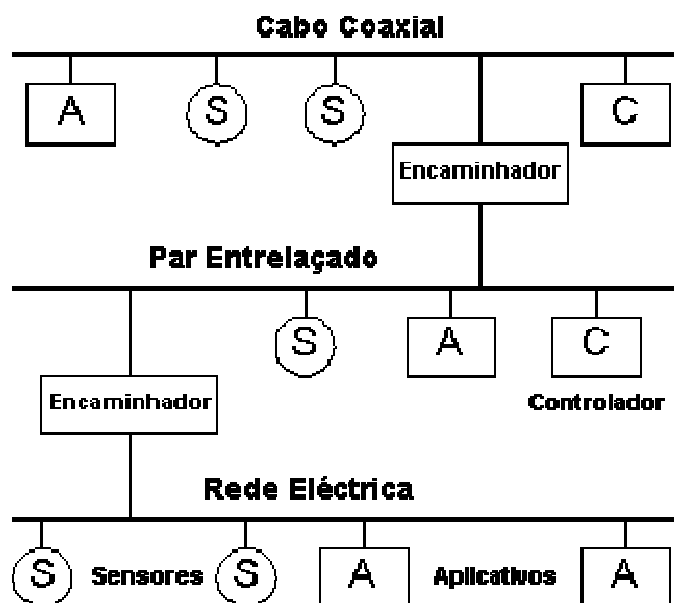


Figura A5 - Exemplo da topologia CEBus (Webb, W., 1999).

O padrão CEBus consiste no que é conhecido como difusão de espectro modulado na linha de força. A difusão de espectro consiste em iniciar uma modulação em uma determinada frequência e ir alterando a frequência durante seu ciclo. No padrão CEBus cada pulso começa em 100 kHz, e vai subindo linearmente até 400 kHz durante 100 micro segundos.

A presença de pulso (chamado de estado "superior") e ausência de pulso (chamado de estado "inferior") cria dígitos similares, de modo que uma pause entre eles não é necessária. É possível utilizar diversos tipos de mídias de comunicação no padrão CEBus, a seguir:

1. Linha de Energia Elétrica AC;
2. Cabo Par-Trançado;
3. Cabo Coaxial;
4. IR Infra-Vermelho;
5. RF Ondas de Frequência de Rádio;
6. FO - Fibra Ótica;
7. Cabos para Áudio e Vídeo.

Com a escolha da mídia de transporte apropriada, alguns sistemas de automação predial poderão ser instalados sem necessidade de adição de cabeamento especial. Utilizando a linha de energia elétrica AC para comunicação com equipamentos eletrodomésticos e a frequência de radio ou infravermelho para a comunicação com controle remoto. Desta forma, podemos utilizar as potencialidades já pré-existentes nos equipamentos atuais sem necessidade de substituição dos mesmos, necessitando apenas um equipamento controlador destas diversas mídias e que aprenda os comandos de infravermelho e radio dos diversos equipamentos envolvidos na AP.

Bluetooth é o nome dado a um protocolo de rádio, baseado em saltos em frequência de curto alcance, que visa substituir os cabos de conexão existentes por uma conexão universal, sem fio, de maneira robusta, barata, e de baixo consumo.

A arquitetura do *Bluetooth* e suas características técnicas estão definidas nas especificações denominadas *Core* (Núcleo) e *Profiles* (Perfis). Enquanto a especificação do núcleo define como o sistema funciona (protocolos, camadas, especificações técnicas, etc.), o documento que define os perfis determina como os diversos elementos que compõe o sistema podem ser empregados para a realização das funções desejadas. Ao contrário de outros padrões, a especificação do *Bluetooth* compreende não apenas as camadas mais baixas da rede, mas também a camada da aplicação. Dentre os tipos de aplicação prevista, podem-se citar transferências de arquivos, rádios digitais, fones de ouvido sem fio, acesso a redes locais, entre outros. A especificação do Bluetooth define três classes de transmissores, a saber:

- Classe 1: potência máxima de transmissão de 100 mW, obtendo um alcance de até 100 metros;
- Classe 2: potência máxima de transmissão de 2.5 mW, para alcances de 10 metros;
- Classe 3: potência máxima de transmissão de 1 mW, para alcances de 10 metros.

A transmissão dos dados é realizada utilizando-se modulação GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*), sendo o bit 1 representado por uma variação positiva da frequência, e o bit 0 por uma variação negativa da mesma. Na parte mais baixa da pilha de protocolos está a camada de rádio, que corresponde à camada física do modelo OSI; esta camada lida com a transmissão de dados via RF e sua modulação. A camada a seguir, Baseband, ou banda base, descreve a

especificação do Controlador de Enlace do *Bluetooth*, sendo responsável pelo protocolo de controle e por várias rotinas de enlace de baixo nível.

O LMP corresponde ao protocolo de gerenciamento de enlace (*Link Manager Protocol*), utilizado na configuração e controle dos mesmos. HCI representa a Interface de Controle do Host (*Host controller Interface*), provendo às camadas superiores a interface padrão de acesso ao Controlador e ao Gerenciador de Enlace. O próximo elemento, L2CAP, de *Logical Link Control and Adaptation Protocol* (Protocolo de Adaptação e Controle do Enlace Lógico), realiza a segmentação e montagem de pacotes, a multiplexação e demultiplexação dos mesmos, e lida ainda com os requisitos de qualidade de serviço. Acima dele, o protocolo RFCOMM emula uma porta serial convencional, permitindo que dispositivos já existentes possam ser facilmente incorporados ao sistema.

Por fim, o SDP (*Service Discovery Protocol*, ou protocolo de descoberta de serviço) permite que sejam descobertos quais os serviços disponíveis nos dispositivos *Bluetooth*, e quais as suas características.

ZigBee é um padrão de rede *wireless* desenvolvido para ter baixo custo e baixo consumo de energia. O baixo custo permite que a tecnologia seja difundida e altamente empregada no controle e monitoramento de aplicações sem fio, e o baixo consumo permite um longo tempo de uso com pequenas baterias. A especificação *ZigBee* 1.0 foi ratificada em dezembro de 2004 e esta disponível para membros do *ZigBee Alliance*, órgão responsável por este padrão. Mais recentemente o *ZigBee* 2007 foi postado em outubro de 2007, e o primeiro perfil de aplicação do *ZigBee*, automação predial, foi anunciado em novembro do mesmo ano.

O padrão ZigBee opera na faixa de rádio ISM (*Industrial, Scientific and Medical*); 868 MHz na Europa, 915 Mhz em países como EUA e Austrália, e 2.4 GHz em diversos outros países. Esta tecnologia visa ser mais simples e mais baratas que outras WPANs (*Wireless Personal Area Network*) como por exemplo o *Bluetooth*.

O protocolo *ZigBee* foi desenvolvido para aplicações que requerem baixa taxa de transferência de dados e baixo consumo de energia, podendo ser empregado no controle

industrial, para coletar dados em aplicações médicas, automação predial ou residencial, entre outros. A rede resultante consumirá uma quantia muito baixa de energia, uma vez que os dispositivos individuais devem ter uma bateria com vida útil superior a dois anos para terem a certificação ZigBee.

LON (*Local Operating Network*) é uma tecnologia produzida pela *Echelon Corporation* e introduzida no início dos anos 90 (Wack, K., 1997b; Allen, B. & Dillon, B., 1997). Trata-se de uma tecnologia que tem como principais objetivos a criação e a implementação de redes de controle inter operacionais, facultando as ferramentas necessárias à construção de nós inteligentes, subsistemas e sistemas, bem como a sua instalação e manutenção (Lockraff, M., 1996).

Trata-se de uma tecnologia e não de um produto final, uma vez que é exclusivamente vendida à indústria e não aos utilizadores finais, sendo uma solução completa para redes de controlo distribuído. A alta confiabilidade demonstrada, assim como a possibilidade da sua ligação à Internet, aliadas à facilidade de obtenção de todo o material hardware e software necessário ao suporte do seu desenvolvimento, instalação e gestão que levou a tecnologia. A plataforma *LonWorks* pode ser instalada tendo como suporte uma grande variedade de meios de comunicação em rede elétrica, par entrelaçado, rádio Frequência, infravermelhos, cabo coaxial, fibra óptica.

Para que tudo isto funcione, os sensores e atuadores possuem um endereço físico. Deve então se proceder a uma programação das configurações para decidir quais sensores comunicam com quais atuadores. Isto permite a criação de uma única função ou uma comunicação em grupo (criação de uma cena).

- ETS (*EIB Tool Software*) - usada no projeto e na configuração do sistema. Nela, o utilizador lida com itens facilmente reconhecíveis e que representam produtos. Todos estes possuem interfaces mediante as quais podem ser ligados, por forma a constituírem aplicações distribuídas numa rede EIB;

- ETE (*EIB Tool Environment*) - plataforma aberta para desenvolvimento de software (disponibiliza API's normalizadas).

BACNet (*Building Automation and Control Networks*) é um sistema proprietário utilizado para automação predial desenvolvido pela empresa norte-americana ASHRAE baseada na mesma tecnologia LONWorks utilizando as camadas de rede física, enlace, rede e aplicação. Este protocolo é desenvolvido pela *Andover Controls, Honeywell, Johnson Control, Landis & Gyr, Staefa e Trane Company*.

UPnP (*Universal Plug and Play*) o protocolo de automação predial UPnP foi criado em 1999 pelo Fórum UPnP e é formado atualmente por mais de 380 fabricantes e profissionais ligados a automação predial, computação, eletrodomésticos, redes, segurança e dispositivos móveis para definição e controle dos padrões UPnP. Este protocolo foi desenvolvido a partir do protocolo PnP *Plug and Play* e foi concebido para suportar configuração totalmente automática tornando a rede invisível. Este protocolo já está embutido no sistema operacional *Microsoft Windows ME e XP*.

O **UPnP** baseia-se em padrões existentes de Internet para possibilitar que PCs e dispositivos inteligentes em rede domésticas (como dispositivos de áudio, vídeo, internet e eletrodomésticos inteligentes) sejam conectados automaticamente entre si, sem maiores complicações. O UPnP pode funcionar praticamente com qualquer tecnologia de interligação por rede com fio ou sem fio. Assim dispositivos UPnP podem ser conectados a rede incluindo Rádio Frequência (RF e Wireless), linha telefônica, rede elétrica, Infra- Vermelho (IrDA), *Ethernet e FireWire* (IEEE 1394).

Desta forma o UPnP serve como conciliador das tecnologias existentes, aplicando-as de forma conveniente. Por exemplo, seria incoerente a instalação de um cabo coaxial, par trançado ou de telefone, para o controle de uma lâmpada. Este protocolo nos impõe facilidade no uso e gerenciamento, de forma que imediatamente após a conexão de qualquer dispositivo UPnP, este equipamento é descoberto pelos gerenciadores ou ele mesmo procura pelos gerenciadores.

A busca de padrões e protocolos de comunicação para utilização em automação predial têm motivado fabricantes, prestadores de serviço e todos os envolvidos nesta área a criarem grupos de trabalho para discussão e criação de tais padrões, levando-se em conta todas as propostas possíveis. A seguir descreve-se sucintamente os principais grupos existentes:

HomePNA (*Home phoneline networking alliance*) Aliança de Desenvolvedores de Rede Predial baseada em Linha Telefônica é uma associação corporativa sem fins lucrativos, fundada em junho de 1998 por 11 companhias (3Com, AMD, AT&T Wireless, Compaq, Conexant, Epigram, HP, IBM, Intel, Lucent Technologies and Tut Systems), hoje é composta por mais de 100 empresas do setor e líderes de mercado trabalhando em conjunto para assegurar a adoção de um padrão unificado para redes de linhas telefônicas e rapidamente trazer ao mercado uma variedade de soluções operacionais envolvendo estas redes. No início do segundo semestre de 2002, foram lançados no Brasil, diversos produtos com este protocolo. Como por exemplo, podemos citar as placas HPNA CN-100 e Switch CN-1412 da empresa CityNetec, que possibilitam a criação de uma rede de dados sob a linha telefônica atual e interna da residência ou empresa, a uma velocidade de 1 mbps por porta, sem a necessidade de modificação da telefonia e funcionando simultaneamente com o telefone (voz e dados ao mesmo tempo).

Este protocolo facilitará a conexão de equipamentos em rede, que não dispõem de condições físicas e financeiras para a implementação de cabeamento estruturado ou aquisição de soluções onerosas de rede sem fio.

HomeAPI (*Home application programming interface*) Interface de Programação para Aplicações Prediais se dedica a abordar, estabelecer padrões de serviços de software e programas para o mercado de automação predial, que possibilitem a utilização nas aplicações para que os usuários possam monitorar e controlar os equipamentos domésticos a partir de seus computadores domésticos ou remotos ou de outros equipamentos inteligentes. As principais empresas participantes são: *Compaq, Honeywell, Intel, Philips, Mitsubishi e Microsoft*.

Como não existem atualmente padrões de *software* API para acessar equipamentos domésticos nem para redes domésticas ou interfaces de *hardware* para PCs, este grupo de

trabalho se uniu para definir e desenvolver APIs e outras infraestruturas de software para encorajar a criação de aplicações competitivas que interajam com equipamentos.

Home RF (*Wireless Communications Technologies*) Comunicação Doméstica por Rádio Frequência a missão é habilitar a existência de uma grande variedade de equipamentos de consumo de operação múltipla pelo estabelecimento de especificações dirigidas a indústria para comunicações digitais por RF (Radio Frequência) não licenciados para PC's e equipamentos domésticos.

HAVI - HomeAVI (*Home áudio vídeo interoperability*) Interoperatividade de Áudio e Vídeo Predial a principal especificação é ser ativamente promovido como o padrão de rede doméstica para a indústria de equipamentos de A/V e de multimídia, foi criado em maio de 1998 por oito companhias: *Grundig, Hitachi, Matsushita, Philips, Sharp, Sony, Thomson e Toshiba*. Este padrão será necessário para que sejam conectados todos os equipamentos digitais de Áudio e Vídeo para criação de uma rede de entretenimento entre os diversos produtos e diversas marcas de equipamentos disponíveis no mercado.

Os componentes físicos de um sistema de supervisão podem ser resumidos, de forma simplificada, em sensores e atuadores, rede de comunicação, estações remotas e de monitoramento central. A Figura A6 apresenta uma tela tipo de um sistema de supervisão construída a partir de uma linguagem gráfica com função de facilitar a comunicação entre homem e a máquina. Esta tela é disponível em diferentes equipamentos eletrônicos (celular, palm, computador, e outros equipamentos).

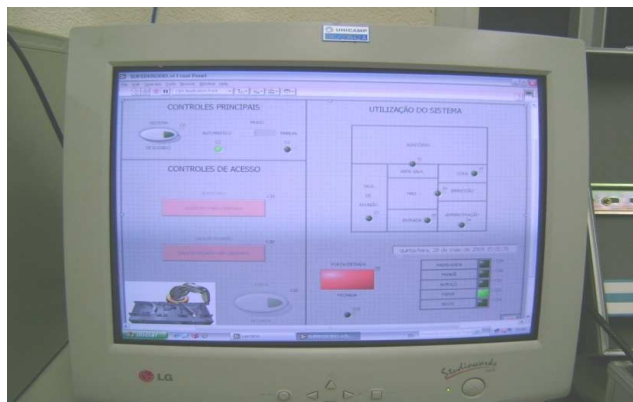


Figura A6 - Tela de interface de um Supervisório.

).

Com o surgimento do PC, sumiram as mesas de controle e o PC passou a reinar como a plataforma preferida de supervisão e operação. Os *softwares* SCADA apareceram em diversos tamanhos, com diversos repertórios de funcionalidades. São chamados de sistemas supervisórios e tem por objetivo ilustrar o comportamento de um processo através de figuras e gráficos, tornando-se assim, uma interface objetiva entre um operador e o processo.

O *software* supervisório deve ser visto como o conjunto de programas gerados e configurados no software básico de supervisão, implementando as estratégias de controle e supervisão com telas gráficas de interface homem-máquina (IHM) que facilitam a visualização do contexto atual, a aquisição e tratamento de dados do processo e a gerência de relatórios e alarmes. A padronização dos canais de comunicação entre os CLPs e outros equipamentos inteligentes de automação tem adquirido grande importância, em vista da tendência de integração total dos níveis hierárquicos de automação, verificada após a introdução da filosofia CIM (*Computer Integrated Manufacturing*). Para propiciar esta interatividade surgiram vários protocolos de comunicação, tais como: *BITBUS*, *PROFIBUS*, *ETHERNET*, etc.

Existem várias maneiras de se trocar informações com qualquer equipamento de aquisição de dados, tais como PLC's (Controladores Lógicos Programáveis), DAC's (Cartões de Aquisição de Dados), RTU's (Unidades Remotas), servidores OPC, controladores e outros tipos de equipamentos.

A forma mais comum e eficiente de se obter comunicação com equipamentos são as DLL's (*Dynamic Link Libraries*). As DLLs são os chamados *drivers* de comunicação, que são módulos com processamento independente (*threads*), responsáveis pela comunicação com um equipamento em específico. O objetivo destes softwares é ilustrar o comportamento de um processo através de figuras e gráficos, facilitando desta forma a integração entre o operador e o processo.

O software supervisorio deve ser visto como o conjunto de programas gerados e configurados no software básico de supervisão, implementando as estratégias de controle e supervisão com telas gráficas de interface homem-máquina (IHM) que facilitam a visualização do contexto atual, a aquisição e tratamento de dados do processo e a gerência de relatórios e alarmes. A visualização de dados consiste na apresentação de telas geralmente acompanhadas por gráficos e animações, de modo a simular a evolução do estado dos dispositivos controlados na instalação dos edifícios. Os sistemas SCADA permitem visualizar além dos dados recolhidos em tempo real, históricos de dados ao longo do tempo (TEZA, 2002)

Os alarmes são classificados por níveis de prioridade em função de sua gravidade, sendo os de maior prioridade aqueles relacionados com questões de segurança. O sistema SCADA também guarda em arquivos de todos os alarmes gerados, para permitir uma análise detalhada posteriormente de suas causas. São responsáveis pelo monitoramento e rastreamento de informações de um processo produtivo ou instalação física. Tais informações são coletadas através de equipamentos de aquisição de dados e em seguida manipulados, analisados armazenados e posteriormente apresentados ao usuário.

Os componentes físicos de um sistema de supervisão podem ser resumidos, de forma simplificada, em sensores e atuadores, rede de comunicação, estações remotas e de monitoramento central. A interface é uma linguagem gráfica disponível em equipamento eletrônico (celular, palm, computador, telas entre outros) com função de facilitar a comunicação entre homem e a máquina.

Anexo II

Infraestrutura e Redes de Comunicação

Demonstrações realizadas dos produtos conseguiram transmitir até 10 Mbits/segundo, podendo chegar a 25 Mbits/segundo em situações ideais. As principais variáveis que podem afetar o desempenho destas conexões elétricas são a distância entre os PC's, a qualidade da fiação elétrica e a existência de picos súbitos na linha. Esta parece uma excelente idéia para os casos de utilização em prédios e residências já existentes, onde existe a dificuldade e custos em estruturar uma nova rede, utilizando-se a estrutura elétrica já disponível.

Uma consideração interessante apóia a tese da rede elétrica: a quantidade de pontos elétricos numa construção. Na verdade, nem todos os apartamentos costumam ter um ponto de telefone, mas seguramente todos os ambientes têm pelo menos um ponto de eletricidade. Outra vantagem seria a necessidade de apenas um cabo para ligar os PC's em rede, já que a energia elétrica e os dados estariam juntos neste mesmo fio de cobre paralelo que percorre as paredes da casa. Se os fabricantes tiverem êxito no seu empenho de reduzir as flutuações e ruídos da rede elétrica, esta poderá ser uma opção econômica e tecnicamente viável a curto prazo. E, sem dúvida, estas considerações são mais úteis nas casas mais antigas, onde não há condição de se efetuar reformas profundas, uma vez que os novos projetos podem prever as facilidades do cabeamento estruturado.

A rede elétrica tem seu uso superado pelas linhas telefônicas, principalmente devido às interferências elétricas, que podem causar distorção nos dados. Uma outra barreira importante é a falta de um protocolo padronizado, de consenso e comum para estes sistemas de rede elétrica. A pioneira no segmento de comunicações foram as linhas telefônicas, por isso, esta idéia ainda é sustentada por algumas das grandes corporações, incluindo-se a Intel que é parte integrante do protocolo indicado pela *HomePNA (Home Phone Networking Alliance)*.

Os sistemas de transmissão sem fio ficaram em segundo plano aparentemente devido aos seus altos custos e alcance limitado, porém, voltam a ganhar notoriedade com a queda dos preços e a necessidade por acessos de banda larga via Internet. Decorrente da necessidade de padronização na distribuição dos dados e largura de banda nas comunicações devemos levar em consideração a instalação de **cabeamento estruturado** que permite a utilização de uma mídia unificada, mais bem arrumada e elaborada para o transporte de sinais de TV, telefonia, Internet e compartilhamento de dados e recursos em geral. Pois, é muito mais fácil ligar os equipamentos de uma casa dotada de cabeamento estruturado decorrente da padronização de cabos e engates num único tipo de painel terminal.

Estes sistemas de cabeamento compreendem cabos de alta velocidade e painéis de distribuição. O conjunto de cabos consiste normalmente em dois pares de coaxiais RG6 e dois pares de cabos par-trançado categoria 5, unidos num único cabo para maior facilidade de instalação. Alguns fabricantes já incluem também um cabo de fibra ótica.

Embora ainda não existam equipamentos prediais que necessitem de suporte em fibra ótica, muitos técnicos recomendam este cabeamento visando seu uso num futuro bem próximo, para eletrodomésticos que exijam conexões ultra-rápidas. Adotar alguns conduites vazios durante a construção também é uma medida prática interessante para absorver a necessidade futura de cabeamento.

Os cabos RG-6 e Categoria 5 são ideais para as condições atuais pois, cabos telefônicos categoria 5 transportam dados 10 vezes mais rápido que os cabos de cobre comuns. Os cabos RG-6 oferecem uma boa largura de banda para transportar sinais de TV de alta definição. Porém velocidade e capacidade são apenas parte da equação. A distribuição de som, vídeo e dados para múltiplos computadores, TV's, caixas acústicas e telefones são importantes elementos dos sistemas de cabeamento estruturado. Esta é a tarefa dos painéis de distribuição.

O quadro de distribuição de cabeamento recebe os sinais externos (das concessionárias de telefone, TV a cabo, antenas, etc.) e direciona estes sinais de maneira inteligente aos vários

ambientes da casa. Assim, por exemplo, um sinal de TV a cabo entrando pelo quadro pode ser transmitido para cada ponto de toda a casa. Sinais gerados dentro da casa também podem ser direcionados ao quadro de distribuição. Por exemplo, sinais de áudio e vídeo gerados no DVD podem ser levados a todos os TV's da casa, dados gerados num computador podem ser compartilhados pelos demais e música de FM pode ser ouvida nas caixas acústicas de todos os ambientes. Os quadros de distribuição são compostos por módulos, que podem ser expandidos ou acrescentados a medida que seja necessário. Um módulo de telefonia permite que todas as chamadas encaminhadas sejam atendidas em qualquer aparelho na casa. Um módulo de vídeo encaminha sinais de TV a cabo e satélite para todos os pontos e ainda pode distribuir imagens do circuito interno, vídeo cassete ou do DVD para todos os TV's da casa. Alguns fabricantes dispõem também de módulos de rede, assim múltiplos computadores podem compartilhar arquivos e acessar vários tipos de periféricos, como CD-ROM, modems, e impressoras remotamente.

A adição de um módulo de automação pode transformar o quadro de distribuição numa completa central de automação predial. Através deste quadro poderá ser comandado ações como acender e apagar luzes, armar o sistema de alarme até fazer a programação de temperaturas para o sistema de aquecimento e ar condicionado.

É importante salientar que através da implantação do cabeamento estruturado, pode-se beneficiar dos recursos de comunicação de dados DSL oferecidos por algumas concessionárias deste serviço, que consiste na transmissão por cabo par trançado e com modems digitais muito rápidos em cada ponta que possibilita velocidades de *download* de até 9 mbps (50 vezes mais rápida que as tradicionais linhas de 56600 bps).

Existem também as linhas de tecnologia IDSL que utilizam as atuais linhas ISDN para contemplar os atuais usuários de DSL, enquanto a *high-speed* DSL (HDSL) oferece serviços digitais para as linhas telefônicas padrão de cobre. O VDSL representa a próxima geração de DSL, projetada para levar sinais de áudio, vídeo e dados através das atuais linhas telefônicas a velocidades aproximadas de 53 Mbps. Para a maioria, o formato VDSL será o veículo que levará a era da multimídia para nossos lares e escritórios.

O acesso a esta tecnologia pode ser feito pela atual infra-estrutura telefônica, os modems DSL usam codificação digital e pode aumentar em até 99% a capacidade das 750 milhões de linhas comuns de cobre atualmente em uso no mundo todo. Devido à sua grande largura de banda a DSL permite transmissão simultânea de voz e dados numa única linha. Num exemplo simples, isto significa que o usuário pode estar conectado à Internet (transmissão de dados) e falar ao telefone (transmissão de voz) ao mesmo tempo. Sua alta qualidade de transmissão minimiza ou até elimina qualquer problema de interferências. A DSL tem ainda o potencial de juntar voz, dados e sinais de vídeo numa linha única, reduzindo a futura demanda por novas infra-estruturas de cabeamento.

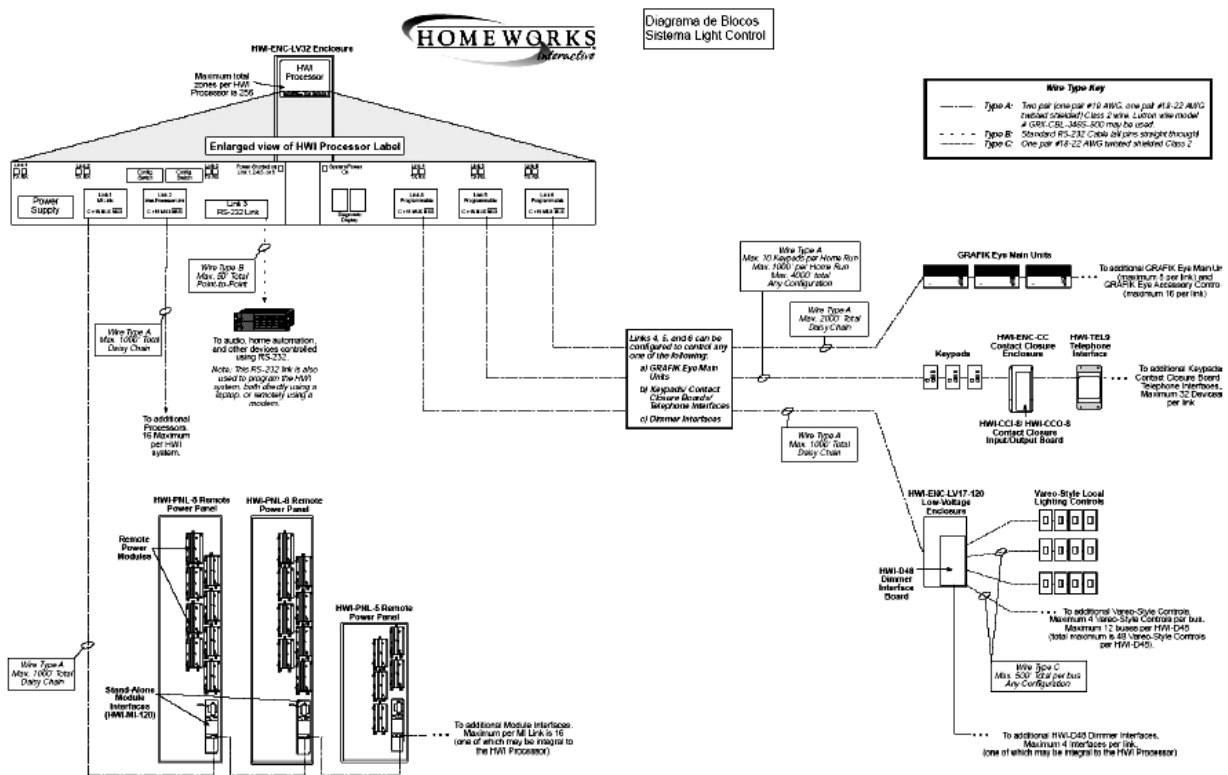
Através desta infra-estrutura e dos modernos protocolos de comunicação, os fabricantes de produtos domésticos já estão produzindo equipamentos com as mais modernas tecnologias da área de automação e comunicação, e a Internet pode se tornar uma excelente ponte de ligação entre o usuário remoto e o seu lar. Desta maneira, hoje podemos acionar e controlar equipamentos a distancia utilizando a Internet, isto já é uma realidade e reflete uma tendência definitiva. Estamos com certeza visualizando apenas a "ponta do iceberg" e as possibilidades de novas aplicações se apresentam diariamente.

"Conectividade aumenta o poder nas redes" comenta Bob Metcalfe, inventor da *Ethernet*, fundador da 3Com, e colunista da *InfoWorld*. É conhecida como a lei de Metcalfe e diz que a rede cresce em valor com o quadrado do numero de nós conectados. Pense na explosão de valor quando dezenas de bilhões de equipamentos estiverem conectadas a Internet.

Anexo III

Diagrama de blocos – Sistema Light Control (LUTRON, 2006)

O diagrama de blocos ilustra a configuração entre os produtos e sistemas instalados sendo um dos produtos finais do processo de projeto de um sistema automatizado. FONTE: LUTRON. HOMEWORKS. Coopersburg (EUA), 2006. CD – ROM.



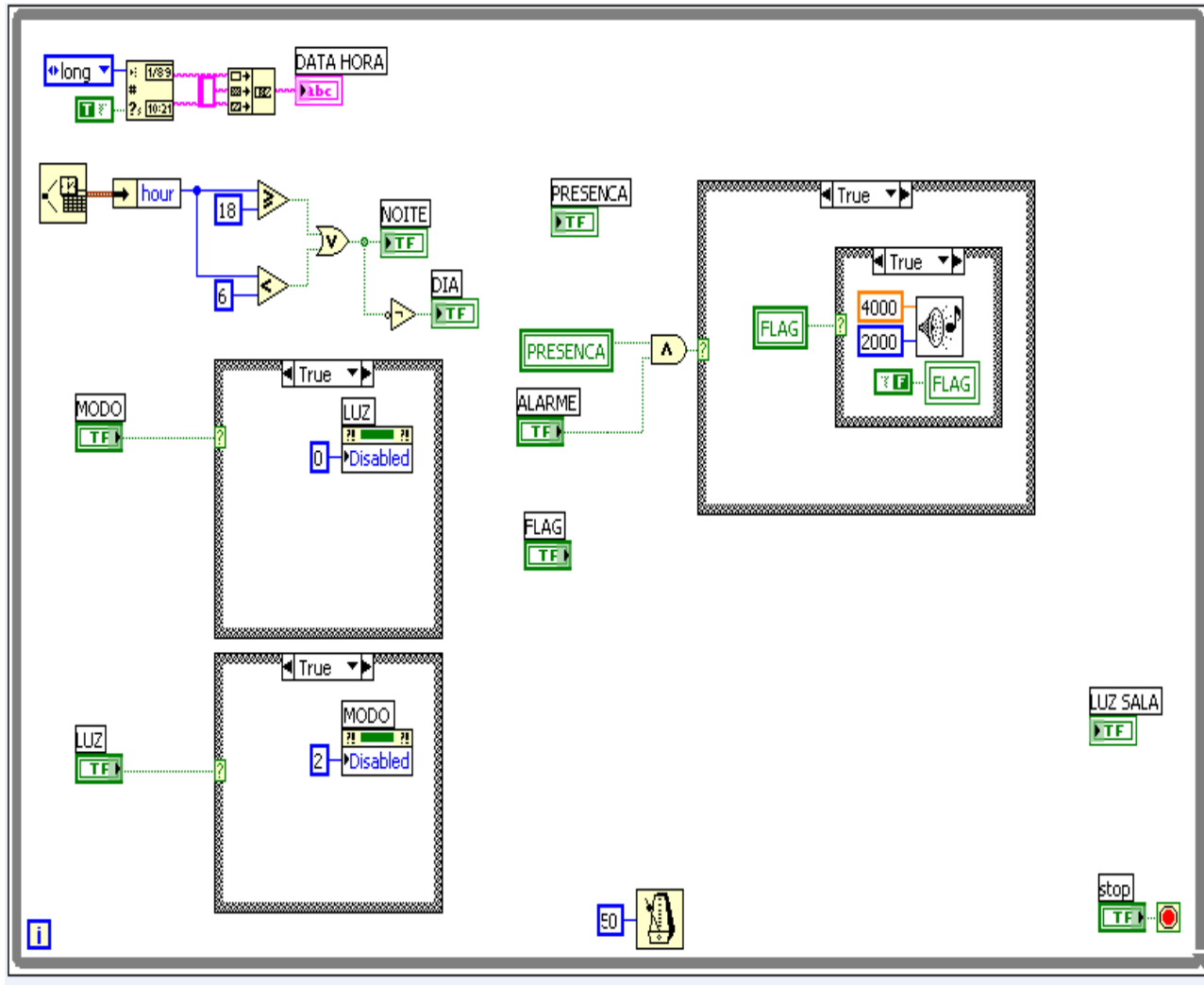
Anexo IV

Sensor de Presença Utilizado nas Aplicações

Sensor Infravermelho Passivo – Sensit PPA Características Gerais: Elemento piroelétrico com encapsulamento blindado; Lente de Fresnel com 24 zonas de detecção; Volume de detecção: alcance de 13 metros e ângulo de detecção de 120 graus; Led de teste com liga/desliga; Sensibilidade: ajustável em dois níveis; Tempo de acionamento: 2 segundos; Tempo de estabilização: 60 segundos; Interruptor tamper (exceção à versão custom); Montagem em SMD; Imunidade a pequenos animais de até 12 Kg. Características Elétricas: Tensão de alimentação: faixa de 10 até 18 Vdc; Alimentação com bateria de 9Vdc; Consumo: 50 uA em stand by e 120 uA em detecção.	
---	--

Apêndice A

Programa Implementado em Labview™ para o desenvolvimento do aplicativo estudo de caso I – “Sistema de Inspeção Virtual”



Apêndice B

Programa Implementado na CLP Koyo

