MARCO ANTONIO BAPTISTA DE SOUSA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A APLICAÇÃO DE SISTEMAS
DEDICADOS E A UTILIZAÇÃO DE CONTROLADORES LÓGICO-
PROGRAMÁVEIS NA AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS PREDIAIS**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do Título de
Mestre em Engenharia.

São Paulo

2004

MARCO ANTONIO BAPTISTA DE SOUSA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A APLICAÇÃO DE SISTEMAS
DEDICADOS E A UTILIZAÇÃO DE CONTROLADORES LÓGICO-
PROGRAMÁVEIS NA AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS PREDIAIS**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do Título
de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia de Construção Civil

Orientador:
Prof. Dr. Eduardo Ioshimoto

São Paulo

2004

FICHA CATALOGRÁFICA

A Deus, que na Sua infinita bondade me deu forças e luz para a elaboração deste trabalho.

À minha querida esposa Elizabete e meus filhos Fellipe e Luccas que, com tanta compreensão dos momentos de ausência, me apoiaram e incentivaram.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Professor Doutor Eduardo Ioshimoto que, com paciência e generosidade, contribuiu enormemente para a elaboração deste trabalho.

Ao Professor Doutor Racine, pela atenção que me dispensou, contribuindo com valiosas observações na elaboração deste trabalho.

Aos grandes amigos Flávio A. Scherer e Marise M. Freitas, que foram primordiais na elaboração deste.

RESUMO

O trabalho enfoca a automação predial, procurando analisar, comparativamente, a utilização de tecnologias convencionais e equipamentos empregados na automação de processos industriais. Através de um estudo de caso, efetuou-se uma descrição dos principais sistemas prediais possíveis de serem automatizados em um edifício, efetuando-se uma avaliação comparativa entre os sistemas convencionais e os baseados na automação de processos, permitindo o uso mais eficiente dos insumos prediais, além de aumentar o conforto e a segurança de seus ocupantes. Verificou-se um grande potencial de aplicação dos sistemas de automação de processos industriais, para implementação alternativa nos sistemas de automação predial.

Palavras-chave: automação; automação predial; sistemas prediais.

ABSTRACT

This research focuses building automation, analyzing comparatively the use of conventional technologies and other equipments commonly applied in industrial processes. Through a case study, a description of mainly building systems that are feasible to be automated in high technology buildings has been made, including a comparative evaluation of mainly building systems based on conventional systems and automation process, allowing the most efficient use of building resources, beyond to increase the users' comfort and security. It was verified a great potential for applications of industrial processes automation systems, as an alternative implementation in building automation systems.

Keywords: automation; building automation; building systems.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Justificativa	3
1.2	Objetivo	4
1.3	Metodologia	4
2	SISTEMAS DE CONTROLE E SUPERVISÃO DEDICADOS EXCLUSIVAMENTE À AUTOMAÇÃO PREDIAL.....	7
2.1	Equipamentos dedicados à área de conforto.....	7
3	SISTEMAS DE CONTROLE DEDICADO A AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.....	11
3.1	Controlador Lógico Programável (CLP)	11
3.2	Interface Homem Máquina (IHM)	14
3.3	Programa supervisorio	17
3.3.1	Princípio de programação	17
4	SISTEMAS DE REDES MAIS UTILIZADOS NA COMUNICAÇÃO ENTRE SISTEMAS DESCENTRALIZADOS	20
4.1	Histórico das redes e suas características	20
4.1.1	<i>Local Area Network (LAN)</i>	22
4.1.2	<i>Metropolitan Area Network (MAN)</i>	23
4.1.3	<i>Wide Area Network (WAN)</i>	23
4.1.4	Topologia de redes	24
4.2	Meio físico de transmissão de dados (<i>Physical profile</i>)	28
4.3	Padrões elétricos de comunicação	30
4.3.1	Padrão de transmissão RS-485.....	30
4.4	Protocolos de comunicação	32
4.4.1	Protocolo <i>Modbus</i>	32
4.4.2	Sistema de conversão de protocolos (<i>GATEWAY</i>)	39
5	ANÁLISE DOS ELEMENTOS QUE PODEM SER AUTOMATIZADOS EM UM SISTEMA PREDIAL	40
5.1	Sistema de ar condicionado.....	40

5.1.1	Sistemas de distribuição	42
5.1.2	Descrição de um sistema de ar condicionado.....	47
5.1.3	Análise e aplicação	54
5.1.4	Viabilidade estrutural	56
5.1.5	Viabilidade de implantação	58
5.1.6	Viabilidade técnica	60
5.1.7	Viabilidade de manutenção.....	60
5.1.8	Viabilidade de operação	61
5.1.9	Confiabilidade	62
5.1.10	Viabilidade de expansões futuras	62
5.2	Sistemas de controle e supervisão de energia elétrica.....	62
5.2.1	Viabilidade técnica	66
5.2.2	Viabilidade de implantação	67
5.2.3	Viabilidade de manutenção.....	68
5.2.4	Viabilidade de operação	68
5.2.5	Confiabilidade	69
5.2.6	Viabilidade de expansões futuras	69
5.3	Sistemas de detecção e combate a Incêndio	69
5.3.1	Detectores de temperatura	70
5.3.2	Detectores de fumaça.....	71
5.3.3	Elementos de apoio do sistema.....	75
5.3.4	Viabilidade estrutural	76
5.3.5	Viabilidade de implantação	80
5.3.6	Viabilidade técnica	84
5.3.7	Viabilidade de manutenção.....	85
5.3.8	Viabilidade de operação	85
5.3.9	Confiabilidade	85
5.3.10	Viabilidade de expansões futuras	86
5.4	Sistemas de controle de acesso	86
5.4.1	Controle de acesso por biometria	92
5.4.2	Sistema de Identificação de digitais.....	92
5.4.3	Reconhecimento da face	94
5.4.4	Geometria.....	94
5.4.5	Reconhecimento da retina	95
5.4.6	Viabilidade técnica	95
5.4.7	Viabilidade de implantação	97

5.4.8	Viabilidade de manutenção.....	97
5.4.9	Viabilidade de operação	97
5.4.10	Confiabilidade	98
5.4.11	Viabilidade de expansões futuras	98
5.5	Sistema de circuito fechado de televisão – CFTV	98
5.5.1	Viabilidade de implantação	102
5.5.2	Viabilidade técnica	103
5.5.3	Viabilidade de manutenção.....	103
5.5.4	Viabilidade de operação	104
5.5.5	Confiabilidade	104
5.5.6	Viabilidade de expansões futuras	104
5.6	Sistema de transporte vertical – elevadores.....	106
5.6.1	Painel de comando	106
5.6.2	Placa de controle.....	107
5.6.3	Sistema de motorização.....	109
5.6.4	Cabine de passageiros.....	110
5.6.5	Integração a outros subsistemas	112
5.7	Sistemas de telecomunicações.....	117
5.8	Sistemas de sonorização	117
5.9	Administração do sistema	117
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
6.1	Estrutura de <i>software</i>	119
6.2	Estrutura de <i>hardware</i>	120
6.3	Viabilidade de aplicação	120
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122

LISTA DE FIGURAS

Fig. 2-1: Módulo Carrier.....	7
Fig. 2-2: Rede padrão Carrier.	9
Fig. 3-1: Princípio de funcionamento de um CLP.....	11
Fig. 3-2: Ligação física entre o CLP e o processo.....	12
Fig. 3-3: IHM alfa-numérica.	16
Fig. 3-4: IHM alfa-numérica.	17
Fig. 3-5: Tela do supervisor.....	18
Fig. 4-1: Expansão.	20
Fig. 4-2: Alternativa de controle descentralizado (redes).	21
Fig. 4-3: Tipo de arquitetura de redes.	25
Fig. 4-4: Topologia tipo barramento.	31
Fig. 4-5: Ciclo de pergunta e resposta no <i>Modbus</i>	34
Fig. 4-6: Exemplo de <i>Gateway</i>	39
Fig. 5-1: Seqüência de transferência de energia térmica.....	40
Fig. 5-2: Seqüência do processo de resfriamento.....	41
Fig. 5-3: Princípio de funcionamento do <i>fan-coil</i>	44
Fig. 5-4: Comparação entre os sistemas <i>Air-Air</i> e <i>Air-Water</i>	44
Fig. 5-5: Sistema água-ar.	48
Fig. 5-6: Esquema de circulação da água gelada por todos os <i>fan coils</i>	49
Fig. 5-7: Diagrama hidráulico de um sistema de refrigeração.	49
Fig. 5-8: Diagrama hidráulico do sistema de condensação.....	50
Fig. 5-9: Diagrama do fluxo de água para operação normal.....	50
Fig. 5-10: Diagrama das unidades resfriadoras dos tanques.	51
Fig. 5-11: Diagrama das unidades resfriadoras de carregamento dos tanques.	52
Fig. 5-12: Representação esquemática da caixa de volume de ar variável (VAV)..	53
Fig. 5-13: princípio de um sistema de refrigeração básico.	53
Fig. 5-14: Vista do Edifício Accenture, em São Paulo - SP.....	54
Fig. 5-15: Estudo de caso do Edifício Accenture – Torre-A. Caracterização do sistema de ar condicionado.	55
Fig. 5-16: Automação do sistema de ar condicionado utilizando-se equipamentos dedicados.	56
Fig. 5-17: Automação do sistema de ar condicionado usando equipamentos do tipo controladores programáveis.	57

Fig. 5-18: Relação entre potências Ativa, Reativa e Aparente	65
Fig. 5-19: Exemplo de controladores dedicados de demanda.	66
Fig. 5-20: Módulo de energia e aplicação equivalente com CLP	67
Fig. 5-21: Área de atuação de detectores de temperatura.	70
Fig. 5-22: Exemplo de detector de fumaça termo-velocimétrico.	71
Fig. 5-23: Detector de fumaça.	72
Fig. 5-24: Regras de instalação de detectores de temperatura e fumaça.	73
Fig. 5-25: Sensor óptico (a) e sensor iônico e óptico (b).	73
Fig. 5-26: Exemplos de acionadores manuais.	74
Fig. 5-27: Exemplos de centrais de controle.	75
Fig. 5-28: Elementos de apoio do sistema: sirene com luz de alta intensidade (a), sirene, indicador, e sirene com indicador (b)	76
Fig. 5-29: Exemplos de placas indicativas.	76
Fig. 5-30: Especificações do edifício.	77
Fig. 5-31: Exemplo utilizando CLP.	78
Fig. 5-32: Exemplo utilizando sistema convencional de controle.	79
Fig. 5-33: Exemplo de configurações de laços de controle.	80
Fig. 5-34: Exemplo de ligação física de detectores em placas analógicas de CLP.	82
Fig. 5-35: Exemplo de rede inteligente em sistema de detecção e alarme.	83
Fig. 5-36: Exemplo de sistema de acesso com cartão magnético.	88
Fig. 5-37: Sistema de detecção de TAG's.	88
Fig. 5-38: Sistema de detecção de etiquetas.	89
Fig. 5-39: Sistema de detecção de TAG's.	89
Fig. 5-40: Aspecto de um TAG ativo (a) e sistema de antenas de localização (b)...	90
Fig. 5-41: Aspecto físico de um receptor.	91
Fig. 5-42: Tela de um programa de controle de localização.	91
Fig. 5-43: Leitura da impressão digital e identificação de pontos básicos (a), com armazenagem dos pontos básicos (b).	93
Fig. 5-44: Leitora de impressão digital.	93
Fig. 5-45: Software de captura de imagem.	94
Fig. 5-46: Equipamento de leitura da geometria da mão.	94
Fig. 5-47: Leitor de retina.	95
Fig. 5-48: Sistemas autônomo de controle de acesso.	96
Fig. 5-49: Sistema integrado de controle de acesso.	96
Fig. 5-50: Exemplo de sistema analógico de CFTV.	99

Fig. 5-51: Exemplo de captura de imagem de um conjunto de <i>pixel</i>	99
Fig. 5-52: Exemplo de busca de imagem.	100
Fig. 5-53: Exemplo de um sistema de CFTV.	103
Fig. 5-54: Sistema de expansão de monitoramento de câmeras.	105
Fig. 5-55: Painel de comando de um elevador.	106
Fig. 5-56: Detalhe de uma placa LCB.	107
Fig. 5-57: Unidades remotas (RS).	108
Fig. 5-58: Vista frontal de uma URM (a). Configuração de um elevador utilizando-se uma URM (b).	108
Fig. 5-59: Motor de elevador instalado em casa de máquinas (a). Motor instalado no poço do elevador dispensando a casa de máquinas (b). ..	109
Fig. 5-60: Inversor de frequência sem a tampa (a) e com a tampa de proteção(b).	110
Fig. 5-61: Aspecto do painel interno da cabina (a). Vista do painel interno desmontado (b).	111
Fig. 5-62: Teto da cabina (a). Comando manual da cabina (b).	111
Fig. 5-63: Vista do teto da cabina (a). Vista dos sensores óticos de andar (b).	111
Fig. 5-64: ICSS intermediando a comunicação entre elevadores.	114
Fig. 5-65: Representação da configuração típica do EMS.	115
Fig. 5-66: Tela principal do controle EMS.	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 4-1: Camadas do modelo OSI.....	22
Tabela 4-2: Comparação entre topologias.	28
Tabela 4-3: Meio físico mais indicado para cada tipo de topologia.	30
Tabela 4-4: Principais características a serem observadas em um sistema de transmissão.	31
Tabela 4-5: Distâncias baseadas em velocidade de transmissão para cabo.....	32
Tabela 4-6: Estrutura de uma mensagem transmitida em ASCII.....	36
Tabela 4-7: Estrutura de mensagem RTU.....	37
Tabela 5-1: Sistemas de distribuição mais utilizados e consumo de energia.	42
Tabela 5-2: Sinais a serem controlados na automação do sistema de ar condicionado.	55
Tabela 5-3: Viabilidade de implantação do sistema de automação.	59
Tabela 5-4: Tipos de tarifas para os consumidores do Grupo A.	63
Tabela 5-5: Tarifas horo-sazonais: tarifa Azul e tarifa Verde.	64
Tabela 5-6: Variação do número de detectores por m ² em função da velocidade de troca de ar no ambiente.	72
Tabela 5-7: Simulação de atuação de detectores e os correspondentes valores lidos através do CLP.....	82
Tabela 5-8: Sinais que podem ser trocados entre um elevador e um CLP ou outro controlador qualquer.	112

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BACNet	- <i>Building Automation and Control Network</i>
BTU	- <i>British Thermal Unit</i>
CAB	- <i>Canadian Automated building</i>
CAG	- <i>Central de Água Gelada</i>
CAN	- <i>Control Area Network</i>
CFTV	- <i>Circuito Fechado de Televisão</i>
COP	- <i>Coeficiente de Performance</i>
CLP	- <i>Controlador Lógico Programável</i>
EER	- <i>Energy Efficiency Ratio</i>
EIB	- <i>European Installation Bus</i>
EMS	- <i>Elevator Management System</i>
FAR	- <i>False Acceptance Rate</i>
FDDI	- <i>Fiber Distributed Data Interface</i>
FDL	- <i>Fieldbus Data Link</i>
FP	- <i>Fator de Potência</i>
FRR	- <i>False Rejection Rate</i>
IHM	- <i>Interface Homem-Máquina</i>
LAN	- <i>Local Area Network</i>
LONWorks	- <i>Local Operation Network</i>
MAN	- <i>Metropolitan Area Network</i>
MTBF	- <i>Medium Time Between Faults</i>
NA	- <i>Normalmente Aberto</i>
NF	- <i>Normalmente Fechado</i>
OSI	- <i>Open Systems Interconnection</i>
P_{ap}	- <i>Potência Aparente</i>
P_{at}	- <i>Potência ativa</i>
P_r	- <i>Potência Reativa</i>
SDS	- <i>Smart Distributed System</i>
UR	- <i>Unidade Resfriadora</i>
URM	- <i>Unidade Remota de Monitoração</i>
VAV	- <i>Volume de Ar Variável</i>
WAN	- <i>Wide Area Network</i>
RS	- <i>Remote Station</i>

1 INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, os edifícios comerciais definidos como “inteligentes” são constituídos de uma lista de características, nas áreas de telecomunicações, dispositivos eletro-eletrônicos de sensoriamento e atuação, segurança, automação e seu sistema de controle. Atualmente, os Estados Unidos vem sendo o líder no desenvolvimento de novos produtos destinados à área. Os edifícios destinados à habitação não têm representado fatia significativa deste mercado; porém, começa uma lenta mudança desta visão. De fato, após dez anos de utilização, a definição original de “edifícios inteligentes” vem sofrendo algumas mudanças quanto à sua descrição por proprietários e usuários de edifícios.

Harkopf et al. (1997) definem os edifícios comerciais inteligentes como sendo aqueles que, através de novos equipamentos facilmente modernizáveis, através de sua troca ou complementação, poderão prover ao usuário o conforto e satisfação necessários à sua melhor performance e produtividade no desenvolvimento de seu trabalho, qualidade ambiental, capacidade de adaptação do sistema às modificações físicas e de comunicação. São três as condições críticas a serem consideradas para atingir as metas descritas acima:

1. O edifício deverá permitir uma grande possibilidade de implementação de novos equipamentos para o gerenciamento de:
 - Sinais de propagação externos tais como temperatura do ar, umidade relativa, qualidade do ar, luminosidade natural, qualidade de fornecimento de energia elétrica, redes de telecomunicações públicas;
 - Sinais de alimentação externa tais como água, energia elétrica, ar;
 - Sistema de telefonia: canais de comunicação de voz e dados por meio físico ou propagação pelo ar;
 - Sinais de propagação interna tais como temperatura ambiente, umidade relativa, qualidade do ar, luminosidade interna, qualidade de fornecimento e distribuição de rede elétrica;
 - Computadores – capacidade, velocidade e rede de comunicação;
 - Periféricos de entrada, processadores de informação e periféricos de saída, englobando alternativas de modernização, independente de equipamentos utilizados na automação e controle da edificação;

- Gerenciamento de sistema de controle ambiental como condicionamento de ar, iluminação, entre outros;
 - Sistemas de gerenciamento de pessoal (usuários), sendo o controle de acesso de usuários regulares e visitantes;
 - Sistemas de gerenciamento do edifício como um todo, incluindo automação no sistema de manutenção;
 - Centros de comando para telecomunicações, área de facilidades e de gerenciamento de pessoal de operação.
2. A concepção de um edifício "inteligente" deve assegurar que haverá espaço físico suficiente e meio para a escolha de qualquer tipo de equipamento desejado antecipadamente à sua utilização; deste modo, o termo flexibilidade ou adaptabilidade necessitam:
- Estrutura construtiva do edifício permitindo passagem de nova fiação ou tubulações;
 - Área de confinamento para equipamentos;
 - Geometria do edifício, permitindo flexibilidade horizontal ou vertical;
 - Área especial de confinamento para áreas como ar condicionado e cabine de força;
 - Elementos interiores como divisórias, mezaninos, móveis em geral.
3. Em edifícios de escritórios "inteligentes", estes componentes físicos não só são avaliados separadamente em relação a gama de materiais a serem acomodados em uma edificação, mas em sua integração para assegurar que algumas condições sejam satisfeitas:
- Qualidade espacial; incluindo a segurança física, como por exemplo, detecção de incêndio, instalações elétricas e sinalização;
 - Qualidade térmica;
 - Qualidade do ar;
 - Qualidade acústica;
 - Qualidade visual;
 - Tempo de Integridade da construção versus tempo de degradação.

Ainda segundo Harkopf et al. (1997) os edifícios de alta tecnologia devem ser avaliados segundo estas conveniências para prever uma eventual necessidade de aumento do equipamento instalado em favor do aumento de sua "inteligência". Para alcançar as três condições, citadas acima, a "Inteligência" destas edificações deve refletir uma série sem precedentes de novos passos na entrega de um edifício:

1. Apresentar uma declaração, escrita por um perito, da capacidade de mudanças;
2. Especificar as metas de orçamento para investimentos necessários a curto e longo prazo;
3. Possuir uma equipe de especialistas com poder de decisão, desde a concepção inicial do projeto (para avaliar o custo-benefício dos elementos utilizados);
4. Possuir um contrato mencionando as condições de teste de desempenho e qualidade dos produtos empregados;
5. Apresentar o diagnóstico e controle da qualidade do projeto e construção da obra;
6. Treinar uma equipe encarregada da manutenção do sistema;
7. Elaborar questionários de avaliação pós-ocupação a serem preenchidos pelo pessoal de facilidades, manutenção e usuários finais.

1.1 Justificativa

Hoje, o mercado oferece excelentes produtos dedicados ao controle e supervisão na área de automação predial. Porém, apresentam algumas vantagens e desvantagens, se comparados com sistemas de automação industrial.

A escassez de informação sobre o assunto é muito significativa, principalmente entre os fabricantes que, como a lógica sugere, com seus manuais de operação, apenas cumprem a tarefa de mencionar a forma de operação e as características técnicas individuais de seus equipamentos, seus pontos positivos e as áreas de aplicação a que são destinados, explicitando certas características que fogem à capacidade de avaliação.

Um dos problemas encontrados é a sua inflexibilidade, que muitas vezes não permite ao usuário adaptá-los às suas necessidades, obrigando assim que o sistema predial tenha que se adaptar ao pacote imposto pelo fornecedor, e não que o fornecedor se adapte às necessidades dos usuários.

Outro problema consiste na dificuldade de interconectividade entre os sistemas de fabricantes diferentes, não permitindo que o usuário implemente novos módulos de controle, que não pertençam ao fabricante, ou até ao mesmo modelo do sistema principal.

Devido a esta dificuldade de interconectividade, dada pela restrição do acesso de seus protocolos de comunicação, muitas empresas deixam de desenvolver novos produtos, não contribuindo para sua maior difusão e aplicação.

Com o exposto, este trabalho poderá contribuir na tentativa de atender esta necessidade, procurando reunir todas as informações básicas sobre o tema, para fornecer mais uma ferramenta de pesquisa sobre o assunto.

1.2 Objetivo

Nos últimos anos observou-se um grande avanço no projeto de automação de edifícios comerciais que comprovadamente contribuiu para uma enorme melhoria no conforto de seus usuários, assim como para a racionalização do uso de energia e outros insumos necessários ao seu funcionamento.

Freqüentemente, os arquitetos depositam sua confiança no emprego de tecnologias já consagradas na área da automação predial, em seus projetos. Por esse motivo, não se sentem motivados a conhecer novas tecnologias, que podem trazer alguns percalços em sua aplicação inicial, principalmente pela falta de informação a respeito de suas características. Com isso, devido à necessidade de trabalharem com o objetivo de atingir uma determinada produtividade em suas concepções, e contarem com prazos cada vez mais reduzidos, não se dedicam o tempo necessário a tal finalidade.

Sendo assim, o principal objetivo deste trabalho será fornecer subsídios de análise, destinados a profissionais e estudantes da área da Construção Civil, para o emprego de equipamentos comumente utilizados na automação predial e/ou da utilização de equipamentos empregados na automação industrial, para o controle e supervisão de áreas específicas do edifício e seus sistemas prediais, conforme os critérios técnicos que serão mencionados adiante, contribuindo com informações no direcionamento do conhecimento a novas alternativas de projeto.

1.3 Metodologia

Como estratégia metodológica, este trabalho será baseado nas informações obtidas pelos seguintes meios:

- Participação em seminários e palestras referentes ao tema;
- Pesquisa em *websites* de fabricantes na *Internet*;

- Pesquisa em manuais de operação de fabricantes;
- Pesquisa de publicações sobre o tema;
- Pesquisa de dissertações relacionadas ao tema;
- Entrevistas com profissionais da área;
- Análise de projetos de automação de edifícios;

Inicialmente, no capítulo 2 serão descritas as algumas informações dos equipamentos convencionais utilizados na automação predial, suas características técnicas e configurações possíveis quanto à sua aplicação.

Em seguida, o capítulo 3 será dedicado à descrição dos equipamentos utilizados na automação de processos industriais, destacando-se também suas características e possibilidades de aplicação na área industrial.

Na indústria, devido aos processos de fabricação cada vez mais complexos, os fabricantes de controladores industriais estão utilizando sistemas de sensoriamento e controle descentralizados, interligados via rede de comunicação, da mesma forma que um controlador convencional de um sistema predial também o necessita para trazer todas as informações necessárias sobre o sistema controlado, a uma sala de controle. Para fornecer subsídios de análise, o capítulo 4 descreverá os sistemas de redes utilizadas em sistemas industriais e sistemas dedicados convencionais.

No capítulo 5 serão descritos os elementos possíveis de serem automatizados em um sistema predial, e, em cada caso, será mostrado um comparativo entre sistemas convencionais e sistemas baseados na automação de processos. Nesta análise serão consideradas as seguintes questões, conforme a análise mencionada por Harkopf et al. (1997):

1. Possibilidade de implementação de novos equipamentos de controle e gerenciamento do sistema;
2. A garantia de disponibilidade de espaço físico, e meios para a escolha de qualquer tipo de equipamento, atendendo à necessidade de flexibilidade e adaptabilidade;
3. Possibilidade de avaliação individual de componentes, assim como em sua performance em relação ao sistema como um todo.

Todos estes itens deverão ser atendidos através da análise dos seguintes requisitos:

- Viabilidade estrutural: a possibilidade de substituição de equipamentos por outros que possuam as mesmas características de funcionamento, que atendam às necessidades impostas;
- Viabilidade de implantação: a possibilidade de acréscimo ou substituição por novas tecnologias, analisando o aspecto físico necessário, na edificação, à sua implementação;
- Viabilidade técnica: a possibilidade de substituição de equipamentos por outros que possuam as mesmas características de funcionamento, que atendam às necessidades impostas;
- Viabilidade de manutenção: análise da disponibilidade de elementos, para mão de obra especializada na sua manutenção, considerando-se o aspecto econômico nesta operação;
- Viabilidade de operação: análise do grau de conhecimento necessário na sua especificação no projeto; abrangência e flexibilidade da sua aplicação e disponibilidade de informações pelo fabricante;
- Confiabilidade do sistema: análise da especificação do fabricante quanto à durabilidade do equipamento e critérios de testes na sua fabricação;
- Viabilidade de expansões futuras: Análise de alternativas de expansões do conjunto aplicado, assim como de equipamentos individualmente.

2 SISTEMAS DE CONTROLE E SUPERVISÃO DEDICADOS EXCLUSIVAMENTE À AUTOMAÇÃO PREDIAL

Existem no mercado vários tipos de controladores, dos mais diversos fabricantes, para as mais diversas aplicações. Neste capítulo serão mostrados os equipamentos dedicados à área de conforto e suas variações. Em seguida, serão descritos os equipamentos dedicados à área de segurança, e finalmente, os equipamentos dedicados à área de controle de acesso.

2.1 Equipamentos dedicados à área de conforto

Todos os fabricantes utilizam uma mesma filosofia de controle distribuído. Geralmente utilizam hardwares baseados no padrão *RS-485* para comunicação de dados. Por exemplo, a companhia Carrier possui um sistema de rede, composto pelos módulos *CC 6400*, *CC 6400 I/O*, *CC 1600*, *Bridge*, *Repeater*, *Data Collection*, *Comfort ID* (para controle exclusivo de caixas de volume de ar variável), entre outros.

Todos os módulos possuem características físicas idênticas, como mostrado na Figura 2-1, (exceto os módulos *Comfort ID* e *Repeater*, que possuem características físicas diferenciadas dos demais módulos, devido ao tipo de função que exercem na rede de controle).

Fig. 2-1: Módulo Carrier.

Fonte: Carrier (2001).

O Módulo CC 6400 possui as seguintes características:

- Possui processamento independente;
- Possui de 1 a 8 entradas universais (conforme especificação desejada) que podem receber sinais digitais (acionados ou não acionados), sinais analógicos de 4 a 20 mA ou 0 a 10 Volts, termistores (sensores resistivos que variam seu valor proporcionalmente à variação de temperatura), ou termopares (sensores de temperatura formados pela junção de cobre e constantan, que produzem uma millitensão em seus terminais, proporcional à temperatura detectada);
- Possui de 1 a 8 saídas universais (conforme especificação desejada) que podem chavear cargas digitais de 24 Volts e 80 mA ou podem enviar sinais analógicos de 4 a 20 mA ou 0 a 10 Volts;
- Pode gerenciar uma rede primária com capacidade para até 256 módulos de controle, limitados a uma rede de comunicação de até 300 m;
- Cada CC 6400 pode gerenciar uma rede secundária com até 3 módulos de I/O de 8 entradas e 8 saídas, somando-se um total de 64 pontos controlados por CPU, limitados a uma rede de comunicação de até 300 m.

O Módulo I/O não possui inteligência; possui até 8 entradas universais e até 8 saídas universais e serve apenas como coletor de informações de campo, pois as informações presas aos I/O serão "tratadas" pelo módulo CC 6400.

O Módulo CC 1600 possui inteligência própria, o que permite o funcionamento dos elementos conectados a ele, mesmo que haja problemas com a rede de comunicação, por possuir CPU; deve ser conectado ao *bus* primário ou aos demais *buses* criados através do módulo *Bridge*. Sua limitação está no fato de não ter o poder de gerenciamento de novas derivações de rede.

O Módulo *BRIDGE* pode ser aplicado para várias funções na rede CCN (Carrier), entre elas:

- Repetidor: utilizado para expandir a capacidade de comunicação da rede (limitada a 300 metros), para mais 300 metros;
- Abrir novo *bus* na rede; o módulo *bridge* quando conectado ao *bus* primário permite a abertura de um novo *bus* de comunicação na rede CCN, que pode receber novos elementos de controle, como módulos CC 6400 e respectivos I/O, módulos CC 1600, repetidores de rede, módulos *Comfort ID*, dentre outros;
- Converter a velocidade de comunicação da rede.

A Figura 2-2 mostra um exemplo de rede utilizando o padrão Carrier.

Fig. 2-2: Rede padrão Carrier.

O módulo *Repeater* possui a função única de repetidor da rede de comunicação CCN para mais 300 metros, a partir do ponto onde este elemento for conectado. É importante salientar que a limitação da rede CCN em 300 metros é física, isto é, 300 metros corridos de cabeamento de comunicação em RS-485.

O módulo *Data Collection* é utilizado como memória retentiva do sistema, isto é, este módulo armazena todos os eventos ocorridos no sistema de controle, todos os alarmes, todas as monitorações de campo, etc.

3 SISTEMAS DE CONTROLE DEDICADO A AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

3.1 Controlador Lógico Programável (CLP)

O Controlador Lógico Programável (CLP) foi idealizado nos Estados Unidos da América, ao final da década de 1960, pela indústria automobilística, que na época tinha a necessidade de criar um elemento de controle versátil e, ao mesmo tempo, com uma rápida capacidade de modificação de sua programação.

A Figura 3-1 mostra a representação esquemática e o princípio de funcionamento de um CLP, onde cada elemento é descrito a seguir, com base em Scherer; Sousa; Ioshimoto (2002):

Fig. 3-1: Princípio de funcionamento de um CLP.

Fonte: Scherer; Sousa; Ioshimoto (2002).

- CPU (Unidade Central de Processamento): é o elemento responsável pela execução do programa lido nas memórias;
- Memória de sistema: Como a CPU, é um elemento híbrido. Por exemplo, o mesmo componente pode ser encontrado dentro de uma calculadora ou de um vídeo cassete. Portanto, o que faz a CPU agir como um CLP é o programa encontrado na memória de sistema;
- Memória de usuário: é a memória que armazena o programa de usuário, ou seja, o programa que irá controlar o processo;
- Entradas e saídas: são os meios de ligação física entre o CLP e o processo, onde:
 - Entradas: O CLP recebe todos os sinais provenientes de botões, sensores, chaves, entre outros, para conhecimento do estado do processo.
 - Saídas: Conectam-se todos os elementos passivos do processo, como por exemplo: Motores, lâmpadas, eletro-válvulas, sirenes, entre outros.

Uma vez conectadas as entradas e saídas, utiliza-se um microcomputador para programar o funcionamento desejado de um processo. O aspecto físico de um CLP é mostrado na Figura 3-2.

Fig. 3-2: Ligação física entre o CLP e o processo.

Fonte: Scherer; Sousa; Ioshimoto (2002).

O CLP pode receber ou enviar informações para o processo através de sinais, classificados como sinais digitais ou sinais analógicos.

Os sinais de entradas digitais são aqueles que possuem a função de indicar qualquer ocorrência no processo através de sinais definidos como ligados ou desligados. Por exemplo, um relê de sobrecarga atuado; sensores ou chaves fim-de-curso de indicação de posicionamento de elementos que possuam movimento; botões que servirão para indicar que o operador deseja executar alguma função; termostatos utilizados para indicar que determinada temperatura foi alcançada através de um contato seco; pressostatos utilizados para indicar também através de um contato seco que um nível de pressão foi alcançada em uma linha; entre outros. As entradas podem receber tensões de diversos valores e características conforme a especificação de cada fabricante. O padrão mais comum é encontrar-se sinais de 24 Volts em corrente contínua ou 110 Volts em corrente alternada.

Como exemplo de saídas digitais podem ser citados todos os elementos que são atuados pelo controlador programável, através de um contato ou elemento de estado sólido, como um tiristor que, através do programa, pode-se acionar um elemento do processo. Como estas saídas possuem limitação de corrente de operação, utiliza-se ligados a elas, elementos como, por exemplo, uma chave magnética responsável pelo acionamento de um motor elétrico ou qualquer outra carga que consuma grande energia; relês para o acionamento de cargas menores como bobinas eletromagnéticas de acionamento de válvulas pneumáticas ou hidráulicas; ou cargas de baixo consumo, como lâmpadas-piloto e sirenes ligadas diretamente à saída.

Muitas vezes em um processo, não basta apenas saber se um elemento foi acionado ou não, mas o quanto foi acionado. Para estas situações utilizam-se sinais de entrada analógicos, que são sinais que indicam um valor de uma variável através de um sinal de tensão (0 a 10 Vcc; -5 V a +5 V; -10 V a +10 V) ou de corrente (0 a 20 mA; 4 a 20 mA) proporcional à grandeza medida.

As grandezas medidas em um processo podem ser provenientes de um sinal muito pequeno, e pode sofrer grande variação em sua medição devido à distância na qual foi instalado em relação a seu controlador. Neste caso, utilizam-se transdutores que possuem a função de transformar um valor lido como, por exemplo, de um termopar (que envia sinais na ordem de alguns milivolts) em sinais com os patamares mostrados acima.

Como exemplo de sinais analógicos de entrada, pode-se citar: sensores de temperatura; de umidade; de pressão; de nível; entre outros.

As saídas analógicas de um controlador programável são aquelas que, através de um sinal de tensão (0 a 10 Vcc; -5 V a +5 V; -10 V a +10 V), ou de corrente (0 a 20 mA; 4 a 20 mA), pode-se comandar elementos servo-operados, como exemplos, os inversores de frequência, que através de um sinal analógico pode-se controlar a velocidade ou o torque de um motor elétrico; servo-válvulas que abrem ou fecham-se parcialmente, conforme o nível de tensão ou corrente enviado, como as utilizadas no controle de passagem de água gelada em um sistema de ar condicionado; servo-mecanismos em geral (como os utilizados na movimentação e posicionamento de câmeras ou outros elementos móveis).

Os sinais analógicos de entradas, ao serem recebidos pelo CLP, são convertidos em números binários, e se diferenciam também com respeito a sua precisão; isto pode ser indicado pelo número de bits* compostos pelo valor obtido.

No mercado brasileiro encontram-se disponíveis CLPs com entradas ou saídas analógicas com resolução de 8, 10, 12 ou 16 bits¹. Cabe ressaltar que, quanto maior o número de bits de resolução, maior será a precisão obtida e conseqüentemente, maior será o custo do aparelho.

Por exemplo, qual seria a precisão de leitura de um forno industrial que possa ser aquecido de 0°C a 1000°C, se utilizasse um sensor que mostrasse o valor desta temperatura na entrada analógica de um CLP com um conversor para binário de 8 bits? Com um valor binário que utilize 8 bits pode-se conseguir 256 combinações diferentes entre seus bits. Portanto, dividindo-se o valor da temperatura por 256, tem-se que cada progressão binária representará uma variação aproximada de 3,9°C de temperatura no forno.

Portanto, devido à capacidade de trabalhar com qualquer tipo de sinal, pode-se dizer que um CLP é o elemento ideal para se controlar um sistema ou processo, seja ele analógico ou digital.

Além da possibilidade de funcionamento autônomo, o CLP pode ser integrado a outros CLPs (não necessariamente do mesmo fabricante), através da implementação de placas de redes *Profibus*, *InterBus*, *ModBus*, entre outras, que serão descritas posteriormente.

3.2 Interface Homem Máquina (IHM)

Com a grande difusão do CLP nesta última década surgiram também novas necessidades dos usuários, como por exemplo, a possibilidade de verificar e/ou modificar certos parâmetros dentro de um programa (tais como: o *preset* de um temporizador ou contador; o *preset* de uma temperatura desejada; a indicação de uma nova velocidade para um servo-motor, entre outros), sem a necessidade de conectar-se a um computador para a realização desta tarefa.

¹ Bits são algarismos de um sistema de contagem composto por "0" e "1" chamado de Sistema Binário.

Em face desta necessidade, surgiram as chamadas interfaces homem-máquina, também conhecidas como IHMs. As IHMs são de dois tipos: as de interface alfa-numérica e as de interfaces gráficas.

Numa interface alfa-numérica, a IHM é ligada ao CLP através de sua porta de comunicação. Além dos parâmetros normais, quando se está programando uma IHM indica-se qual será a marca e o modelo do CLP com que vai se comunicar.

O princípio de funcionamento consiste em pré-programar mensagens, e cada mensagem possui um número. Quando se deseja acessar qualquer mensagem, basta fazer com que o CLP coloque o número desta mensagem no registrador designado para indicar qual mensagem será mostrada no momento.

As teclas de função podem funcionar como botões de comando para acionar qualquer elemento no CLP. A cada tecla é atribuído um endereço de memória do CLP. Ao acionar a tecla na IHM, este *bit* é "setado", permitindo assim que o programa do CLP possa utilizá-lo para acionar, por exemplo, uma saída que liga um motor de uma bomba de recalque.

Essa possibilidade é muito vantajosa, pois, além de não se precisar ter um painel convencional de grandes dimensões, com botões e lâmpadas de controle, é possível enviar mensagens pelo *display*, ou acionar *leds* frontais, economizando-se assim entradas e saídas que seriam destinadas a estes elementos, pois a IHM se comunica com o CLP através da porta serial de comunicação.

Caso o usuário queira modificar um parâmetro qualquer, como por exemplo, o *preset* de um temporizador, ele pode utilizar o teclado numérico frontal, juntamente com a tecla *enter* para confirmar a inclusão. O aspecto físico de uma IHM simples, com interface alfa-numérica, é representado na Figura 3-3, a qual apresenta um *display* de 4 linhas de 20 caracteres, com teclado numérico, além de teclas de função de F1 a F8.

Fig. 3-3: IHM alfa-numérica.

Fonte: Scherer; Sousa; Ioshimoto (2002).

Nas IHMs gráficas o usuário pode, por meio de um programa específico, desenhar comandos em forma de botões, bem como lâmpadas para aviso ou alarmes, escolhendo cores, formatos, tamanhos e definindo, também, endereços do CLP para cada elemento.

Depois de carregado o programa na IHM, o usuário deve fazer o programa no CLP que interpreta a função de cada endereço da IHM. Tudo isso é realizado de forma simples e rápida, podendo o usuário modificar esta interface a qualquer momento, acrescentando ou retirando funções, de acordo com suas necessidades.

Além das funções básicas citadas, as IHMs gráficas podem mostrar valores de variáveis, tanto na forma numérica simples, como na forma de gráfico de barras. A Figura 3-4 mostra um exemplo de IHM com interface gráfica, com tecnologia *touch screen* (toque de tela).

Para o usuário modificar um parâmetro qualquer (como por exemplo, o *preset* de um temporizador), pode-se programar uma tecla tipo *keypad*, que, quando tocada, mostra uma janela com um teclado numérico para ser digitado. Isso facilitará em muito as rotinas e modificações necessárias das funções, e rapidez com que serão feitas tais alterações.

Fig. 3-4: IHM alfa-numérica.

Fonte: Scherer; Sousa; Ioshimoto (2002).

3.3 Programa supervisorio

Assim como nas IHMs, os programas supervisórios podem ser utilizados para a monitoração e modificação de parâmetros dentro de um CLP. Seu sistema funciona a partir de um computador comum de forma que, através do *mouse* ou teclado, o usuário pode acessar qualquer parâmetro dentro de um sistema automatizado.

3.3.1 Princípio de programação

Inicialmente, programa-se uma tela com o desenho do sistema supervisionado, como mostrado na Figura 3-5.

Com o desenho do sistema, basta-se acrescentar os mostradores de valor, os indicadores de *presets* e os botões de acionamento, associando o número do

registrador do CLP a cada elemento da tela. Com um simples toque do *mouse* sobre o mostrador da variável, esta permite sua alteração.

Outra possibilidade é a criação de várias telas inter-relacionadas, permitindo a fragmentação do processo supervisionado. Em um sistema predial, cada tela poderia representar um pavimento ou sala.

Fig. 3-5: Tela do supervisor.

Fonte: Elipse (2003).

Neste sistema, devido à utilização de um computador comum e além de possuir as mesmas possibilidades de uma IHM, pode-se gerar banco de dados de registros, permitindo, por exemplo, armazenar o consumo diário de água de vários apartamentos durante um ano, em arquivos com padrão texto ou banco de dados, que podem ser utilizados em programas administrativos para análise dos dados coletados, como por exemplo, o sistema de tarifação de consumo de energia elétrica em um condomínio.

Através do programa supervisor também é possível coletar valores de arquivos compartilhados, proveniente de programas administrativos, permitindo que, através destes programas, possa-se modificar valores de variáveis que influenciarão no funcionamento do processo. Por exemplo, o usuário de determinada área de um edifício, ao preencher uma ficha de comunicação de hora extra de um departamento, poderá influenciar automaticamente no horário de funcionamento do sistema de iluminação e ar condicionado para sua área, além da permissão de liberação do pessoal envolvido, pelo controle de acesso da empresa.

Entretanto, não se deve julgar que ao se utilizar um sistema supervisor, o usuário não necessite de uma IHM, pois suas aplicações possuem algumas características, tais como as relacionado abaixo:

- IHM:
 - Possuem robustez para serem empregados em ambientes hostis, sujeitos à umidade, poeira, ruídos de rede, etc.;
 - Por não possuir elementos mecânicos (por exemplo, *winchester*), estas não estão sujeitas a erros de leitura e interpretação do programa nelas instalados;
 - Não permitem armazenar dados para bancos de dados;
 - Têm tamanho físico reduzido, o que facilita sua instalação em painéis, mesas de comando, entre outros.
- Programa supervisor:
 - Possuem estrutura delicada e devem ser instalados em computadores (de preferência industriais), em sala especialmente preparada (temperatura controlada) e sistemas de *no-break*;
 - Exigem grande espaço físico na instalação. (no mínimo 2 m²);
 - Permitem armazenar grandes bancos de dados;
 - Permitem animações;
 - Apresentam possibilidade de utilização para a finalidade de computador;
 - Possuem grande capacidade gráfica.

4 SISTEMAS DE REDES MAIS UTILIZADOS NA COMUNICAÇÃO ENTRE SISTEMAS DESCENTRALIZADOS

4.1 Histórico das redes e suas características

Devido à crescente complexidade na supervisão, sensoriamento e atuação em sistemas de controle de processos automatizados, o projetista enfrentou um sério problema: a grande quantidade de cabos e fios para interligar a seus elementos de controle.

No início, cada elemento do processo, seja ele de atuação ou controle, utilizava um canal individual no controlador, e quando havia a necessidade de expansões, estas eram locais (ou seja, no mesmo painel) como mostrado na Figura 4-1.

Fig. 4-1: Expansão.

Fonte: Bradley (1994).

Devido a estes problemas, houve o aparecimento dos conhecidos *FieldBus*, ou redes de comunicação, nos quais, com uma pequena quantidade de cabos percorrem todo o processo interligando os elementos a seus controladores, como mostrado na Figura 4-2.

Fig. 4-2: Alternativa de controle descentralizado (redes).

Fonte: Bradley (1994).

Nesta tecnologia, todos os elementos de controle, de entradas e saídas foram alocados próximos a seus objetivos, com módulos de controle remoto interligados entre si, por meio de redes distribuídas, pelo processo supervisionado.

Para se descrever qualquer tipo de rede, elas deverão ser caracterizadas utilizando-se o modelo *OSI*, de sete camadas. Todos os *softwares* de redes são baseados em alguma arquitetura de camadas, e normalmente são referidos a um grupo de protocolos, criados para funcionar em conjunto como uma pilha de protocolos (em inglês, *protocol stack*, por exemplo, *the TCP/IP stack*).

O modelo de pilha traz a vantagem de modularizar naturalmente o *software* de rede, permitindo a sua expansão com novos recursos, novas tecnologias ou aperfeiçoamentos sobre a estrutura existente, de forma gradual.

Entretanto, o modelo *OSI* é um modelo conceitual, e não a arquitetura de uma implementação real de protocolos de rede. Mesmo os protocolos definidos como padrão oficial pela *ISO - International Standardization Organization* - a entidade criadora do modelo *OSI*, não foram projetados e construídos segundo este modelo.

O modelo de referência *Open Systems Interconnection (OSI)* foi desenvolvido pela *ISO* como um modelo para a arquitetura de um protocolo de comunicação de

dados entre dois computadores. Ele é composto de sete camadas apresentadas conforme a Tabela 4-1.

Tabela 4-1: Camadas do modelo OSI.

Camada (Layer)		Função
7	Aplicação (Application)	Camada que fornece aos usuários acesso ao ambiente OSI e provê sistemas distribuídos de informação.
6	Apresentação (Presentation)	Camada responsável por prover independência aos processos de aplicação das diferenças na representação dos dados (síntaxe).
5	Sessão (Session)	Camada que provê a estrutura de controle para a comunicação entre as aplicações. Estabelece, gerencia e termina conexões (sessões) entre aplicações.
4	Transporte (Transport)	Camada responsável pela transferência de dados entre dois pontos de forma transparente e confiável com funções como controle de fluxo e correção de erro fim a fim.
3	Rede (Network)	Camada que fornece para as camadas superiores independência das tecnologias de transmissão e comutação usadas para conectar os sistemas. Responsável por estabelecer, manter e terminar conexões.
2	Enlace de dados (Data Link)	Camada responsável pela transmissão confiável de informação através do enlace físico. Envia blocos de dados (frames) com a necessária sincronização, controle de erro e de fluxo.
1	Física (Physical)	Camada responsável pela transmissão de uma seqüência de bits de forma não estruturada em um meio físico. Trata das características mecânicas, elétricas, funcionais e procedurais para acessar o meio físico.

As redes podem ser classificadas quanto à topologia de organização que apresentam, podendo ter uma topologia em barramento, anel ou *Token Ring*, ou estrela. É ainda possível caracterizar as redes quanto à distribuição espacial como sendo redes locais, vulgarmente designadas de LAN (*Local Area Network*), redes metropolitanas também designadas de MAN (*Metropolitan Area Network*), e por último, as redes de grande distribuição geográfica, também designadas de WAN (*Wide Area Network*).

4.1.1 Local Area Network (LAN)

O termo LAN significa *Local Area Network*, e é o nome que se dá a uma rede de cunho local, onde estão ligados alguns sistemas numa área geográfica pequena. Normalmente uma LAN está enquadrada num escritório ou numa empresa não distantes entre si. As tecnologias principais que uma LAN pode utilizar são a *Ethernet*, o *Token Ring*, o *ARCNET* e o *FDDI* (*Fiber Distributed Data Interface*).

O *FDDI* alarga a extensão de uma *LAN* para uma área geográfica muito maior do que a habitual com *Ethernet*, o que pode trazer um incremento no número de usuários do sistema. Numa *LAN Ethernet* é normal ter somente 4 ou 5 usuários, enquanto que, numa *LAN* que utilize *FDDI*, podem existir algumas centenas de usuários.

Existe um conjunto de aplicações típicas que estão no servidor de uma *LAN*, e permitem aos usuários da rede acessar seus arquivos remotamente. Os usuários da *LAN* podem utilizar diversos serviços desde a impressão até à partilha de pastas. O acesso às pastas, com atributos de leitura e/ou escrita, é gerido pelo administrador da *LAN*. Um servidor de *LAN* pode também ser configurado como servidor de *web*, sendo conveniente tomar as devidas precauções.

4.1.2 Metropolitan Area Network (MAN)

Esta rede, de carácter metropolitano, liga computadores e utilizadores de uma área geográfica maior que a abrangida pela *LAN*, mas menor que a área abrangida pela *WAN*. Uma *WAN* normalmente resulta da interligação de várias *LAN*'s numa cidade, formando assim uma rede de maior porte, que pode inclusive estar ligada a uma rede *WAN*.

O termo *MAN* é também usado para referir a ligação de várias redes locais por *bridges* (este procedimento pode ser denominado de *bridging*). Por vezes este tipo de *MAN* é referida por *campus network*. Existem várias cidades que possuem redes metropolitanas de vários tamanhos, tais como, Londres, Genebra, etc.

4.1.3 Wide Area Network (WAN)

É uma rede de telecomunicações que está dispersa por uma grande área geográfica. A *WAN* distingue-se da *LAN* pelo seu porte e estrutura de telecomunicações. As *WAN* normalmente utilizam meios de comunicação pública através de linhas telefônicas, devido à sua dimensão, mas podem eventualmente utilizar linhas privadas. Duas ou mais redes separadas por uma grande distância e interligadas são consideradas uma *WAN*.

Uma rede é também caracterizada pela tecnologia que utiliza na transmissão física dos dados. Pode utilizar a tecnologia *Ethernet*, *ARCNET*, *FDDI*, *Token Ring*, dentre outras. Pode ainda caracterizar-se uma rede pelo tipo de dados que transporta (voz, dados, ou ambos), por quem pode utilizar a rede (pública, ou privada), qual a natureza das ligações (telefone, comutação dedicada, sem comutação, ou ligações virtuais), tipos de ligações físicas (fibra óptica, cabo coaxial, fio de cobre).

O esquema de interligação utilizado nas redes de comunicação pode ser classificado entre sistemas centralizados e sistemas distribuídos. Nos sistemas baseados em arquitetura centralizada, os elementos a controlar são interligados cada um ao sistema de controle central. Neste tipo existe um nó central de conexão, donde partem ligações ponto-a-ponto para o restante dos nós de conexão; além disso, as ligações com os terminais são bidirecionais. As redes deste tipo são eficientes somente quando um nó central se encarrega de enviar e receber informações à periferia. Caso os nós externos tenham de comunicar-se com freqüência, isto acarretará a saturação do nó central.

Conforme Mariotoni; Andrade (2003), nos sistemas baseados na arquitetura distribuída os elementos de controle estão próximos ao elemento a controlar. Não existe a necessidade do comando de controle, ou da informação transportada pela rede passar por um elemento de controle central. O caminho da informação ocorre de forma distribuída na rede. Existem nesta topologia caminhos diferentes para a transmissão de dados, evitando que um nó fique saturado pela descarga de muitas informações, evitando-se assim a interrupção do sistema em caso de falha de algum equipamento ligado à rede. Nesse tipo de arquitetura temos vários tipos de topologia de conexão.

4.1.4 Topologia de redes

A Figura 4-3 apresenta a rede em malha ou estrela (quando cada ponto de controle está unido a outro, e ao controle central); redes em anel ou *Token Ring* (neste tipo, a informação viaja dentro da rede passando por todos os pontos e pelo controle central); e as redes com barramento *Bus* ou Barra (cada ponto de controle é interligado a um barramento principal *bus*, pontes de conexão entre pontos, e por ele estão interligados).

Fig. 4-3: Tipo de arquitetura de redes.

4.1.4.1 Topologia em malha ou estrela

Neste tipo de rede todos os usuários que se comunicam com o nodo central, e há o controle supervisor do sistema, chamado *host*. Através do *host* os usuários podem se comunicar entre si e com processadores remotos, ou terminais. No segundo caso, o *host* funciona como um comutador de mensagens para passar os dados entre eles.

O arranjo em estrela é a melhor escolha, se o padrão de comunicação da rede for de um conjunto de estações secundárias que se comunicam com o nodo central. As situações nas quais isto mais ocorre são aquelas em que o nodo central está restrito às funções de gerente das comunicações e a operações de diagnósticos.

O nodo central pode realizar outras funções além das de chaveamento e processamento normal. Por exemplo, pode-se compatibilizar a velocidade de comunicação entre o transmissor e o receptor. Se o protocolo dos dispositivos da fonte e do destino forem diferentes protocolos, o nó central pode atuar como um conversor, permitindo duas redes de fabricantes diferentes se comunicar.

No caso de ocorrer falha em uma estação, ou no elo de ligação com o nodo central, apenas esta estação ficará fora de operação. Entretanto, se uma falha ocorrer no nodo central, todo o sistema poderá ficar inoperante. A solução deste problema seria a redundância, mas isto acarreta num aumento considerável dos custos.

A expansão de uma rede deste tipo só pode ser feita até um certo limite, imposto pelo nodo central, em termos de capacidade de chaveamento, número de

circuitos concorrentes que podem ser gerenciados, e número de nós que podem ser servidos.

O desempenho obtido numa rede em estrela depende da quantidade de tempo requerido pelo nodo central para processar e encaminhar mensagens, e da carga de tráfego de conexão, ou seja, é limitado pela capacidade de processamento do nodo central.

Esta configuração facilita o controle da rede, e a maioria dos sistemas de computação com funções de comunicação possuem um *software* que implementa esta configuração.

4.1.4.2 Topologia em anel ou *Token Ring*

Uma rede em anel, ou *Token Ring*, consiste de estações conectadas através de um caminho fechado. Nesta configuração, muitas das estações remotas ao anel não se comunicam diretamente com o computador central. As redes em anel são capazes de transmitir e receber dados em qualquer direção, mas as configurações mais usuais são unidirecionais, de forma a tornar menos sofisticados os protocolos de comunicação, que asseguram a entrega da mensagem corretamente e em seqüência ao destino.

Quando uma mensagem é enviada por um nodo, ela entra no anel e circula até ser retirada pelo nó de destino, ou então, até voltar ao nó fonte, dependendo do protocolo empregado. O último procedimento é mais desejável porque permite o envio simultâneo de um pacote para múltiplas estações. Outra vantagem é a de permitir a determinadas estações receber pacotes enviados por qualquer outra estação da rede, independentemente de qual seja o nó destino.

Os maiores problemas desta topologia são relativos a sua pouca tolerância à falhas. Qualquer que seja o controle de acesso empregado, ele pode ser perdido por problemas de falha, e pode ser difícil determinar com a certeza se este controle foi perdido, ou decidir qual nó deve recriá-lo. Erros de transmissão e processamento podem fazer com que uma mensagem continue eternamente a circular no anel. A utilização de uma estação monitora pode contornar estes problemas. Outras funções desta estação seriam: iniciar o anel, enviar pacotes de teste e diagnóstico

e outras tarefas de manutenção. A estação monitora pode ser dedicada, ou uma outra que assuma em determinado tempo essas funções.

Esta configuração requer que cada nodo seja capaz de remover seletivamente mensagens da rede, ou passá-las adiante para o próximo nó. Nas redes unidirecionais, se ocorrer uma falha em uma linha entre dois nodos, todo sistema será desabilitado até que o problema seja resolvido. Se a rede for bidirecional, nenhum ficará inacessível, já que poderá ser atingido pelo outro lado.

4.1.4.3 Topologia em barramento tipo BUS ou barra

Nesta configuração todos os nodos (estações) se ligam ao mesmo meio de transmissão. A barra é geralmente compartilhada em tempo e frequência, permitindo transmissão de informação.

Nas redes em barra comum, cada nó conectado à barra pode ouvir todas as informações transmitidas. Esta característica facilita as aplicações com mensagens do tipo difusão (para múltiplas estações).

Existe uma grande variedade de mecanismos para o controle de acesso à barra, que podem ser centralizados ou descentralizados.

A técnica adotada para acesso à rede é a multiplexação no tempo, ou seja, através do acesso de cada barra por vez, em alta velocidade. No controle centralizado, o direito de acesso é determinado por uma estação especial da rede. Em um ambiente de controle descentralizado, a responsabilidade de acesso é distribuída entre todos os nodos.

Nas topologias em barra, as falhas não causam a parada total do sistema. Neste caso, relógios de prevenção (*watch-dos-timer*) em cada transmissor devem detectar e desconectar o nodo que falhe no momento da transmissão.

O desempenho de um sistema em barra comum é determinado pelo meio de transmissão, número de nodos conectados, controle de acesso, tipo de tráfego entre outros fatores. O tempo de resposta pode ser altamente dependente do protocolo de acesso utilizado.

Para melhor ilustração e compreensão, a Tabela 4-2 mostra uma comparação entre as topologias descritas.

Tabela 4-2: Comparação entre topologias.

Tipos de Topologias	Pontos Positivos	Pontos Negativos
Topologia Estrela	- É mais tolerante à falhas; - Fácil de instalar usuários - Monitoramento centralizado	- Custo de Instalação maior porque recebe mais cabos.
Topologia Anel (Token Ring)	- Razoavelmente fácil de instalar - Requer menos cabos - Desempenho uniforme	- Se uma estação pára, todas param; - Os problemas são difíceis de isolar.
Topologia tipo Barramento	- Simples e fácil de instalar; - Requer menos cabos; - Fácil compreensão.	- A rede fica mais lenta em períodos de uso intenso; - Os problemas são difíceis de isolar.

4.2 Meio físico de transmissão de dados (*Physical profile*)

A aplicação de um sistema de comunicação industrial é amplamente influenciada pela escolha do meio de transmissão disponível. Sendo assim, aos requisitos de uso, tais como, a alta confiabilidade de transmissão, grandes distâncias a serem cobertas e altas velocidades de transmissão, somam as exigências específicas da área de automação de processos, tais como: operação em área classificada, transmissão de dados e alimentação no mesmo meio físico, dentre outros.

A interconexão entre os elementos a serem controlados, e o controle central inteligente, é realizada por um meio físico, que pode ser um condutor de cobre (rede elétrica, par de fios trançados, ou cabo coaxial), fibra ótica, ou mesmo meios que não apresentam condutor fixo definido, podendo ser ondas de radiofrequência e infravermelho. Cada meio transmissor apresenta características próprias, com vantagens e desvantagens, a saber:

- Linhas de distribuição de rede elétricas: neste sistema utiliza-se a rede elétrica para enviar sinais entre o controlador e os periféricos a ele ligados. Não é o meio mais adequado para a transmissão de dados, mas é uma alternativa utilizada em sistemas de pequeno porte que possuam uma mesma linha de distribuição em todos os ambientes, para que o sinal possa chegar a qualquer ponto de conexão. Possuem ainda facilidade de conexão, porém pouca confiabilidade na transmissão de dados, e também, baixa velocidade;

- Par de fios trançados ou cabo coaxial: são os mais usados devido ao baixo custo e facilidade de implantação. São constituídos de pares metálicos, formados por condutores de cobre, tendo ampla aplicação em sistemas de redes industriais e prediais. Podem transportar dados, imagens e voz, e são alimentados através de corrente contínua. Também são utilizados os cabos coaxiais, constituídos por um conjunto de dois condutores concêntricos, paralelos longitudinalmente, separados por um dielétrico. Os cabos talvez tenham 50% do fracasso ou do sucesso da instalação de uma rede. Muitos dos problemas encontrados nas redes são causados pela má instalação ou montagem dos cabos. Um cabo bem fabricado contará pontos a seu favor no restante da rede. Em caso de dúvidas sobre algum cabo, o melhor é não utilizá-lo;
- Fibra ótica: é constituído por um material dielétrico transparente, condutor de luz, composto por um núcleo de material com índice de refração menor que o revestimento que o envolve. Estes dois elementos formam uma guia de luz, sendo percorridos por um feixe laser visível a olho nu, representando a informação transportada. Apresenta grande confiabilidade na transmissão de dados, imunidade frente às interferências eletromagnéticas e de radio frequência, podendo transmitir a altas velocidades, com grande capacidade de volume de transmissão de dados. Porém, os pontos de controle têm distância limitada e o custo de cabos e conectores é elevado. Adaptam-se muito bem ao ambiente industrial ou predial;
- Conexão sem fio: Nesse caso, os sinais de dados e comandos trafegam sem a necessidade de condutor físico através de ondas de radio frequência e luz infravermelha. No caso de ondas de infravermelho, a comunicação se dá através de um diodo emissor de luz (com comprimento de onda dentro da zona infravermelha), que se sobrepõe a um sinal convenientemente modulado com a informação de controle e admite grande número de aplicações. Por ser um meio de transmissão ótico, está livre de interferências eletromagnéticas, devendo-se tomar certos cuidados com outras fontes de interferências de infravermelho. A radio frequência é bastante utilizada, porém apresenta sensibilidade às perturbações eletromagnéticas produzidas por outros equipamentos transmissores que também utilizem este meio.

A Tabela 4-3 apresenta o meio de transmissão mais indicado para cada tipo de topologia.

Tabela 4-3: Meio físico mais indicado para cada tipo de topologia.

Meio de Transmissão	Barra	Anel ou Token Ring	Estrela
Par trançado	X	X	X
Coaxial 50 Ohms	X	X	
Coaxial 75 Ohms	X		
Fibra ótica		X	
Rádio transmissão			X

4.3 Padrões elétricos de comunicação

Além do meio físico, outro fator de diferenciação entre as redes de comunicação é o padrão elétrico utilizado. Como padrão elétrico, entende-se o *hardware* utilizado na transmissão do sinal de informação. Podem ser classificados como:

- *RS-485*: para uso universal, em especial em sistemas de automação da manufatura;
- *IEC 61158-2*: para aplicações em sistemas de automação em controle de processo;
- *Fibra ótica*: para aplicações em sistemas que demandam grande imunidade às interferências e às grandes distâncias.

4.3.1 Padrão de transmissão RS-485

O padrão RS 485 é a tecnologia de transmissão mais freqüentemente encontrada no *PROFIBUS*, *INTERBUS*, entre outros. Sua aplicação inclui todas as áreas nas quais uma alta taxa de transmissão aliada a uma instalação simples e barata são necessárias. Um par trançado de cobre blindado com um único par condutor é o suficiente neste caso. A tecnologia de transmissão RS 485 é muito fácil de manusear. O uso do par trançado não requer nenhum conhecimento ou habilidade especial. A topologia, por sua vez, permite a adição e remoção de estações, bem como uma colocação em funcionamento do tipo passo-a-passo, sem afetar outras estações. Expansões futuras, portanto, podem ser implementadas sem afetar as estações já em operação. Podem ser selecionadas taxas de transmissão entre 9,6 Kbit/segundo e 12 Mbit/segundo; porém, uma única taxa de transmissão é selecionada para todos os dispositivos no barramento, quando o sistema é iniciado.

Todos os dispositivos são ligados a uma estrutura de topologia tipo barramento linear. Até 32 estações (mestres ou escravos) podem ser conectados a um único segmento. O barramento é terminado por um terminador ativo do barramento, no início e fim de cada segmento, conforme mostra a Figura 4-4.

Fig. 4-4: Topologia tipo barramento.

Fonte: Associação Profibus (2000)

Para assegurar uma operação livre de erros, as terminações do barramento devem estar sempre ativas. Normalmente estes terminadores encontram-se nos próprios conectores de barramento, ou nos dispositivos de campo, acessíveis através de uma *dip-switch*. Para o caso em que mais que 32 estações precisem ser conectadas, ou no caso em que a distância total entre as estações ultrapasse um determinado limite, devem ser utilizados repetidores (*repeaters*) para se interconectar diferentes segmentos do barramento. A Tabela 4-4 mostra as principais características a serem observadas em um sistema de transmissão.

Tabela 4-4: Principais características a serem observadas em um sistema de transmissão.

Mídia	Cabo par trançado blindado. A blindagem pode ser omitida dependendo das condições eletromagnéticas do ambiente (EMC).
Número de Estações	32 estações em cada segmento, sem repetidores. Com repetidores, pode ser estendida até 126 estações.
Conectores	Preferencialmente DB-9 para IP20, M12, Han-Brid ou tipo Híbrido para IP65/67.

O comprimento máximo do cabo depende da velocidade de transmissão, conforme a Tabela 4-5. As especificações de comprimento de cabos são baseadas em cabo tipo-A, com os seguintes parâmetros:

- Impedância: 135 a 165 Ohms
- Capacidade: < 30 pf/m;
- Resistência: 110 ohms/km;
- Medida do cabo: 0,64 mm;
- Área do condutor: > 0,34 mm².

Tabela 4-5: Distâncias baseadas em velocidade de transmissão para cabo.

Baud rate (Kbit/s)	9,6	19,2	93,75	187,5	500	1.500	12.000
Distância/Segmento (m)	1.200	1.200	1.200	1.000	400	200	100

4.4 Protocolos de comunicação

Os protocolos de comunicação representam o formato de mensagens que os vários elementos de uma rede de comunicação deve utilizar, para se entenderem uns com os outros, e assim poderem trocar informações. Dentro dos padrões conhecidos, existe uma classificação quanto à normalização do padrão utilizado, sendo divididos em protocolo *Standard*. É um protocolo aberto, e por isso utilizado por várias empresas para compatibilizar a comunicação entre seus produtos e um meio de controle central. O protocolo *proprietário* é desenvolvido por uma única empresa que detém a propriedade do protocolo, e somente produtos por ela desenvolvidos podem comunicar-se entre si.

Dentre os vários protocolos utilizados na área de automação industrial, o *Modbus* é um dos mais utilizados. Este protocolo, além da área de automação industrial, é empregado largamente em equipamentos dedicados à automação predial.

4.4.1 Protocolo Modbus

O *Modbus* foi idealizado pela Modicon na década de 1970. É um protocolo aberto e pode ser encontrado na maioria dos equipamentos que utilizam comunicação em rede. Devido à disponibilidade de vários fabricantes de módulos de conversão de protocolos conhecidos como “gateways”, pode também se comunicar com uma variedade de redes, inclusive *Ethernet*.

O protocolo *Modbus* define a estrutura da mensagem a ser enviada, a forma de solicitar dados, além de responder a qualquer solicitação, checar e indicar possíveis erros, estabelecendo o formato para o *layout* dos campos de uma mensagem.

Durante a comunicação em uma rede *Modbus*, o protocolo determinará: como cada controlador reconhecerá seu endereço de acesso; como deverá receber a mensagem destinada a ele; o tipo de ação a ser tomada; além de extrair qualquer dado ou informação contida na mensagem. Caso haja necessidade de resposta, o elemento controlado construirá uma mensagem de retorno no mesmo padrão.

As portas físicas utilizadas em controladores Modicon utilizam interface compatível às utilizadas em RS-232C, definindo a pinagem dos conectores, o cabeamento, os níveis de sinal elétrico, a velocidade de transmissão e a verificação de paridade. Os controladores podem ser interligados diretamente, ou via *modem*.

Os controladores se comunicam por meio da técnica "mestre - escravo", na qual apenas um dispositivo (mestre) pode iniciar uma transação (questão). O outro dispositivo (escravo) responde fornecendo o dado solicitado pelo mestre, ou tomando as ações solicitadas na questão. Pode ser chamado de *mestre* o dispositivo utilizado como programador, ou supervisor, e, como *escravos*, os controladores do processo.

O controlador mestre pode endereçar os dispositivos escravos individualmente, ou em grupos. Os escravos fornecem resposta apenas às questões efetuadas pelo mestre, dirigidas a cada dispositivo individualmente, o que não acontece quando acessados em grupo.

O protocolo *Modbus* estabelece o formato das questões formuladas pelo controlador mestre, colocando em seqüência na mensagem, o endereço do dispositivo a ser acessado, o código da função a ser cumprida, além de qualquer dado a ser enviado e o campo que contém informações para checagem de erro. Os escravos respondem ao mestre utilizando mensagens, com a mesma estrutura utilizada pelo mestre. A mensagem contém a confirmação da ação a ser tomada, além de qualquer dado pedido pelo mestre e o campo com informações para checagem de erros.

Além do *Modbus*, a Modicon complementou seu protocolo com o *Modbus Plus*. Neste protocolo podem ser enviadas mais informações em um mesmo pacote de mensagens, pois, além de usar os códigos de funções já existentes no *Modbus*, aproveita novos códigos ainda não utilizados. Uma informação fornecida por um módulo que utiliza *Modbus* pode ser entendida por outro que utiliza o *Modbus Plus*, mas o contrário pode ser impossível. Pois, uma mensagem originada de um dispositivo que utiliza o *Modbus Plus* pode conter um código de função não reconhecido pelo *Modbus*.

A Figura 4-5 mostra o esquema de um ciclo de pergunta e resposta no *Modbus*.

Fig. 4-5: Ciclo de pergunta e resposta no *Modbus*.

4.4.1.1 A questão formulada pelo mestre

Cada mensagem transmitida contém um *byte* conhecido como código de função. O mestre determina a ação a ser tomada pelo escravo através de códigos-padrão, onde cada número significa um tipo de ação a ser tomada. Por exemplo, o código 03 indica para o escravo enviar o conteúdo de um registro interno, e o dado seguinte ao 03, o número do primeiro registro desejado e a quantidade de registros a serem enviados, que é imediatamente atendido no ciclo de resposta do escravo.

4.4.1.2 A resposta do escravo

Durante a resposta, o escravo envia um “eco” do código de função recebido do mestre, seguido das informações solicitadas pelo mesmo. Caso ocorra qualquer tipo de erro de recepção, o escravo modifica o código de função enviada pelo mestre, indicando que houve erro, e o *byte* seguinte, o tipo de erro encontrado, indicando assim, a necessidade de repetição da questão formulada.

4.4.1.3 Tipos de comunicação serial

Os controladores que utilizam o protocolo *Modbus* podem comunicar-se utilizando dois modos de comunicação: *ASCII* ou *RTU*. Durante a programação da porta, o usuário deverá escolher um dos dois modos possíveis, além dos parâmetros normais, tais como, velocidade, tipo de paridade, etc., para cada controle da rede, e estes devem ser iguais para todos os participantes da rede.

4.4.1.3.1 Modo ASCII

O modo *ASCII*, cuja sigla significa *American Standard Code for Information Interchange*, é um padrão de codificação americano, em que cada caractere do alfabeto, número ou sinal de controle corresponde a um número hexadecimal padrão. Por exemplo, o caractere “a” corresponde ao código *61hexa*, e o caractere “A” ao código *41hexa*. Sua principal vantagem é que cada caractere pode demorar mais de um segundo para ser transmitido, sem que o sistema entre em erro.

4.4.1.3.2 Modo RTU

Quando o controlador está pressetado para se comunicar em uma rede *Modbus*, usando o modo *RTU* (*Remote Terminal Unit*), cada *byte* da mensagem contém 2 caracteres hexadecimais. Sua principal vantagem está na grande densidade de caracteres transmitidos num mesmo intervalo de tempo utilizado pelo *ASCII*.

4.4.1.4 Framing de mensagem do Modbus

A composição de uma mensagem é conhecida como “*framing*” ou “*estrutura*”. Cada protocolo possui formatos de *framing* diferenciados. No *Modbus*, a estrutura de mensagens transmitidas em *ASCII* é diferenciada das transmitidas em *RTU*, conforme as descrições a seguir.

4.4.1.4.1 Estrutura de mensagens ASCII

No modo *ASCII* as mensagens iniciam com sinal de 2 pontos (:), correspondente ao caractere *ASCII* 3Ahexa, e terminam com o sinal de "voltar carro" (CR) e "passar para linha seguinte" (LF), correspondente aos códigos *ASCII* 0Dhexa e 0Ahexa. Quando enviados a uma impressora, os códigos 0D e 0A provocariam a volta da cabeça de impressão à sua posição inicial, e o rolo posicionaria o papel na próxima linha.

Os caracteres seguintes aos 2 pontos deverão ser de 0 a 9, e de A até F (hexadecimal). Os dispositivos ligados à rede monitoram continuamente o fluxo de dados, além de detectar o início de cada mensagem, efetua sua leitura e analisa se o endereço enviado corresponde ao seu número. Quando reconhecem seu endereço, passam a receber a mensagem, até que sejam recebidos os caracteres "CR" e "LF". Os demais dispositivos apenas monitoram o aparecimento do próximo sinal de 2 pontos. A Tabela 4-6 ilustra a estrutura de uma mensagem transmitida em *ASCII* no *Modbus*.

Tabela 4-6: Estrutura de uma mensagem transmitida em *ASCII*.

Início	Endereço	Função	Dado	Check Erro	Final
1 caractere (:)	2 caracteres	2 caracteres	n caracteres	2 caracteres	2 caracteres (CR) e (LF)

Este tipo de transmissão pode ter intervalos de transferência de caracteres de até 1 segundo, em média, sem que haja a ocorrência de erro. Caso contrário, se o intervalo for maior, a mensagem será desconsiderada.

No processo de formação do *framing* poderá haver exceções, pois, nos controladores tipo 584 a 984 A/B/X, uma mensagem *ASCII* poderá terminar após o caractere de checagem de erro, não possuindo os caracteres (CR) e (LF), sendo estes substituídos por um intervalo de tempo, de aproximadamente um segundo, para diferenciar os *framings*.

4.4.1.4.2 Estrutura de mensagens RTU

No modo *RTU* as mensagens iniciam com um intervalo de tempo de aproximadamente 3,5 caracteres, e, em seguida, é enviado o endereço do dispositivo. Todos os dispositivos fazem a leitura do endereço. Se este número

corresponder ao endereço a ele atribuído, este inicia conversação com o mestre. A Tabela 4-7 mostra a estrutura de mensagem *RTU*.

Tabela 4-7: Estrutura de mensagem *RTU*.

Início	Endereço	Função	Dado	Check Erro	Final
T1-T2-T3-T4	8 Bits	8 Bits	N x 8 Bits	16 Bits	T1-T2-T3-T4

4.4.1.5 Conteúdo do campo “endereço”

O campo de endereçamento de uma mensagem contém 2 caracteres (no modo *ASCII*), ou 8 *bits* (no modo *RTU*). Este pode conter números de 0 a 247 (decimal). Cada escravo pode receber endereço de 1 a 247. Quando interpelado pelo mestre, no seu campo “endereço”, a mensagem contém o endereço do escravo.

Quando recebe a mensagem, o escravo envia ao mestre a mensagem contendo o seu próprio endereço, demonstrando que efetuou a leitura dos dados sem erros. O endereço 0 (zero) é reservado para o mestre enviar mensagens a todos os escravos simultaneamente, e, neste caso, não receberá resposta dos escravos, como no endereçamento individual.

4.4.1.6 Conteúdo do campo “função”

O campo “função” contém o código da operação desejada, e contém 2 caracteres *ASCII*, ou 8 *bits* se utilizar o modo *RTU*. Os códigos válidos estão entre 1 a 255 (decimal). Sendo assim, alguns códigos são aplicáveis a qualquer comunicação que utilize o padrão *Modbus*, enquanto outros são específicos a certos modelos, ou então, sem função definida, reservados a usos futuros.

Quando qualquer mensagem for enviada entre o mestre e o escravo, o campo “função” contém o tipo de operação que o mestre espera que o escravo execute. Por exemplo, pode-se mencionar a intenção do mestre em saber o estado de algum *bit* de entrada de um controlador da rede, ou, até mesmo enviar um novo valor de *preset* de um temporizador utilizado por algum dos escravos.

Quando o escravo responde a uma solicitação do mestre, este envia, na posição “função” de sua mensagem, um código idêntico ao recebido acrescentado de 1

(um) *bit* na última posição do *byte* de endereço, demonstrando o reconhecimento da intenção do mestre. Caso o código de resposta do escravo seja diferente ao enviado pelo mestre, este repete a ordem até que esta seja devidamente entendida.

Por exemplo, se o mestre deseja ler uma seqüência de registros de um escravo, no campo “função” de sua mensagem, este enviará um *byte* “03”, que equivale a “00000011” em binário. O escravo devolverá a mensagem com o campo “função” contendo o número “83”, em hexadecimal, que equivale em binário “1000 0011”, acrescentando, portanto, o *bit* 1 (um) no seu último *bit*.

4.4.1.7 Conteúdo do campo “dado”

Este campo pode conter dados de 00 a FF em hexadecimal. Estes podem representar dados enviados no modo *ASCII* ou *RTU*, de acordo com as características da rede.

Neste campo, o mestre manda informações complementares à ordem enviada no campo “função”, definindo a ação a ser tomada pelo escravo. Este campo pode informar, por exemplo, se o mestre está pedindo a leitura de um ou vários registros; qual o endereço inicial de leitura, ou quantos registros deseja ler.

Por exemplo, se o mestre deseja ler um grupo de registros de um escravo, este enviará no campo “função” o *byte* “03”. No campo “dado”, enviará quantos registros desejar ler e o número do primeiro registro a ser enviado pelo escravo.

Se não houver erros, o escravo deverá enviar os dados solicitados pelo mestre (obedecendo aos critérios mencionados anteriormente para a o campo “função”). Caso haja erro, o campo “função” indicará um número diferente ao esperado pelo mestre. Neste caso, o mestre tomará as ações que sua aplicação julgue necessária (ou a repetição total da informação ou a repetição a partir do momento do erro).

4.4.1.8 Conteúdo do campo “check de erro”

Existem dois tipos de checagem de erro possíveis no protocolo *Modbus*, dependendo do modo de transmissão (*ASCII* ou *RTU*):

- *ASCII*: o campo “*chek erro*” é formado por 2 caracteres *ASCII*, que contém a operação aritmética realizada com os caracteres que compõe a “mensagem com exceção do caractere inicial (:)”, e dos caracteres finais “*CR*” e “*LF*”, conhecidos como *LRC*. Este método consiste em somar sucessivamente cada 8 *bits* da mensagem, desprezando-se qualquer *bit* do resultado que ultrapasse 8 *bits*, enviando-o junto à mensagem;
- *RTU*: quando está utilizando o modo *RTU*, o campo “*check erro*” é composto por 16 *bits* implementados em 2 grupos de 8 *bits*, contendo o resultado do calculo cíclico de redundância realizado no “conteúdo da mensagem”, conhecido como *CRC*. Para calcular o valor de *CRC*, o controlador mestre inicia carregando um registrador com todos seus *bits* em “1”; em seguida, realiza uma operação lógica “*OU - EXCLUSIVO*” entre o valor do registrador e o *byte* da mensagem checada, guardando o resultado. O resultado é deslocado de 1 *bit* para a esquerda entrando com zero no *bit* menos significativo, sendo o processo repetido para o próximo *byte* até que oito *bytes* sejam envolvidos, formando assim o valor final a ser acrescentado à mensagem.

4.4.2 Sistema de conversão de protocolos (GATEWAY)

A comunicação entre os elementos com padrões de comunicações diferentes requer, muitas vezes, conversores de protocolos (*Gateway*). Estes elementos devem ser especificados indicando -se os padrões a serem compatibilizados. Entretanto, além deste conversor, é importante ressaltar que, a “conversa” a ser mantida entre os elementos deve ser também compatibilizada, ou seja, eles devem saber previamente quais os tipos de dados a serem trocados e o que fazer com eles. A Figura 4-6 apresenta o aspecto físico de um *Gateway*.

Fig. 4-6: Exemplo de *Gateway*.

Fonte: Associação Profibus (2000)

5 ANÁLISE DOS ELEMENTOS QUE PODEM SER AUTOMATIZADOS EM UM SISTEMA PREDIAL

5.1 Sistema de ar condicionado

Segundo Shaw (1989), o condicionamento de ar é o processo de tratamento do ar, controlando sua temperatura, umidade e qualidade para a manutenção de condições ambientais a fim de se produzir o conforto e produtividade de seus usuários.

Existem dois tipos de condicionamento de ar: aquecimento e refrigeração. O aquecimento envolve a simples adição de energia térmica para sobrepor as perdas na edificação, enquanto que o resfriamento utiliza métodos mecânicos e químicos para a produção de ar frio. O princípio de operação de um sistema de resfriamento, ou aquecimento, envolve 4 seqüências de transferência de frio (ou calor):

1. Sistema de distribuição do ar;
2. Sistema de distribuição do fluído refrigerador ou aquecedor;
3. Sistema de refrigeração;
4. Sistema de expulsão do calor gerado durante o processo.

Embora a maioria das necessidades de sistemas de refrigeração possam ser atendida por aparelhos pequenos, a maior parte dos grandes sistemas possuem subsistemas distintos e separados, que executam as funções descritas acima, separadamente, conforme a Figura 5-1.

Fig. 5-1: Seqüência de transferência de energia térmica.

Fonte: Shaw (1989)

Os equipamentos de ar condicionado utilizam energia para transferir calor. A energia, geralmente elétrica, provém de ventiladores, bombas e compressores. Estes equipamentos não são 100% eficientes, portanto geram perdas em forma de aquecimento, que podem ser benéficas se utilizadas em sistemas de aquecimento de ambientes.

Por exemplo, a energia absorvida pelos ventiladores de distribuição de ar no sistema é somada à carga do fluido do sistema; o aquecimento das bombas é adicionado à carga do sistema de refrigeração, e o aquecimento dispersado pelo compressor é adicionado à carga do sistema de expulsão de aquecimento, o qual finalmente transfere o aquecimento produzido pelo ambiente e pelo equipamento para o ambiente externo. A relação entre a potência necessária destinada a cada subsistema e a carga térmica de resfriamento total necessária é mostrada na Figura 5-2.

Fig. 5-2: Seqüência do processo de resfriamento.

Fonte: Shaw (1989)

Para quantificar a eficiência de um sistema de refrigeração, utiliza-se o termo conhecido como Coeficiente de Performance (COP), definido conforme a Equação 5.1:

$$\text{COP} = \frac{\text{Refrigeração total necessária}}{\text{Energia necessária}} \quad (5.1)$$

O coeficiente de performance considera como refrigeração total necessária tanto aquela para suprir o ambiente, quanto a compensação do aquecimento liberado nos equipamentos utilizados em sua produção. A determinação do sistema de refrigeração a ser utilizado é baseada no valor do COP, e em outros fatores, tais como, a capacidade de controle, flexibilidade, exigências ambientais, benefício-custo, energia consumida e rendimento. Na Tabela 5-1 são apresentados os sistemas mais utilizados e a quantidade de energia necessária à sua operação.

Tabela 5-1: Sistemas de distribuição mais utilizados e consumo de energia.

Sistema	Energia necessária
Sistema que utiliza a variação de ar fornecido ao ambiente, utilizando a entrada de ar externo e a variação de exposição de radiação solar para auxílio no sistema de conforto de ambientes, com antecipação da ação dos elementos externos, o que torna muito difícil a interação entre os dois sistemas.	Muito baixa
Sistema que utiliza a variação de volume constante de ar em que utiliza teoricamente um pouco mais de energia, porém, evita a possibilidade de acionamento de sistema de aquecimento e resfriamento simultaneamente.	Baixa
Dutos duplos de volume de ar variável	Média
Duto de volume de ar variável com terminal de aquecimento	Média
Sistema de indução "All-Air" com área reaquecida	Média
Volume de ar constante com duto duplo e multizonas	Alta
Volume de ar constante	Muito alta
Volume de ar constante para zona simples e terminal de reaquecimento	Altíssima

Fonte: Shaw (1989)

Além do COP, os sistemas de refrigeração podem ser classificados quanto à taxa de eficiência de energia EER (*Energy Efficiency Ratio*), sendo a razão entre o calor extraído (BTU) pela energia mecânica, em Watt.hora. Sua relação é definida como: $EER (BTU/W.h) = 3,412 \times COP$.

5.1.1 Sistemas de distribuição

Os sistemas de ar condicionado são classificados de acordo como o fluido fornecido ao espaço a ser tratado: ar, ar e água, água ou refrigerante.

5.1.1.1 Sistema de ar do tipo Ar-Ar "Air-Air"

Neste sistema o ar é tratado, aquecido ou esfriado em uma central, e enviado através de dutos até cada ambiente.

- Vantagens:
 - Adaptável para controle automático de umidade;
 - Adaptável a plantas complexas de ambientes com controle de aquecimento e resfriamento;
 - Aplicável a ambientes fechados com controle de temperatura e umidade, como por exemplo, salas de computadores;
 - Pode utilizar ar não tratado para o resfriamento do aquecimento do equipamento, em vez do ar frio gerado, especialmente no verão.
- Desvantagens:
 - Exige cuidados especiais com o equipamento, necessitando de manutenção preventiva freqüente, mantendo as peças de reposição e espaço físico suficiente para a execução de reparos;
 - Em épocas de frio, necessita continuar aquecendo áreas desocupadas para evitar o completo resfriamento do edifício;
 - Maior custo do edifício, pois seus grandes dutos ocupam muito espaço na edificação.

5.1.1.2 Sistema de ar do tipo Água-Ar “Air-Water”

Este sistema combina o custo energia-eficiência de sistemas de água, com a flexibilidade de sistema de ar, com o devido tratamento de qualidade, para fornecer ventilação forçada renovando permanentemente o ar ambiente; com controle central de umidade e resposta rápida à variação de carga térmica em zonas de características variadas. Neste sistema, ar e água (quente e fria) são enviados para cada local, resfriando ou aquecendo, utilizando ora um, ora outro, ou é feita a combinação de ambos ar e água no controle de temperatura.

Em cada local de resfriamento haverá um elemento que possui ventiladores e serpentina por onde os fluidos passarão através do controle de válvulas proporcionais. Estes elementos que servirão para esfriar ou aquecer o ar a ser enviado ao ambiente, e são conhecidos por *fan-coils*, conforme a Figura 5-3.

Geralmente, os *fan-coils* são instalados em salas especiais chamadas sala de máquinas, pois geram grande ruído. Para transportar o ar frio insuflado pelos *fan-coils* até o ambiente que se deseja resfriar (ambientes de controle), são utilizados dutos isolados, também chamados de dutos insuflamento e dutos de retorno evitando assim perdas térmicas. Pelo duto de insuflamento é soprado ar frio no

ambiente de controle e, através do duto de retorno, o *fan-coil* recebe ar quente do ambiente. É comum haver a entrada de ar externo no duto de insuflamento para garantir a renovação de ar no ambiente de controle.

Fig. 5-3: Princípio de funcionamento do *fan-coil*.

A Figura 5-4 apresenta uma comparação entre o espaço físico necessário na utilização do sistema *Air-Air* e do sistema *Air-Water*.

Fig. 5-4: Comparação entre os sistemas *Air-Air* e *Air-Water*.

Nota-se que, numa mesma situação, o sistema *Air-Air* necessitaria de um duto de 24" x 18", ao passo que para o sistema *Air-Water* bastaria um duto de 12" x 9", mais duas tubulações de 2", proporcionando assim uma economia de espaço, que pode ser vital em alguns casos. Além disso, o sistema traz a grande vantagem de bombeamento do fluido, apenas 1/6 de potência utilizado nos ventiladores no

sistema *Air-Air*, evidenciando uma grande economia proporcionada por este sistema.

Este sistema é comumente aplicado em edifícios de escritório, hospitais, hotéis, escolas e em edifícios residenciais de alto padrão.

- Vantagens:
 - Pode controlar vários tipos de áreas diferentes, aquecendo ou resfriando-as independentemente;
 - Capacidade de centralizar a umidificação, desumidificação e filtragem;
 - Pode manter os ambientes aquecidos apenas com circulação de água, mesmo com a falta de ventilação forçada, à noite, ou em caso de falta de energia.
- Desvantagens:
 - É necessário um ar de baixo ponto de orvalho quando o sistema primário atingir a desumidificação total do ambiente;
 - Incapaz de prever e compensar umidificação ocasionadas por aberturas de janelas no ambiente ou outra fonte de umidade;
 - O controle de umidade necessita de água resfriada a baixas temperaturas, ou até mesmo, resfriada por processos químicos;
 - Pode necessitar de resfriamento mecânico quando a temperatura externa for menor que 18°C.

5.1.1.3 Sistema de Indução Água-Ar

Neste sistema, apenas as tubulações de água quente e gelada sob alta pressão percorrem o edifício. Em cada ambiente deverá ser instalado um radiador do tipo *fan-coil*, que faz o aquecimento ou o resfriamento do ambiente.

Devido às perdas ocasionadas em cada unidade de radiação, o sistema de indução água-ar pode ser dividido em categorias de dois, três ou quatro tubos contendo água quente ou gelada.

- Vantagens:
 - O tempo de vida útil do sistema de tubulações e dutos pode ser entre 20 a 25 anos;
 - A circulação interna do ar ambiente previne contra a contaminação externa;

- Grande qualidade na filtragem do ar;
- Capacidade de variação de velocidade de refrigeração.
- Desvantagens:
 - O usuário não consegue desligar o sistema central de refrigeração apenas num único ambiente;
 - É necessária a utilização de ventilação complementar para espaços que possuam grande vazão de exaustão.

5.1.1.4 Sistema somente com água “All Water”

Neste sistema, são instaladas no edifício duas a quatro tubulações de água, a ser distribuída pelos ambientes, onde são instalados radiadores que utilizam a circulação natural do ar para a troca de calor.

O sistema *All-Water* pode ser especialmente econômico e compacto quanto à distribuição e condicionamento de ar para ambientes pequenos, como hotéis, apartamentos e pequenos escritórios.

- Vantagens:
 - Sistema flexível;
 - A tubulação de água utiliza espaços menores que os dutos de ar;
 - Baixo custo de instalação;
 - Algumas zonas podem ser utilizadas como fonte de aquecimento;
- Desvantagens:
 - O controle da ventilação e da umidade depende de janelas e sistemas de exaustão;
 - Desperdício de energia, pois precisa atender diversas condições de diferentes ambientes baseando-se no pior caso.

Algumas considerações especiais na utilização deste sistema:

- Reduzir o fluxo ao mínimo necessário para atender as condições das zonas;
- Em instalações com *fan-coils* é necessário instalar sistemas de segurança para prevenir o funcionamento simultâneo de aquecimento e resfriamento;
- Instalar dispositivos para o desligamento automático quando não houver ocupação dos ambientes;

- O volume de exaustão de ar no ambiente não pode ser maior que o de insuflamento.

5.1.1.5 Sistemas unitários

São sistemas autônomos para o condicionamento de ar nos quais o sistema mecânico produz ar quente ou frio em ambientes independentes, em edificações onde existam ambientes descentralizados a serem controlados.

- Vantagens:
 - Controle individual dos ambientes de ventilação e distribuição de ar, permitindo o total controle pelo usuário;
 - Aquecimento e resfriamento independentes da estrutura da edificação onde foi empregada;
 - Apenas um ambiente é prejudicado em caso de pane no equipamento;
 - Baixo custo de implantação;
 - Sistema confiável devido à correspondência de performance indicada pelo fabricante, tanto de suas características construtivas quanto de desempenho;
 - Pode ser desligado em ambientes que estejam desocupados.

Os sistemas unitários geralmente possuem o ventilador e evaporadores localizados no teto. O compressor e o condensador podem ser montados separadamente, porém é mais comum que estes sejam instalados juntos em um mesmo invólucro.

Os sistemas unitários podem ser equipados em terminais com controle de volume de ar do tipo *bypass* ou *squeeze-off*. Porém, não possuem a capacidade de controle fino de velocidade de seus ventiladores.

Os sistemas unitários podem ser classificados quanto à sua instalação em janelas ou em paredes. Os de parede possuem unidades de aquecimento e resfriamento, e os de janela apenas unidade de resfriamento.

5.1.2 Descrição de um sistema de ar condicionado

O Brasil, assim como a maioria dos países da América do Sul, possui clima essencialmente tropical e, sendo assim, necessita geralmente de sistemas de condicionamento de ar para resfriamento de ambientes.

Em escritórios comerciais de grande porte geralmente utiliza-se o sistema água-ar, por ser o mais viável, tanto econômica quanto tecnicamente, pois nesses edifícios existem áreas disponíveis para instalação de equipamentos de apoio. Para uma melhor compreensão será efetuado um breve relato das principais características do sistema de ar condicionado do tipo água-ar.

O sistema de ar condicionado utilizado neste exemplo é dividido em três partes: central de água gelada (CAG), *fan-coils* e caixas de volume de ar variável (VAV). A Figura 5-5 ilustra esse sistema.

Fig. 5-5: Sistema água-ar.

5.1.2.1 Central de água gelada

Central de água gelada (CAG) é o nome dado ao conjunto de equipamentos (bombas, tubulação, tanques, etc.) responsáveis pelo fornecimento de água gelada para os *fan-coils*. O principal componente da CAG é o *chiller*, que é responsável pela baixa temperatura da água. Uma CAG pode possuir um ou mais *chillers* de acordo com a capacidade solicitada pelos *fan-coils* e demais dispositivos que necessitem de água gelada.

Os *chillers* podem ter características variáveis. Podem, por exemplo, possuir de um a quatro compressores (ou até mais); podem possuir condensação a água ou a ar; os compressores podem ser do tipo *scroll*, parafuso ou alternativo. Dentre todas as variações de *chillers*, a característica mais importante para o controle é o tipo de condensação, pois o sistema deve possuir bombas para circulação da água de condensação e possuir também torres de resfriamento, que devem ser acionadas toda vez que for necessária à operação do *chiller*.

A central de água gelada possui: a) bombas que garantem a circulação da água gelada por todos os *fan-coils* do edifício, com uma vazão suficiente para uma troca térmica eficiente; b) *chillers*, ou unidades resfriadoras (UR's), que garantem a baixa

temperatura da água. A Figura 5-6 apresenta um esquema genérico de circulação de água gelada nos *fan-coils*.

Fig. 5-6: Esquema de circulação da água gelada por todos os *fan coils*.

Em edifícios comerciais de grande porte, os sistemas de ar condicionado além de possuírem *chiller*, utilizam tanques de armazenagem de água gelada com isolamento térmica, também conhecidos como tanques de termo-acumulação. Esses tanques têm a função de fornecer água gelada ao sistema durante os horários de ponta, pois o custo da energia elétrica se torna muito elevado. Neste caso, o *chiller*, que é o principal consumidor de energia no sistema, permanece desligado. Na Figura 5-7 é apresentado um exemplo de diagrama hidráulico de uma CAG.

Fig. 5-7: Diagrama hidráulico de um sistema de refrigeração.

Na Figura 5-8 é apresentado um exemplo de diagrama hidráulico do sistema de condensação.

Fig. 5-8: Diagrama hidráulico do sistema de condensação.

A CAG possui quatro modos de operação distintos: operação normal, operação via tanque, operação noturna e termo-acumulação. Estes quatro modos de operação são descritos a seguir:

- Operação normal: neste modo de operação as unidades resfriadoras são utilizadas exclusivamente para fornecimento de água para os *fan-coils*. As válvulas que permitem a circulação de água pelos tanques (V3V-CAG-01 e V3V-CAG-02) permanecem fechadas; portanto, a água dos tanques não sofrerá alterações. Este é o modo em que o sistema opera por maior tempo. No diagrama da Figura 5-9 o destaque em linha tracejada representa o fluxo de água, no qual é possível observar que a água não passa pelos tanques de gelo, que estão carregados.

Fig. 5-9: Diagrama do fluxo de água para operação normal.

- Operação via tanque: neste modo de operação as unidades resfriadoras permanecem desligadas, e os tanques de gelo é que serão responsáveis pelo fornecimento de água gelada para os *fan-coils*. Este modo é utilizado pelo sistema durante o horário de ponta, horário em que a tarifação de energia elétrica é maior, possibilitando a redução no consumo de energia elétrica. A Figura 5-10 ilustra um diagrama para esta operação. A água dos tanques, contendo etileno glicol ou amônia para impedir o seu congelamento, inicialmente estará a temperaturas muito baixas (chegando a -5°C), será utilizada para esfriar a água no duto de alimentação dos *fan-coils*. Durante esse processo os tanques são “descarregados”, ou seja, a temperatura da água armazenada nos tanques aumenta, podendo chegar a ponto de não ser o suficiente para manter o *setpoint* de alimentação dos *fan-coils*, que é de 7°C .

Fig. 5-10: Diagrama das unidades resfriadoras dos tanques.

- Operação noturna: durante a noite ainda permanecem ligados alguns *fan-coils*, e, portanto, é necessário manter o fluxo de água. Para isso, durante a operação noturna são mantidas acionadas as bombas de água gelada secundárias, e uma pequena parte da “carga” dos tanques será utilizada por estas bombas, para não elevar muito a temperatura da água que permanecerá circulando nas tubulações. Para realizar o resfriamento do ambiente, utiliza-se um *fan-coil*. No *fan-coil* há um ventilador, muitas vezes com controlador de velocidade, que garante um fluxo de ar entre os dutos de retorno e insuflamento. Esse fluxo de ar atravessa um trocador de calor (serpentina), por onde circula água gelada vinda da CAG, o que faz com que

a temperatura do ar (no duto) de insuflamento seja mais baixa que a temperatura (no duto) de retorno. A temperatura de retorno representa aproximadamente a temperatura do ambiente, normalmente em torno de 24°C, que ao sofrer a influência da água gelada, normalmente em torno de 6°C, gera uma temperatura de insuflamento, normalmente abaixo de 12°C. Uma válvula controla a vazão de água gelada que passa pelo trocador de calor, controlando a temperatura de insuflamento. Quando se deseja diminuir a temperatura de insuflamento a válvula é aberta, e quando se deseja diminuir a temperatura, a válvula é fechada. A temperatura ambiente é controlada por termostatos locais e, se necessário, controla-se a velocidade dos ventiladores para perfeita dosagem de temperatura.

- Termo-acumulação: neste modo de operação as unidades resfriadoras são utilizadas para fornecimento de água gelada para os *fan-coils* e para o “carregamento” dos tanques de gelo. O carregamento dos tanques de gelo consiste em deixar a temperatura da água armazenada dentro dos mesmos, em temperatura muito baixa (-5°C). Para tanto, as unidades resfriadoras são configuradas para operar com o *setpoint* de termo-acumulação, que é -5,0°C. A Figura 5-11 ilustra um diagrama desse sistema.

Fig. 5-11: Diagrama das unidades resfriadoras de carregamento dos tanques.

5.1.2.2 Caixa de volume de ar variável (VAV)

Os dutos de insuflamento de cada *fan-coil* podem ser conectados diretamente ao ambiente de controle; porém, o controle de vários ambientes diferentes (salas

independentes) não será satisfatório, já que a vazão de ar frio será a mesma em todas as salas refrigeradas pelo *fan-coil*. Quando houver a necessidade da utilização de um *fan-coil* em vários ambientes distintos, serão utilizadas caixas de volume de ar variável (VAV). Essas caixas VAV regulam o fluxo de ar diferentemente em cada ambiente, garantindo um controle de temperatura individual para cada sala. A Figura 5-12 ilustra um diagrama esquemático de uma caixa de volume de ar variável, ou VAV.

Fig. 5-12: Representação esquemática da caixa de volume de ar variável (VAV).

O atuador proporcional abre e fecha, regulando a vazão de ar nos ambientes controlados, e, portanto, controlando a temperatura do ambiente. A caixa VAV garante também uma distribuição uniforme do ar fornecido pelos *fan-coils*, limitando a vazão de ar de acordo com valores máximos e mínimos pré-definidos.

Uma variável de grande importância em um sistema de ar condicionado é a sua capacidade refrigeradora. Ela indica a quantidade de energia que o sistema de ar condicionado está fornecendo para o ambiente para refrigerá-lo. De acordo com as dimensões, a carga térmica necessária e outras características do ambiente, é possível determinar a capacidade frigorífica necessária para manter a temperatura do ambiente em um determinado valor. A Figura 5-13 mostra o princípio de um sistema de refrigeração básico.

$$\text{Capacidade (Kcal/h)} = c_p [1 \text{ Kcal / Kg} \times ^\circ\text{C}] \times \text{Vazão [kg/h]} \times (\text{Temp Retorno } ^\circ\text{C} - \text{Temp Aliment. } ^\circ\text{C})$$

Fig. 5-13: princípio de um sistema de refrigeração básico.

As unidades mais utilizadas para a medição de capacidade frigorífica são TR (toneladas de refrigeração) e BTU (*British Thermal Unit*), sendo possível definir as seguintes relações:

- 1 TR equivale ao calor necessário para aquecer 1libra de água em 1°F;
- 1 TR é igual a 12.000 BTU por hora;
- 1 kWh é igual a 3.412 BTU.

5.1.3 Análise e aplicação

Como estudo de caso, é mostrada a estrutura do Edifício Accenture, localizado em São Paulo, na Rua Alexandre Dumas n° 432, onde se efetuou uma análise de aplicação. Este edifício é composto por duas torres (Torre-A e Torre-B) de 3 andares, além de sótão e garagem, conforme ilustra a Figura 5-14.

Fig. 5-14: Vista do Edifício Accenture, em São Paulo - SP.

Neste edifício analisou-se a aplicação de controladores dedicados nas áreas de detecção e alarme de incêndio, ar condicionado e controle de acesso.

A Figura 5-15 apresenta as características do sistema de ar condicionado.

Fig. 5-15: Estudo de caso do Edifício Accenture – Torre-A. Caracterização do sistema de ar condicionado.

5.1.3.1 Descrição dos sinais a serem controlados

Para melhor compreensão, a Tabela 5-2 mostra os elementos a serem utilizados na automatização do sistema de ar condicionado.

Tabela 5-2: Sinais a serem controlados na automação do sistema de ar condicionado.

CAG: sinais de controle
16 Entradas digitais
16 Saídas digitais
11 Entradas analógicas
2 Saídas analógicas
Controle dos <i>fan-coils</i>: variáveis de controle
15 Entradas digitais
10 Saídas digitais
13 Entradas analógicas
10 Saídas analógicas
Painel do 2º andar: variáveis diversas
57 pontos
Painel do 1º andar: variáveis diversas
24 pontos
Painel do pavimento térreo: variáveis diversas
24 pontos

5.1.4 Viabilidade estrutural

A Figura 5-16 apresenta a estrutura necessária à automação utilizando-se equipamentos dedicados, com base em Carrier (2001).

Fig. 5-16: Automação do sistema de ar condicionado utilizando-se equipamentos dedicados.

A Figura 5-17 apresenta a estrutura necessária à automação utilizando-se equipamentos usados em automação industrial, com base em Atos Automação Industrial Ltda (2001).

Fig. 5-17: Automação do sistema de ar condicionado usando equipamentos do tipo controladores programáveis.

5.1.5 Viabilidade de implantação

No caso da utilização de equipamento dedicado, este possui maior flexibilidade quanto ao número de elementos, dado por 256 módulos possíveis vezes 64 pontos por módulo, perfazendo um total de 13.384 pontos de controle analógicos, ou digitais. O alcance da rede é de até 300 m. Para distâncias maiores, é necessário o uso de um *repeater* para a regeneração do sinal elétrico, podendo comandar até 256 módulos. No entanto, um dos empecilhos está na velocidade da rede, que cai consideravelmente com o aumento dos pontos de controle. Para suprir esta deficiência, o módulo *Bridge* pode controlar o tráfego de informações dos elementos instalados posteriormente a ele, fornecendo dados para o controle central apenas quando solicitado, e não ciclicamente.

Os módulos são dedicados e podem opera, também, assim como as redes, apenas com módulos do mesmo fabricante. Para a comunicação com outros sistemas é possível utilizar *gateways* ou *datalinks*. O fabricante, assim limita a profundidade da informação a ser trocada entre os elementos.

O programa de controle do sistema é dedicado e possui rotinas pré-estabelecidas. O instalador necessita apenas informar os endereços dos elementos controlados, e os valores de *preset* desejados. Entretanto, quando há necessidade de implantação de rotinas que sejam diferenciadas das disponíveis da biblioteca do fabricante, essa tarefa se torna complexa, pois não permite que o operador utilize as rotinas pré-programadas, obrigando-o a executá-las manualmente.

O programa supervisor e o programa de configuração dos controladores e possuem telas padrão, de rápida construção, que permitem se comunicar com outros tipos de equipamentos que utilizem os protocolos de comunicação mais comuns, tais como *ModBus*, *LonWorks*, *Ethernet*, entre outros. Porém, neste caso, necessita-se de técnicos mais qualificados, já que não é uma rotina muito comum.

Quando se está utilizando um CLP, perde-se na capacidade de pontos a serem supervisionados, que podem ser (no caso do fabricante utilizado) até 3.840 pontos analógicos, ou 15.360 pontos apenas digitais, o que não difere muito dos demais fabricantes de CLPs.

Quanto à velocidade da rede, como no equipamento dedicado, não pode ser controlada quanto ao tráfego de informações no qual, todos os elementos “conversam” entre si ciclicamente, apresentando um aumento do tempo de varredura, quanto maior for o número de elementos conectados à rede.

Os módulos utilizados em cada *rack* deverão ser do mesmo fabricante; porém, por estarem se comunicando via *ModBus*, esta configuração poderá se comunicar com qualquer fabricante que entenda este protocolo. A Tabela 5-3 apresenta uma comparação resumida entre as duas soluções.

Tabela 5-3: Viabilidade de implantação do sistema de automação.

Características	Solução utilizando-se equipamento dedicado	Solução utilizando-se controladores programáveis
Capacidade de pontos de controle	256 módulos de 64 pontos de controle cada com um total de 16.384 entradas ou saídas analógicas ou digitais	32 <i>racks</i> com 15 módulos com 8 canais analógicos, sendo 3.840 pontos ou módulos com até 32 entradas e saídas apenas digitais perfazendo total de 15.360 pontos
Compatibilidade dos módulos de E/S	Permite se comunicar apenas com módulos do fabricante	Os <i>racks</i> podem receber apenas placas do fabricante podendo ser substituído por <i>racks</i> de outro fabricante que se comunique no padrão <i>ModBus</i>
Capacidade de comunicação da rede	Pode se comunicar com elementos de outros fabricantes através de módulos <i>datalink</i>	Permite se comunicar com qualquer elemento que se comunique via <i>ModBus</i> sem a necessidade de conversores
Velocidade de comunicação da rede	Pode ser otimizado utilizando módulos <i>Bridge</i> para controlar tráfego de informações	A comunicação entre <i>racks</i> ocorre ciclicamente, aumentando o tempo de resposta, conforme aumenta número de pontos conectados
Software de comunicação	Possui rotinas prontas diminuindo o tempo de implantação, porém aumenta o tempo de implantação caso haja necessidade de rotinas de exceção	Necessita de desenvolvimento de rotinas básicas aumentando tempo de implantação inicial, que pode ser amortizado no decorrer de várias implantações. Pode ser desenvolvido por qualquer programador de CLP que conheça o processo
Software supervisorio	Possui telas prontas diminuindo o tempo de implantação. Pode comunicar com outros sistemas através do uso de <i>gateways</i> e <i>drives</i> de comunicação mais comuns. Criado para ser aplicado com o mesmo fabricante dos módulos	Pode ser utilizado programa de qualquer fabricante de supervisorio de automação, e pode se comunicar com praticamente qualquer fabricante de CLP

O programa de configuração do controle possui instruções básicas de controle de loops (controle integral, proporcional e derivativo) de variáveis analógicas, que poderão ser empregadas no controle de temperatura, da pressão, da umidade,

entre outros. Porém, obriga a que pelo menos uma vez, o operador desenvolva rotinas básicas de controle, que poderão ser utilizadas para compor um programa, o que envolve um custo inicial de desenvolvimento. O programa poderá ser mudado facilmente por qualquer técnico capacitado em programação de CLPs que conheça as necessidades do ambiente.

O programa supervisor possui a vantagem de poder ser escolhido entre vários fabricantes, mas, assim como o programa de configuração, necessita do desenvolvimento de telas dedicadas à aplicação desejada.

5.1.6 Viabilidade técnica

As configurações que utilizam equipamentos dedicados não permitem a troca de seus módulos por outros de fabricação diferente. Se houver tal necessidade, deverá ser efetuada a substituição do sistema completo.

Quanto aos equipamentos de automação industrial, estes não permitem a instalação de placas de fabricantes diferentes em um mesmo *rack*; porém, os *racks* podem ser de fabricantes diferentes e estes devem se comunicar com os demais no mesmo padrão.

Com relação ao espaço físico necessário, o equipamento dedicado utiliza menos espaço no painel e, por possuir acabamento externo, permite que seja instalado diretamente no *shaft*, sem necessidade de quadro elétrico. Quanto aos CLPs, por não possuírem um acabamento em seus terminais de ligação, estes precisam ser instalados em quadros elétricos com espaço físico adequado, sendo semelhante aos dois sistemas quanto ao número de pontos instalados por centímetro quadrado.

Quanto à programação, por possuir rotinas prontas, o controle dedicado se mostra muito mais rápido quando não se depara com necessidades que fujam ao padrão pré-estipulado pelo fabricante. Neste caso, a utilização do CLP se torna interessante pela sua flexibilidade de modificação de parte do programa, sem que haja prejuízo das rotinas já desenvolvidas.

5.1.7 Viabilidade de manutenção

Quanto à manutenção, tanto o equipamento dedicado, quanto o CLP, mostraram-se eficientes, pois possuem componentes encaixáveis, tipo *plug-in*, permitindo a

troca de módulo rapidamente, sem grande perda de tempo. Não necessitam de mão-de-obra especializada na troca de *hardware*; apenas na manutenção do *software*. O equipamento dedicado tem maior facilidade por possuir rotinas padrão enquanto que, em necessidade de modificação do programa de um CLP, esta operação se torna mais complicada por depender do estilo de programa desenvolvido por outro programador.

Quanto à mão-de-obra na manutenção de *hardware* não há muitas restrições; o que não acontece com a questão *software*, conforme as razões colocadas anteriormente.

Em relação a peças de reposição, os dois sistemas possuem rede de assistência técnica atendendo todo o Brasil. Outro problema muito comum, quando se refere a produtos, é a sua disponibilidade de reposição com o passar do tempo. Muitos fabricantes descontinuam sua fabricação obrigando o usuário a se adaptar a novos produtos. No caso dos sistemas convencionais existe uma preocupação em manter sempre a compatibilidade de novos produtos disponibilizados no mercado, com os já instalados.

Quanto aos fabricantes de CLPs, estes geralmente mantêm suas linhas de produtos em um tempo médio de 20 anos; porém, todos são unânimes, tanto fabricantes de sistemas convencionais como de CLPs, em uma pequena frase de rodapé (encontrada em catálogos de vários tipos de produtos) dizendo: "A empresa se reserva o direito de modificar as características de seus produtos sem prévio aviso".

5.1.8 Viabilidade de operação

Quando se faz um projeto de condicionamento de ar, geralmente a empresa que fornece o equipamento de ar condicionado efetua o levantamento do material necessário, com o conhecimento dos módulos convencionais disponíveis, mas, muitas vezes, resistem à mudança de mentalidade na busca de melhores alternativas, utilizando apenas sistemas convencionais; sistemas utilizando CLPs, ou sistemas que interagem com as duas soluções, devido à falta de informações técnicas que lhes permitam enxergar os projetos já em operação. Para isso, é necessária uma política de treinamento por parte dos fabricantes de CLPs, para uma maior divulgação das características de seus produtos aos usuários, bem como utilizá-los adequadamente em cada aplicação.

5.1.9 Confiabilidade

Em relação a confiabilidade, os controladores programáveis podem assegurar maior robustez, por serem concebidos para serem utilizados em ambientes hostis, sujeitos à umidade, pressão, ruídos de diversas origens, temperaturas, vibração, comuns de se encontrar em ambientes industriais.

Para isso, a indústria utiliza o termo MTBF (*Medium Time Between Faults*), ou seja, tempo médio entre falhas, para designar o quão confiável são seus equipamentos. O sistema convencional não possui a mesma estrutura em termos construtivos, embora são também muito confiáveis; mas, conforme o ambiente em que se está empregando o sistema deve-se levar em consideração este tipo de argumentação. Para se ter um parâmetro, o fabricante deve assegurar que seu equipamento possa operar por pelo mesmo tempo esperado de funcionamento dos demais sistemas do edifício, obedecendo logicamente às normas de manutenção preventiva recomendadas, e que nem sempre são atendidas.

5.1.10 Viabilidade de expansões futuras

Os módulos utilizados em sistemas de controles convencionais são adquiridos com a necessidade exposta pelo cliente, ou seja, embora um módulo tenha a possibilidade de possuir 16 pontos de entrada, ou saída digital ou analógica, o usuário deverá especificar quantos pontos serão as entradas, quantos serão as saídas, e destes, quantos serão analógicos e quantos serão digitais, e só assim será fornecido. Caso haja a necessidade de modificação desta característica, o usuário deverá adquirir um novo módulo. A grande vantagem está no “enxugamento” do *hardware* a ser utilizado. No caso dos controladores programáveis, as placas possuem características únicas: onde uma placa poderá possuir somente pontos de entradas e saídas digitais ou analógicas, uniformemente, não permitindo a mesma mixagem dos sistemas convencionais, o que obriga muitas vezes a manter pontos de reserva que não foram totalmente utilizados em uma placa.

5.2 Sistemas de controle e supervisão de energia elétrica

A crise do petróleo no início da década de 1970 apressou uma tendência mundial - a racionalização do uso da energia. A partir de então, a humanidade tem presenciado a evolução de tecnologias utilizadas para essa finalidade. A realização de diagnósticos energéticos de instalações expõe os desperdícios

praticados e demonstra o potencial econômico do uso eficiente de energia. Desta forma, o controle do consumo de energia elétrica em edificações comerciais vem se tornando uma prática cada vez mais usual.

Algumas considerações sobre o perfil de consumo de energia elétrica devem ser efetuadas para a classificação da edificação a ser controlada, dividindo os consumidores: consumidor Grupo B e consumidor Grupo A.

Os consumidores do Grupo B são aqueles cuja carga total instalada é inferior a 75kW, e têm o fornecimento de energia realizado em tensão inferior a 2.300 Volts. Esses consumidores são também denominados de consumidores de baixa tensão (BT) e seu faturamento obedece à tarifa econômica, ou seja, àquela relativa apenas ao consumo de energia elétrica (kWh) verificado durante o período de leitura da concessionária.

Os consumidores do Grupo A são aqueles cujo fornecimento de energia é realizado em tensão igual ou superior a 2.300 Volts, e são também denominados de consumidores de alta tensão (AT). Para esta categoria são aplicadas tarifas binômias ou hora-sazonais, isto é, relativas ao consumo de energia elétrica (kWh) e a demanda (kW), verificada em determinado intervalo de tempo, segundo critérios de agrupamento conforme a Tabela 5-4.

Tabela 5-4: Tipos de tarifas para os consumidores do Grupo A.

Subgrupo de consumidores do Grupo A	Tarifa binômia convencional	Tarifa hora-sazonal
A1: (230 kV ou mais)	Não aplicável	Obrigatória
A2: (88 kV a 138 kV)	Não aplicável	Obrigatória
A3: (69 kV)	Não aplicável	Obrigatória
A3A: (30 kV a 44 kV)	Opcional	Opcional
A4: (2,3 kV a 25 kV)	Opcional	Opcional
AS: (Subterrâneo)	Opcional	Opcional

Fonte: ANEEL (2003).

Para melhor compreensão, apresenta-se a seguir a definição de tarifa convencional e tarifa hora-sazonal, com base em nas especificações da ANEEL (Agencia Nacional de Energia Elétrica) (2003) .

- Tarifa convencional: nesta tarifa, a fatura é calculada levando-se em consideração duas grandezas - a demanda e o consumo. A tarifa de consumo é aplicada diretamente sobre a quantidade de energia elétrica utilizada em determinado período estabelecido pela concessionária. Com relação à demanda, a legislação vigente estabelece que para efeito de tarifação será considerado o maior valor entre os seguintes: demanda verificada por medição (demanda registrada); 85% da maior demanda verificada em qualquer dos 11 meses anteriores; A demanda fixada em contrato de fornecimento.
- As tarifas horo-sazonais são aquelas cobradas conforme o horário do dia em que foi utilizada, (horário de ponta e fora de ponta) e, também, a época do ano, (período seco e período úmido). O horário de ponta é composto por três horas consecutivas, situadas no intervalo compreendido entre 17h e 22h, exceção feita aos sábados e domingos, definidas no contrato de fornecimento de energia elétrica estabelecido com a concessionária.

O período úmido corresponde a cinco meses consecutivos entre dezembro de um ano até abril do ano seguinte, ficando o período seco compreendido entre os meses de maio a novembro.

Existem dois tipos de tarifas horo-sazonais, sendo conhecidas por tarifa Azul e tarifa Verde, conforme comparação apresentada na Tabela 5-5.

Tabela 5-5: Tarifas horo-sazonais: tarifa Azul e tarifa Verde.

Tarifa Azul	Tarifa Verde
Tarifa diferenciada para consumo dentro e fora do horário de ponta assim como nos períodos de se e úmido.	Preço único independente do período utilizado.
Exige a definição de uma demanda de contrato no seguimento horário de ponta. Será cobrada mesmo que o usuário a utilize durante quinze minutos durante o mês.	A tarifa de horário de ponta cobrada neste sistema é aproximadamente nove vezes maior que a tarifa cobrada fora do horário de ponta, o que faz o modelo atrativo quando se consegue controlar o consumo dentro do horário de ponta.

Fonte: ANEEL (2003).

No modelo tarifário convencional, o valor da tarifa de consumo é cerca de duas vezes maior que o consumo fora de ponta, nos modelos Verde e Azul, o que faz

com que este modelo seja atrativo apenas quando é difícil o controle do consumo e/ou demanda no horário de ponta.

Além do controle tarifário, é muito importante para o sistema elétrico predial o controle do fator de potência (FP), que é a relação entre o valor de energia gasto e o valor de energia realmente utilizado, ocasionado pelo emprego de equipamentos que utilizem fontes indutivas (motores elétricos, transformadores, válvulas solenóides, entre outros). Neste caso, é importante analisar três variáveis, a saber:

- Potência aparente (P_{ap}): é a potência medida pelo medidor de energia e utilizada para a tarifação;
- Potência reativa (P_r): é a potência perdida devido ao atraso da corrente na rede ocasionada pelas cargas indutivas;
- Potência ativa (P_{at}): é a potência realmente utilizada pelo sistema.

A Figura 5-18 mostra a relação entre estas três grandezas: P_{ap} , P_r e P_{at} .

Fig. 5-18: Relação entre potências Ativa, Reativa e Aparente

Fonte: Albuquerque (2001)

O fator de potência é uma das variáveis fiscalizadas pela concessionária. O faturamento da potência reativa excedente, ou seja, acima do estipulado pela portaria n^o 1.569 do DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica), que estabelece que o fator de potência seja maior ou igual a 92%, é cobrado na fatura de energia.

Segundo Albuquerque (2001), para a correção do fator de potência são utilizados capacitores instalados na cabine primária. Estes capacitores são ligados à rede em paralelo, utilizando-se chaves eletromecânicas acionadas por controladores de energia, conforme a necessidade de correção. A Equação 5.2 mostra a fórmula de cálculo dos capacitores necessários à correção de um sistema.

$$C = \frac{P_{ap}}{2 \times F \times V^2} \times (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \quad (5.2)$$

Onde:

C = Valor do capacitor, em μF ;

P_{ap} = Potência aparente;

F = Frequência da rede, em Hertz;

V = Tensão da rede, em Volts;

$\text{tg}\theta_1$ = Tangente do ângulo da reta de potência ativa atual.

$\text{tg}\theta_2$ = Tangente do ângulo da reta de potência ativa desejada.

Para isso, deve-se fazer o cálculo para algumas situações possíveis, conforme a carga que se está utilizando, e estipular o valor de cada banco de capacitores que serão chaveados conforme conveniência.

5.2.1 Viabilidade técnica

Para o gerenciamento da energia é possível utilizar vários tipos de controladores dedicados. A Figura 5-19 ilustra alguns exemplos de controladores dedicados.

Fig. 5-19: Exemplo de controladores dedicados de demanda.

Fonte: Embrasul (2003) e BCM (2003).

Estes controladores possuem características de controle tais como: número de bancos de capacitores que podem comandar, conhecidos como “estágios de comando”; alarme de sobre ou sub tensão da rede, assim como fator de potência excedente; possibilidade de comunicação via RS 485 (Modbus, Ethernet, ou modem). Vários destes podem operar ligados a um sistema de aquisição de dados em um computador e gerar gráficos, permitindo um melhor controle do sistema baseado em históricos armazenados.

Para se ter uma aplicação equivalente com CLP, pode-se utilizar o módulo de energia da empresa Atos (Cód. 4004.45). Este módulo foi idealizado para atender aplicações direcionadas ao controle e análise de parâmetros elétricos trifásicos. Integrado à família de CLPs da empresa, possibilita outras aplicações dedicadas ao controle de energia ou aplicações integradas, que também requeiram a monitoração de dados da rede elétrica, sendo capaz de leitura direta de tensões entre fases de até 260 Vca e correntes de fase de até 5 A, suportando picos de até 10 A. O usuário tem à sua disposição, todas as unidades digitais e analógicas da série MPC 4004, podendo assim implementar o controle dos processos que envolvem a medição de parâmetros elétricos. São medidos: tensão RMS, corrente RMS, frequência, potência ativa, potência reativa, potência aparente, fator de potência, consumo de energia ativa, consumo de energia reativa (valores trifásicos e por fase). São também disponibilizados os *flags*: falta de fase, inversão de fase e sentido da energia.

A Figura 5-20 mostra a aparência física deste módulo e sua interação no sistema. Para compor esta configuração são mostrados o módulo instalado juntamente com a CPU e o módulo com 16 entradas digitais e 16 saídas digitais à relê.

Fig. 5-20: Módulo de energia e aplicação equivalente com CLP.

Fonte: Atos Automação Industrial Ltda (2001).

5.2.2 Viabilidade de implantação

O equipamento dedicado, neste caso, possui pouca flexibilidade de acréscimo de funções; porém responde a todas as funções necessárias às quais foi projetado.

Os fabricantes mencionam que estes podem trabalhar em rede, mas com uma necessidade de módulos adicionais, cobrados à parte, recurso este que já está incorporado ao CLP. Este fator encarece o CLP em relação ao controlador dedicado, o que faz com que se recomende seu uso para funções mais completas, como por exemplo, a inclusão de alarmes de temperatura, nível de óleo dos transformadores, detecção e alarme de incêndio da cabine, teor de umidade do ar ambiente (que contribui para maior deterioração dos contatos elétricos), entre outras. Neste caso, o CLP faria o controle de todo o sistema elétrico.

Quanto à capacidade de pontos de controle, o CLP pode possuir mais placas de gerenciamento, com a vantagem de poder implementar pontos analógicos caso necessário, o que foge das possibilidades dos dedicados.

No sistema de supervisão, no caso do CLP, este poderia ser integrado ao sistema de controle do ar condicionado, sendo necessária apenas mais uma tela a ser programada, o que centralizaria as informações do sistema predial analisado.

5.2.3 Viabilidade de manutenção

Por serem mais acessíveis economicamente que os sistemas de CLPs, os sistemas dedicados, de qualquer fabricante, podem apresentar reserva, pois os pontos de coleta de informações são universais.

No caso do CLP, pode-se trocar apenas o módulo danificado, aproveitando o *software* já desenvolvido. No caso dos equipamentos dedicados, o usuário deverá interar-se da sua filosofia de programação, o que geralmente não é um trabalho muito complexo.

5.2.4 Viabilidade de operação

Os equipamentos dedicados são de fácil programação; no entanto, seu operador deverá possuir um mínimo de conhecimento para manuseá-lo.

Para o CLP, em caso de necessidade de ajustes, o operador tem uma ferramenta muito mais amigável na tela do supervisor. É possível identificar rapidamente problemas, principalmente os implícitos, ocasionados, por exemplo, pela queima de algum capacitor, do grupo e erros de operação já que o sistema possui vastos

recursos de mensagens de informações e orientação para a solução desses problemas.

5.2.5 Confiabilidade

Quanto à confiabilidade, os dois sistemas possuem proteções contendo o isolamento óptico do sinal, o que impede a passagem de ruídos que poderiam ser fatais ao bom funcionamento dos aparelhos. Assim como os demais aparelhos, o tempo de vida útil e a confiabilidade destes dependerá das condições de instalação e manutenção preventiva aplicada ao sistema.

5.2.6 Viabilidade de expansões futuras

Os equipamentos dedicados não toleram expansões físicas de seus sistemas. Entretanto, alguns deles permitem a interligação via rede dedicada, viabilizando uma futura expansão. No caso dos CLPs, além de poderem ser expandidos, é possível expandir apenas uma característica de interesse, como por exemplo, entradas e saídas digitais ou analógicas, e também placas de energia.

5.3 Sistemas de detecção e combate a Incêndio

De acordo com Marte (1994) e Cerberus ElectroWatt (1994), o sistema de detecção e combate a incêndio de um edifício, talvez seja um dos mais importantes deles. Esse sistema deverá possuir características especiais, sobretudo em relação à capacidade de funcionamento autônoma, mantida por baterias de emergência, mesmo que não possua mais comunicação com o sistema central de gerenciamento do edifício.

Um sistema de detecção e combate a incêndio deverá estar apto a:

- Alertar o operador do sistema sobre qualquer irregularidade no sistema;
- Gerenciar alarme de incêndio orientando usuários sobre rotas de fugas em função da posição geográfica da ocorrência;
- Supervisionar níveis de caixas d'água do edifício;
- Proceder a desenergização do setor danificado, impedindo curto-circuitos que possam contribuir para o alastramento do incêndio;
- Posicionar os elevadores no andar térreo, ou qualquer outro que dê acesso ao usuário à rota de fuga, posicionando-o posteriormente no andar imediatamente abaixo ao atingido, evitando o aumento do incêndio pelo poço do elevador;

- Acionar o sistema de insuflamento de ar nas escadas de emergência, impedindo que estas sejam invadidas pela fumaça;
- Informar aos setores responsáveis pelo combate ao incêndio, através de telefone ou rádio;
- Pressurizar a linha de água de hidrantes e *sprinklers* (difusores de água instalados no teto do pavimento).

Conforme Associação Brasileira de Normas Técnicas (1993), os sistemas de detecção e alarme de incêndio devem obedecer a NBR 9441, determinando que os projetos de sistemas de detecção e alarme de incêndio devam conter todos os elementos necessários ao seu completo entendimento, observando-se as convenções gráficas desta norma e outras complementares, dentre eles:

- Descrição de todos equipamentos integrantes do sistema e detalhes genéricos da instalação;
- Especificações dos equipamentos a utilizar;
- Trajeto dos condutores elétricos;
- Características dos materiais de instalação;
- Diagrama multifilar mostrando a interligação entre todos equipamentos aplicáveis aos circuitos de detecção, alarme e auxiliar, e entre estes e a central;
- Quadro resumo da instalação.

Conforme Spósito (1992), o posicionamento e a quantidade de estações de alarme manual e detectores são determinados segundo um projeto específico. No caso dos detectores, estes são diferenciados segundo a sua aplicação.

5.3.1 Detectores de temperatura

A Figura 5-21 mostra a área de atuação de um detector de temperatura.

Fig. 5-21: Área de atuação de detectores de temperatura.

A área de atuação para esses detectores é de 36 m² para uma altura máxima de instalação de 7 m, ou um quadrado de 6 m de lado, inscrito em um círculo cujo raio é igual a 0,7 vezes o lado deste quadrado (4,2 m).

Entre os principais detectores de temperatura estão:

- **Térmico:** tem seu funcionamento baseado no acionamento de lâmina bi-metálica que, ao atingir temperatura crítica, comuta um contato indicando a ocorrência;
- **Termo-Velocimétrico:** são ajustáveis e operam usando um par calibrado de termistores. Um termistor está exposto à temperatura ambiente e o outro está selado. Em condições normais, os dois termistores registram temperaturas similares; porém, no desenvolvimento do fogo, a temperatura registrada pelo termistor exposto aumentará rapidamente, resultando num desbalanceamento entre os termistores, o que levará o detector ao estado de alarme. A termovelocimetria está calibrada para detectar o fogo assim que a temperatura aumentar rapidamente, mas também existe um limite máximo fixo, no qual o detector passará ao estado de alarme, mesmo que o aumento de temperatura tenha sido lento. Externamente os detectores de temperatura são diferenciáveis dos de fumaça, por terem aberturas largas, que permitem um bom movimento do ar ao redor do termistor externo, também conhecido como termo-velocimétricos, conforme ilustra a Figura 5-22.

Fig. 5-22: Exemplo de detector de fumaça termo-velocimétrico.

Fonte: Ezalphi (2003).

5.3.2 Detectores de fumaça

Estes tipos de detectores devem ser empregados para uma altura máxima de 81 m² em altura máxima de 8 metros em teto plano sem condicionamento de ar.

Abrange área de um quadrado de 9 m de lado em um círculo de raio igual a 0,7 vezes ao valor do lado deste quadrado (6,3 m), como mostra a Figura 5-23.

Fig. 5-23: Detector de fumaça.

Um importante fator a ser destacado está na variação de performance dos detectores de fumaça conforme o volume de ar trocado no ambiente. Na Tabela 5-16 está a relação desta proporcionalidade, indicando a variação do número de detectores por m² em função da velocidade de troca de ar no ambiente obtida pela Equação 5.3.

$$\text{Troca de ar} = \frac{\text{Volume de ar insuflado no ambiente}}{\text{Volume do ambiente}} \quad (5.3)$$

Tabela 5-6: Variação do número de detectores por m² em função da velocidade de troca de ar no ambiente.

Troca de ar/hora	m ² por detector
60,0	10
30,0	22
20,0	35
15,0	47
12,0	58
10,0	70
8,6	81
7,5	81
6,7	81
6,0	81

A instalação de detectores de temperatura e fumaça deverá obedecer às seguintes regras (ambientes com teto liso): a distância entre detectores deverá ser no máximo igual à raiz quadrada de sua área de atuação; a distância entre um detector e a parede lateral adjacente deverá ser no máximo igual à metade das

distâncias entre dois detectores consecutivos no mesmo ambiente, conforme a Figura 5-24.

Fig. 5-24: Regras de instalação de detectores de temperatura e fumaça.

Quanto aos tipos de sensores de fumaça pode-se citar:

- Iônicos: compostos por duas câmaras ionizadas por uma fonte com baixo poder radioativo, com seu circuito eletrônico, contatos de indicação de atuação;
- Ópticos: consistem de duas unidades eletrônicas (emissor e receptor) alimentadas por 4 fios, em 24 Vcc, localizadas uma em frente a outra, cobrindo áreas de até 10 x 100 metros. Ideais para proteção contra incêndio em áreas abertas ou com teto elevado, tais como: galpões, teatros, armazéns, shoppings, entre outros.

A Figura 5-25 apresenta um sensor óptico e um exemplo de sensores de fumaça iônico/óptico, possuindo a mesma aparência.

(a)

(b)

Fig. 5-25: Sensor óptico (a) e sensor iônico e óptico (b).

Fonte: Ezalphi (2003).

Todos os detectores utilizados são interligados à central por sistema de rede em anel, no qual, em caso de ruptura, o sinal tenha um caminho alternativo para a informação de problemas, inclusive da própria avaria.

Além dos detectores existem ainda os acionadores manuais, utilizados em locais estratégicos para disparo de alarme. Estes também são inteligentes e podem se comunicar em rede juntamente com os detectores. A Figura 5-26 mostra a aparência física de acionadores manuais.

Fig. 5-26: Exemplos de acionadores manuais.

Fonte: Ezalpha (2003).

Dentre as principais características dos acionadores, pode-se citar:

- Acionador construído com fundo de metal e caixa em material plástico, sem necessidade de reposição de peças em cada operação;
- Proteção contra falsas operações;
- Contato simples ou duplo (opcional);
- Rearmável apenas por pessoal autorizado com chave ou ferramenta própria;
- Fornecido com caixa especial CX-01S para instalação aparente ou embutida.

Cada detector ou acionador manual possui um endereço e, depois de conectados à rede, devem ser configurados no controlador central. Estes podem ser interligados à central através de uma rede de protocolo proprietário, composto por um par trançado em configuração Classe B, ou seja, sem retorno, o que dificultaria a monitoração de falha em seu funcionamento ou, através da configuração de maior segurança, classe A, com retorno, onde o controlador possui o retorno de seu sinal como resposta ciclicamente, comprovando seu perfeito funcionamento.

Em um painel central, onde se localiza o controlador, está instalado um sistema de *display* que auxilia na indicação do setor em alarme, possuindo ainda uma saída para impressora para emissão de histórico de eventos. Este controlador central deve possuir saída serial para integrá-lo à rede central de informação do edifício. Com isto, o sistema central poderá obter todas as informações sobre o sistema como posição do sensor ou acionador manual violado, localização, horário de violação, pressão da rede, entre outras.

Os controladores centrais podem ser integrados ao sistema predial via *Ethernet* e, através de *Gateways*, podem se comunicar com outros elementos inteligentes. Necessitam para isso que o fabricante forneça o formato dos dados enviados e seu significado, o que muitas vezes não é possível. A Figura 5-27 mostra alguns exemplos de centrais de controle.

Fig. 5-27: Exemplos de centrais de controle.

Fonte: Ezalpha (2003).

5.3.3 Elementos de apoio do sistema

Além dos elementos de controle e detecção, todo sistema também é composto por indicadores de rotas, (cartazes e adesivos) e sirenes, que serão acionados em caso de emergência, assim como indicadores luminosos.

As Figuras 5-28 e 5-29 mostram alguns exemplos desses elementos.

Fig. 5-28: Elementos de apoio do sistema: sirene com luz de alta intensidade (a), sirene, indicador, e sirene com indicador (b)

Fonte: Ezalpha (2003).

Fig. 5-29: Exemplos de placas indicativas.

Fonte: Ezalpha (2003).

5.3.4 Viabilidade estrutural

Para efeito de comparação, será apresentado um exemplo de aplicação de um sistema de detecção e alarme de incêndio, utilizando um produto dedicado do mercado e produto de automação de processos (CLP) para o Edifício Accenture, conforme as características apresentadas na Figura 5-30.

Fig. 5-30: Especificações do edifício.

Na Figura 5-31 apresenta-se um exemplo de aplicação utilizando-se o sistema convencional. Nesta solução há a necessidade de colocação de repetidoras para a centralização dos laços dos andares, pois, caso contrário, ter-se-ia que enviar todos os laços por toda edificação, até chegar à central. Porém, neste caso, a repetidora envia apenas um sinal (contato seco) para a central, indicando que houve alguma ocorrência no andar. No segundo andar foram concentrados os laços do andar e os demais utilizados no sótão, por serem em número reduzido. Sendo assim, a central indicará qual a repetidora que detectou a ocorrência e, ao se dirigir ao andar, o usuário verificará de qual o laço foi disparado o alarme.

Fig. 5-31: Exemplo utilizando CLP.

A Figura 5-32 mostra a estrutura necessária à automação utilizando-se

equipamentos usados em automação industrial, conforme Atos Automação Industrial Ltda (2001). Nesta configuração, utiliza-se um CLP em cada andar, para receber os sinais dos laços de cada andar, fazendo-se a ligação entre eles através de sua rede ModBus, dando ao sistema a autonomia necessária à ação em caso de necessidade, pois, cada sistema é autônomo, possuindo inteligência própria.

Fig. 5-32: Exemplo utilizando sistema convencional de controle.

5.3.5 Viabilidade de implantação

O equipamento dedicado pode comunicar-se com os detectores e atuadores, fluxostatos de *sprinklers*, entre outros meios: via contato seco (normalmente aberto – NA; normalmente fechado – NF), ou através de redes.

Na utilização de contato seco, cada laço de controle (quantidade de elementos que enviarão informação sobre ocorrências sobre uma mesma área), é configurado em paralelo (se utilizar contatos tipo NA) ou em série (se for contatos tipo NF), conforme ilustra a Figura 5-33.

Fig. 5-33: Exemplo de configurações de laços de controle.

Fonte: Ezalpha (2003).

Entre as duas configurações, o sistema que utiliza os contatos normalmente fechados é o mais utilizado, pois se houver o rompimento acidental da fiação, em qualquer ponto, o sistema deflagrará o alarme, obrigando o operador a corrigir o problema. No sistema que utiliza contatos NA em paralelo, além de utilizar maior metragem de fiação, esta ocorrência somente seria notada, na falta de um alarme do sistema, em caso de sinistro.

Por outro lado, no sistema série, se algum elemento “colar” o contato, este não acusará uma eventual ocorrência sendo, neste caso, o sistema paralelo o mais eficiente. Para prevenir estas possibilidades, as centrais estão utilizando não apenas as informações de “violado ou não-violado”, mas também a medição de nível de tensão no laço, utilizando a configuração NA com resistor em série, para provocar no seu fechamento, uma queda de tensão distinguível, colocando-se no último detector, ou atuador, um resistor de valor diferente ao dos detectores, de terminação. Isto garante uma queda de tensão constante nos terminais e, cada elemento ao ser acionado, não provoca um curto circuito total, mas sim uma queda no nível de tensão do laço, isso permiti saber se houve alarme, e também, se a linha está aberta, ou em curto entre si ou com a ligação terra. No caso de se optar pela utilização de um CLP, é preciso que o mesmo efetue a função de supervisão, através de placas de saída analógica.

A Figura 5-34 mostra um exemplo de ligação de detectores e atuadores, utilizando-se placas analógicas de corrente de 0 a 20 mA, com resolução de 12 *bits* (ou seja, transforma os valores de corrente recebidos em números de 0 a 4.096, equivalente a 2^{12}). Em cada detector atuado (que também poderia ser um atuador manual), haverá uma diferença no valor de resistência total do sistema, permitindo assim que o programa possa identificar qual o detector atuado. Deve-se observar que, neste caso, o sistema possui uma resistência fixa de 3.300Ω , podendo ser instalada junto ao último detector do laço, permitindo saber se o sistema está operante, pois faz com que o CLP tenha que receber uma corrente mínima de 3,64 mA.

A Tabela 5-7 mostra um ensaio feito com um circuito real contendo nove detectores onde, a cada atuação, mostra o valor de corrente enviado ao CLP assim como o valor correspondente recebido pela placa analógica.

Através do cálculo das possibilidades de atuação de diversos detectores diferentes, é possível receber outros valores diferenciados que, neste caso, poderiam ser analisados no *software* de controle. Utilizando o método do chaveamento de resistores de valores diferenciados, poder-se-ia também se detectar fuga a terra.

Quando se está utilizando acima de cinco atuadores manuais, a legislação vigente (Instrução Técnica 19/01 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo-2003) exige que estes possuam sinais luminosos de indicação do seu bom funcionamento.

Para isso, além dos fios de informações dos contatos, cada atuador deve ser alimentado com uma tensão proveniente da fonte da central.

Fig. 5-34: Exemplo de ligação física de detectores em placas analógicas de CLP.

Fonte: Ezalphi (2003) e Atos Automação Industrial Ltda (2001).

Tabela 5-7: Simulação de atuação de detectores e os correspondentes valores lidos através do CLP.

Resistência do circuito	Detector atuado	Valor de corrente (0 a 20 mA)	Valor lido no CLP (0 a 4095)
3300 Ω	0	3,64 mA	745 (nenhum detector)
3900 Ω	1	6,71 mA	1374
4700 Ω	2	6,19 mA	1268
5600 Ω	3	5,78 mA	1184
6800 Ω	4	5,40 mA	1106
8200 Ω	5	5,10 mA	1044
10 000 Ω	6	4,84 mA	991
12 000 Ω	7	4,64 mA	950
15 000 Ω	8	4,44 mA	909
18 000 Ω	9	4,30 mA	881
1295 Ω	1 e 2	9,14 mA	1872
1052 Ω	1,2 e 3	11,4 mA	2335
911 Ω	1,2,3 e 4	13,2 mA	2703
820 Ω	1,2,3,4 e 5	14,6 mA	2990
758 Ω	1,2,3,4,5 e 6	15,8 mA	3236
713 Ω	1,2,3,4,5,6 e 7	16,8 mA	3441
680 Ω	1,2,3,4,5,6,7 e 8	17,6 mA	3604
656 Ω	1,2,3,4,5,6,7,8 e 9	18,3 mA	3748

Utilizando-se os detectores de contatos NA e NF pode-se controlar o sistema com o uso de CLP, pois cada detector, ou atuador, agirá como um sensor de processo, onde cada laço ocupará apenas 1 endereço no CLP, seja analógico ou digital.

A Figura 5-35 mostra um sistema de detecção e alarme inteligente.

Fig. 5-35: Exemplo de rede inteligente em sistema de detecção e alarme.

Fonte: Ezalpha (2003).

Quando se está utilizando detectores, atuadores manuais e demais elementos de detecção e alarme que possuam inteligência, estes se comunicam com a central via rede de comunicação, com o protocolo proprietário, especialmente desenvolvido para a troca de informações entre a central e os elementos da rede. Para estes casos, o equipamento dedicado é o mais indicado, pois possuem todas as rotinas necessárias ao bom funcionamento do sistema, ao passo que o CLP não seria uma boa solução, pois teria custo maior, devido à necessidade de desenvolvimento de protocolos para esta comunicação.

5.3.6 Viabilidade técnica

As configurações que utilizam equipamentos dedicados (centrais e repetidores), em sistemas de detecção por contato seco, podem trabalhar em conjunto com equipamentos de diversos fabricantes. Porém, para os que utilizam redes de comunicação, somente permitem trabalhar com equipamentos de mesmo fabricante dos detectores, atuadores inteligentes.

Os sistemas com supervisão, baseados em Controladores Programáveis podem se comunicar com outros fabricantes utilizando padrão industrial (*ModBus*, *Interbus*, entre outros). A vantagem é o grande número possível de laços de controle e a flexibilidade na sua programação, permitindo a implementação de rotinas excepcionais em sistemas de incêndio como, por exemplo, elaborar rotinas específicas em caso de alarme, tais como, destravamento de portas de emergência, acionamento de rotas de fuga cuidando para escolha de opção segura de evacuação conforme posição física da ocorrência, acionando sintetizadores de voz com mensagens selecionáveis para orientação.

Tanto o sistema dedicado quanto o CLP podem trabalhar com detectores e atuadores manuais de qualquer fabricante. Quanto ao equipamento dedicado que utiliza detectores e atuadores inteligentes, necessita que estes sejam configurados especialmente para a central à qual foi ligado, impossibilitando neste caso a troca de seus módulos por outros de fabricação diferente. Se houver tal necessidade, deverá ser feita a substituição do sistema completo.

Quanto aos equipamentos de automação industrial, estes não permitem a instalação de placas de fabricantes diferentes em um mesmo rack; porém estes podem ser de fabricantes diferentes e estes devem se comunicar com os demais no mesmo padrão.

Quanto à programação, por possuir rotinas prontas, o controle dedicado se mostra muito mais rápido na instalação quando não se depara com necessidades que fujam ao padrão pré-estipulado pelo fabricante. Neste caso, a utilização do CLP se torna interessante pela sua flexibilidade de modificação de parte do programa, sem que haja prejuízo das rotinas já desenvolvidas.

5.3.7 Viabilidade de manutenção

São de fácil manutenção, tanto o equipamento dedicado quanto o CLP se mostraram eficientes, pois possuem componentes encaixáveis tipo *plug-in*, permitindo a rápida troca de módulo, sem a necessidade de mão-de-obra especializada na troca de *hardware*.

Em ambos os sistemas encontram-se peças de reposição. Porém, para o caso dos equipamentos principais, como centrais e repetidoras, deve-se verificar suas características e sua compatibilidade, pois pode ter havido mudanças de projetos que os fabricantes se descomprometem a informar previamente ao consumidor.

5.3.8 Viabilidade de operação

Quando se está utilizando o equipamento dedicado, a solução é mais rápida de ser instalada e configurada, mas apresenta o inconveniente da falta de conectividade com outros sistemas, e a impossibilidade de interface com o operador através de programa supervisorio, no caso de sistemas simples. Isso é perfeitamente contornado nos equipamentos dedicados inteligentes. Na solução utilizando CLP há a necessidade de desenvolvimento inicial do *software* de controle e telas do sistema supervisorio, mas essa providência permitiria uma maior flexibilidade. Outra vantagem está na possibilidade de instalação de IHM's em qualquer ponto da rede, para informações locais, descentralizando operações do supervisorio.

Quanto ao aspecto legal, segundo informações obtidas junto ao órgão de homologação de obras, não há a obrigatoriedade de utilização de equipamentos dedicados em sistemas de detecção e combate de incêndio, desde que durante testes realizados, atendam às exigências da Instrução Técnica nº 19/01 do Corpo de Bombeiros (2003). Também foi realizada uma consulta junto às seguradoras, e a informação obtida é que para o pagamento do prêmio, em caso de sinistro, bastaria que o sistema possuísse o laudo de avaliação do corpo de bombeiros.

5.3.9 Confiabilidade

Os detectores necessitam de manutenção periódica (pelo menos a cada seis meses) e, conforme o ambiente onde foi empregado, necessita de troca pela deposição de dejetos em suspensão, tais como, fumaça de frituras, salas de

revelação, copiadoras, entre outros. Mas, o sistema de controle, tanto o dedicado como o que utiliza CLP pode possuir vida útil tão longa como o do sistema predial, ressaltando, porém intempéries, como descargas na rede, provenientes de fenômenos atmosféricos, utilização de equipamentos que induzam sinais transientes na rede de alimentação, entre outros. Em ambos os casos, um cuidado a ser tomado é a observância dos sistemas de alimentação de emergência, neste caso, baterias e *no-breaks*.

5.3.10 Viabilidade de expansões futuras

Ao se especificar equipamentos dedicados, o projetista precisa determinar o número de laços que irá utilizar e, pensando no orçamento disponível, opta por sistemas mais compactos possíveis, o que implica, em caso de expansões, na troca da central ou repetidor. Os equipamentos dedicados podem possuir de 10 a 150 laços de controle, e para alguns fabricantes de centrais, o número de laços pode ser expandido, implementando-se placas avulsas. Esta vantagem também se aplica ao se utilizar CLPs, pois, em caso de necessidade de expansão, pode-se acrescentar placas nos *racks*. Neste caso, é preciso dimensionar o *rack* (que possui baixíssimo custo) com um número maior de ranhuras, necessárias para a aplicação.

5.4 Sistemas de controle de acesso

Segundo Chalmers (1989) e Marte (1995), devido aos crescentes níveis de violência urbana, uma edificação, sobretudo comercial, deve possuir um sistema de controle de acesso de pessoas ao edifício. Este controle pode se dar pela utilização de crachás magnéticos, geometria da mão, identificador de retinas, sistemas de análise de assinatura. Para isso, é possível utilizar os seguintes processos:

- Sistema de identificação de usuários regulares: neste sistema todos os usuários possuem crachás de identificação magnéticos, que liberam catracas de acesso à entrada do edifício, e que podem conter sistema de identificação a áreas restritas. Além deste controle, também seria possível o controle de frequência de funcionários;
- Sistema de identificação de visitantes: ao se apresentar na recepção do edifício, o visitante é fotografado digitalmente e um documento seu é microfilmado. Automaticamente é emitida uma etiqueta adesiva com a foto e os dados do visitante, a ser fixada em um crachá, cuja tarja magnética é registrada no computador do controle;

- Sistema de controle de localização de pessoas: atualmente existem soluções para a localização de pessoas por meio de emissão e recebimento de sinais. O crachá que o usuário está portando é especialmente desenvolvido para a emissão de sinais (também conhecidos como *smart cards*);
- Sistema de controle de acesso a estacionamento: várias edificações já contam com este sistema. Consiste em uma cancela eletrônica que possui um emissor de *tickets* com tarja magnética, que identifica o horário e a data do acesso ao estacionamento;
- Sistema de controle por imagem: um edifício classificado como automatizado deve possuir sistema de circuito fechado de televisão (CFTV), com câmeras com capacidade de movimentação e ajuste de zoom e foco, multiplexadores que permitem visualizar várias câmeras em um único monitor, e sistema de gravação de grande capacidade de armazenamento. Este sistema pode estar integrado ao sistema de segurança, que pode posicionar automaticamente uma câmera quando perceber qualquer problema em áreas determinadas pelo usuário, realizando uma gravação contínua para análise posterior.

A automatização do sistema de acesso de um edifício pode, controlar além do controlar acesso de pessoas, e também a posição de equipamentos e veículos dentro da edificação. Isso pode se dar de diversas formas, entre elas pela utilização de crachás magnéticos, geometria da mão, identificador de retinas, sistemas de análise de assinatura.

Os primeiros controles de acesso utilizavam apenas catracas, que possuíam a simples função de contagem de pessoas. Com a evolução da eletrônica, passaram a desempenhar um papel mais importante. Ligadas as catracas a um sistema central de aquisição de dados, este informa quem passou por elas, assim como em qual momento. Para isso, utilizam-se cartões com tarja magnética, sendo estes classificados como os de menor custo entre os sistemas de acesso.

O processo de controle consiste no cadastramento de pessoas em um sistema dedicado, ligado geralmente em rede *Ethernet*, com os leitores, que podem ser apenas um painel de parede, ou com catracas que impedem o acesso de pessoas não autorizadas, como mostra a Figura 5-36.

Fig. 5-36: Exemplo de sistema de acesso com cartão magnético.

Fonte: Wolpac (2003).

Com a sofisticação dos sistemas de identificação, o mercado desenvolveu outras formas de controle de acesso, aplicando-as também para controle de mercadorias em lojas, entre outros. Seu princípio de funcionamento é baseado na utilização de TAG's (elementos que interferem em um campo magnético), e é caracterizado como um sistema de emissão e recepção de ondas magnéticas, conforme a Figura 5-37.

Fig. 5-37: Sistema de detecção de TAG's.

Fonte: Plastrom Sensormatic (2003).

Este sistema é largamente utilizado na detecção de produtos em mercados, lojas, bibliotecas, locadoras de vídeo, etc. Na Figura 5-38 é mostrado o esquema de instalação de um sistema deste tipo.

Fig. 5-38: Sistema de detecção de etiquetas.

Fonte: Plastrom Sensormatic (2003).

As etiquetas ou *Tag's* podem ser do tipo passivo ou ativo. No tipo passivo apenas influenciam no campo magnético, e estes devem estar próximos ao elemento identificador. Com a emissão deste campo magnético sobre este *Tag*, ele responde enviando um "trem" de *bits* informando seu número de identificação, conforme mostra a Figura 5-39.

Fig. 5-39: Sistema de detecção de TAG's.

Fonte: Plastrom Sensormatic (2003).

Através de *software* de gerenciamento, estas leitoras estão conectadas entre si, permitindo assim que o acesso ao ambiente seja feito de várias entradas diferentes.

Quando se tem uma situação em que se necessita de maior segurança, como por exemplo, setores sigilosos da empresa, ou, no caso em que haja a necessidade de escolta, é usual utilizar-se de duas ou mais leitoras em um acesso, separadas por um espaço razoável para que mais de uma pessoa, obrigatoriamente, tenha que apresentar seu cartão simultaneamente para a liberação de uma passagem.

Além deste procedimento, podem-se utilizar comportas (salas intermediárias entre duas portas) para a medição de peso, verificando, assim, se todas as pessoas que passaram seus cartões estão neste compartimento, certificando o sistema do número de pessoas que estão adentrando ao local.

As etiquetas do tipo ativas possuem mini-baterias de alta performance, emitem sinal de frequência a serem captados por antenas, e estão sendo incorporadas em empresas principalmente para o controle de trânsito de ativos, como por exemplo, *laptops*, ferramentas, veículos, assim como pessoas dentro da área de cobertura. Possuem o poder de distinguir o *Tag* colocado no crachá do funcionário e no elemento móvel em seu poder e comparar com sua permissão (previamente cadastrada) de portar tais objetos.

A Figura 5-40 mostra o aspecto físico de um *Tag* inteligente, assim como o sistema de antenas a serem instaladas no ambiente a ser checado.

Fig. 5-40: Aspecto de um TAG ativo (a) e sistema de antenas de localização (b).

Fonte: Plastrom Sensormatic (2003).

Os *Tag's* ativos necessitam de um receptor ligado às antenas para receber as informações e transmiti-las a um microcomputador com o *software* de controle de acesso, conforme a Figura 5-41.

Fig. 5-41: Aspecto físico de um receptor.

Fonte: Plastrom Sensormatic (2003).

Através do software de controle, o administrador do sistema terá condições de localizar qualquer elemento dentro de um edifício, podendo, por meio de acessórios, acionar sistemas de intervenção, tais como travar catracas, acionar alarmes, destravar portas entre outros. A Figura 5-42 mostra uma tela de aplicação de um programa de controle de localização.

Fig. 5-42: Tela de um programa de controle de localização.

Fonte: Plastrom Sensormatic (2003).

5.4.1 Controle de acesso por biometria

Além das etiquetas (*Tag's*), pode se controlar o acesso de pessoas, principalmente em áreas de alta segurança, por meio de sistemas que façam a identificação através de análise biométrica.

Teoricamente, quaisquer características humanas, físicas ou comportamentais podem ser usadas para a identificação de pessoas, desde que, conforme Dahab (2002), satisfaçam as seguintes exigências:

- Universalidade: significa que todas pessoas devem possuir a característica;
- Singularidade: indica que esta característica não pode ser igual para duas ou mais pessoas;
- Permanência: significa que esta característica não pode mudar com o tempo;
- Mensurabilidade: a característica pode ser medida quantitativamente.

Além destes requisitos quanto ao indivíduo, existem outros em relação ao sistema, a saber:

- Desempenho: refere-se à precisão de identificação, indiferente às condições ambientais expostas, e este pode ser medido através da medição da taxa de falsa aceitação (*FAR - False Acceptance Rate*), ou pela taxa de falsa rejeição (*FRR - False Rejection Rate*);
- Aceitabilidade: indica a disposição dos usuários em utilizar este tipo de sistema;
- Proteção: refere-se à facilidade ou dificuldade de burlar o sistema.

A análise biométrica pode utilizar diversos meios para realizar uma identificação como impressões digitais, geometria de mão ou face, retina, entre outros.

Com a biometria pode-se checar a existência de uma pessoa em uma lista branca, ou seja, a pessoa que tem autorização especial para acesso em determinado ambiente ou, numa lista negra, sendo muito utilizada em aeroportos e fronteiras na identificação de indivíduos procurados. Alguns países estão adotando passaportes que possuam as características biométricas de seu portador, para facilitar a entrada de pessoas no país, diminuindo o tempo perdido em checagens de rotina.

5.4.2 Sistema de Identificação de digitais

Dentre os sistemas de grande utilização, está o de identificação de digitais. O

sistema coleta uma imagem em três dimensões (3-D) holográfica da gema de um dos dedos de uma pessoa (de uma área de até 1,5 cm x 1,2 cm.). Nesse procedimento é medida a altura das ondulações da impressão digital, bem como a densidade da cor e do fluxo sanguíneo, definindo-se pontos aleatórios com base na análise anterior, para depois armazenar a informação (1,25 KB de espaço). Ao ser invocado, o sistema efetua a comparação em aproximadamente meio segundo e gera um registro do evento, liberando ou não o acesso. A Figura 5-43 mostra um exemplo dos pontos lidos de uma digital.

Fig. 5-43: Leitura da impressão digital e identificação de pontos básicos (a), com armazenagem dos pontos básicos (b).

Embora eficiente, o sistema de leitura de digitais tem a inconveniência de ser lento na leitura de grande fluxo de pessoas em grandes bancos de dados e esta lentidão pode aumentar se houver necessidade de checagens mais apuradas, como por exemplo, a checagem de todas as digitais de uma mão. A Figura 5-44 mostra um exemplo de leitora de digitais.

Fig. 5-44: Leitora de impressão digital.

Fonte: Plastrom Sensormatic (2003).

5.4.3 Reconhecimento da face

Este método consiste em memorizar a imagem de um usuário que ao ser checado, tem sua imagem comparada a de um banco de dados. Este método é pouco eficiente se houver a possibilidade de mudança da aparência de um indivíduo ocasionado por um corte de cabelo, ou existência de barba ou bigode, mas possui a vantagem de gravar a imagem dos autores de tentativas de fraude. A coleta de imagem pode ser feita através da webcam utilizando software de captura e armazenagem de imagens. A Figura 5-45 mostra a coleta de imagem realizada por um software do mercado.

Fig. 5-45: Software de captura de imagem.

Fonte: Plastron Sensormatic (2003).

5.4.4 Geometria

A Figura 5-46 mostra um exemplo de equipamento utilizado na leitura de geometria da mão.

Fig. 5-46: Equipamento de leitura da geometria da mão.

Fonte: Plastron Sensormatic (2003).

Este método consiste na medição do tamanho dos dedos, largura da mão, assim como sua área. Possui o menor custo em relação aos demais sistemas biométricos, e possui a vantagem da alta velocidade de checagem, pouco espaço de memória utilizada para a memorização de uma pessoa (9 bytes), e também exige pouca atenção do usuário, sendo rara a rejeição de um usuário autorizado.

5.4.5 Reconhecimento da retina

O padrão das veias da retina é a característica com maior garantia de unicidade que uma pessoa pode ter, e este padrão é analisado pelo sistema através da incisão de laser de baixa intensidade e uma câmera. O aparelho de medição possui um leitor onde o usuário deve posicionar seu olho para a verificação, conforme a Figura 5-47.

Fig. 5-47: Leitor de retina.

Fonte: Plastron Sensormatic (2003).

Este método é tão seguro que não se tem notícia de qualquer violação por usuário não autorizado. Porém, tem a desvantagem de não prever alterações na retina ocasionadas por doenças oftalmológicas como a catarata, ou doenças que o próprio usuário pode não estar ciente. Como resultado, impulsionou a pesquisa do método de análise da íris, que é menos evasiva.

5.4.6 Viabilidade técnica

Este sistema necessita utilizar obrigatoriamente equipamentos dedicados para a coleta de dados, que são eficientes e consagrados na sua função; porém, necessita de acessórios para a tomada de atitude, como por exemplo:

- Liberação ou travamento de portas de acesso;
- Ligação do sistema de iluminação e ar condicionado no momento de ingresso de um usuário em um ambiente;
- Acionamento de alarmes em caso de violação;
- Posicionamento de câmeras direcionadas ao local de violação ou exceção;
- Checagem de peso de pessoa ou pessoas em sistema de comportas, etc.

O fabricante possui estes acessórios com contatos secos de saídas que podem ser programados para o acionamento de elementos de acesso ou vigilância caracterizando-o como um sistema autônomo, mas que também poderiam ser associados a controladores de outros subsistemas, tais como ar condicionado, controle de iluminação, entre outros, caracterizados como sistemas integrados, conforme as Figura 5-48 e 5-49.

Fig. 5-48: Sistemas autônomo de controle de acesso.

Fig. 5-49: Sistema integrado de controle de acesso.

5.4.7 Viabilidade de implantação

Quanto à viabilidade de implantação, além de comandar os próprios periféricos, o sistema de acesso poderá gerar maior conforto ao usuário; por exemplo, invocando o elevador para o andar e informando o usuário da localização do elevador. No caso de usuários que não possuam horários fixos, acionar o sistema de iluminação e ar condicionado de sua sala logo que for detectada a sua presença. Para isso, o sistema integrado é o mais indicado, o que não o impede de cumprir apenas a sua função primária: o controle de acesso.

Um fator a ser analisado é a forma de integração do sistema de controle de acesso com os subsistemas do edifício. Uma das formas é utilizar-se contatos secos para a troca de informações, mas, para isso, deve-se prever que os subsistemas tenham a possibilidade de expansões futuras, mesmo que no momento da implementação estes possuam reservas de pontos.

Outra forma de troca de informação é através de rede de comunicação de dados, por exemplo, *Ethernet*. Neste caso, o cuidado a ser observado é a possibilidade de aumento de processamento dos subsistemas.

5.4.8 Viabilidade de manutenção.

Quando se trata de equipamentos autônomos, a manutenção é realizada por empresas especializadas, porém quando se trata de equipamentos integrados há a necessidade do acompanhamento dos profissionais das áreas de integração, o que pode aumentar o custo e o tempo de reparo do sistema, dependendo do defeito ocasionado.

5.4.9 Viabilidade de operação

Nos sistemas autônomos a operação é simples, pois o operador deverá se preocupar apenas com a manutenção da atualização do banco de dados gerado pelo sistema e o trato das informações obtidas. Entretanto, esta operação se torna complexa quando este também tenha que alterar, nos demais sistemas, as rotinas de procedimento em caso de detecção de um determinado usuário. Nesse caso, necessitará de maior carga horária de treinamento e necessidade de reciclagem constante, para atualização de pessoal de operação.

5.4.10 Confiabilidade

A vida útil do sistema deve ser avaliada para cada subsistema. Devido ao rápido avanço tecnológico, geralmente os equipamentos de controle de acesso são substituídos quando o custo-benefício de um novo equipamento se faz justificável devido à nova tecnologia e não pelo desgaste do equipamento.

5.4.11 Viabilidade de expansões futuras

Tanto o sistema integrado como o sistema autônomo possui possibilidade de expansões futuras, principalmente por motivo de aumento de usuários. Neste caso, deve-se analisar a velocidade de processamento necessária a esse aumento, a capacidade de memória para a guarda dos novos dados e se o sistema de detecção tem velocidade de reconhecimento para atender à nova demanda.

No sistema integrado, deve-se verificar a possibilidade de implementação de novos sinais, caso este tenha sido concebido para receber sinais digitais através de contatos secos, ou possuam velocidade de operação devido à troca de dados entre o sistema de controle de acesso e os subsistemas envolvidos.

5.5 Sistema de circuito fechado de televisão – CFTV

Existem dois sistemas básicos de circuito fechado de televisão, também conhecida pela sigla CFTV: sistemas analógicos e sistemas digitais.

No sistema analógico, os sinais captados por uma câmera são armazenados em fitas magnéticas, no mesmo padrão que é utilizado nos vídeos cassetes. Este sistema era útil apenas para mero armazenamento de imagens, e apresentavam a desvantagem de oferecer baixa velocidade, quando da necessidade de localizar eventos dentro de um período de gravação. Alguns sistemas analógicos permitem a conversão do sinal de vídeo para sistemas digitais, o que permitia a gravação do mesmo em mídia, como por exemplo, VCD. A grande vantagem deste sistema está no seu baixo custo e simplicidade de instalação e operação. Pode ser utilizado em sistemas multiplexados, permitindo a utilização de até 16 câmeras. Seu módulo de multiplexação pode receber sinais de alarme que, ao ser acionado, prioriza o registro de determinada câmera aumentando a sua resolução de gravação. A Figura 5-50 mostra o princípio de funcionamento do sistema analógico.

Fig. 5-50: Exemplo de sistema analógico de CFTV.

Com a evolução tecnológica da área, apareceram os captadores de imagem digitais. A imagem digital é composta por *pixel* (menor ponto de uma imagem), onde cada centímetro é formado por vários *pixels*. São compostos de pastilhas de silício que possuem a propriedade de transformar um conjunto de *pixels* em um número binário. A Figura 5-51 mostra a título de exemplo o princípio de construção de um conjunto de *pixel* monocromático.

Imagem

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	○	○	○	●	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○	○	○	○
4	●	○	○	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○	○	○	○
6	○	○	○	○	○	○	○	○
7	○	○	○	○	○	○	○	○
8	○	○	○	○	○	○	○	○

Valores armazenados

End.	Valor
1	00010000
2	00110000
3	01110000
4	11110000
5	01110000
6	00110000
7	00010000
8	00000000

Fig. 5-51: Exemplo de captura de imagem de um conjunto de *pixel*.

Logicamente, esta é uma representação simplificada, pois, além da informação do pixel acionado, necessita-se a informação de intensidade e tonalidade de cor.

Como são transformadas em sinais digitais, estas imagens podem ser submetidas a sistemas de compactação e, com isso, utilizar menor capacidade de memória possível, para permitir a armazenagem de um grande número de imagens. Outra grande vantagem de se trabalhar com sinais digitais, é que o usuário pode contar com mecanismos de busca de imagens de câmeras estáticas, delimitando áreas para análise de alteração de imagens previamente destacada, via *mouse*, como ilustra a Figura 5-52.

Fig. 5-52: Exemplo de busca de imagem.

Fonte: Plastrom Sensormatic (2003).

Além deste recurso, um sistema de CFTV digital pode receber até 16 sinais digitais de entrada *TTL/CMOS*², para acionar recursos como, por exemplo, posicionamento de determinada câmera para a posição pré-programada, modificar a qualidade de gravação de determinada câmera, entre outros. Também os sistemas podem possuir até 16 contatos de saídas presetáveis pelo usuário, para que o sistema de CFTV envie comandos a outros dispositivos para, por exemplo, acionar alarmes sonoros, travar ou destravar portas, liberar catracas, entre outras funções.

²- Sinais *TTL/CMOS* são padrões de sinais elétricos, onde:

- A família *TTL* utiliza 0 Volt para indicar sinal baixo e 5 Volts para indicar sinal alto;
- A família *CMOS* utiliza 0 Volt para indicar sinal baixo e 5 a 18 Volts para indicar sinal alto.

Outros parâmetros também são encontrados em sistemas de CFTV digital:

- Um recurso deve permitir a definição de áreas-alvo dentro do campo de visão de uma ou mais câmeras de vídeo conectadas ao sistema. Filtros selecionados pelo operador para proteção de perímetro, detecção de movimento, ou alterações no nível de iluminação, devem controlar a gravação de atividades dentro dessas áreas, podendo inclusive disponibilizar a seleção de filtros, tanto para operação diurna, quanto noturna;
- O sistema deve permitir que o operador selecione a polaridade de entrada de alarme para cada entrada individual. A unidade deve aceitar sinais de entrada de alarme TTL/CMOS de tipo alto ativo e baixo ativo;
- O gravador digital deve permitir uma taxa de exibição global, de um segundo à dois minutos de duração, para a exibição de todas as entradas de vídeo em seqüência;
- Quando em alarme, o sistema permite que o operador selecione a duração da resposta a alarme da unidade, de um mínimo de cinco segundos a um máximo de cinco minutos, e deve permitir que o operador selecione dentre uma gama de respostas de alarme, incluindo perda de vídeo, exibição de mensagem de alarme na tela, travamento de alarme (exigindo a liberação manual do alarme) e energização da saída de alarme 16 (além da saída de alarme da câmera associada), fazendo a indicação e gravação de histórico de mensagem de alarme;
- Ferramentas de reprodução opcionais podem fornecer os meios de realçar qualquer imagem armazenada, para exibição ou saída em uma impressora conectada. Este conjunto de ferramentas deve incluir realce de imagem, aumento da nitidez da imagem, controle de brilho e contraste, e controle de matiz saturação e luminosidade da imagem;
- As imagens armazenadas no banco de dados devem ser identificadas, para permitir a busca e recuperação por tipo de evento ou imagem. As pesquisas devem poder ser especificadas por alarme, número da câmera, data, hora, tipo de evento (por exemplo, perda de vídeo) ou filtro (opcional). Os resultados da busca devem ser fornecidos em uma lista rolável, que permita a seleção para exibição;
- Um recurso de tempo de vida dos dados deve permitir que o usuário exclua dados com base em critérios definidos pelo usuário, em nível de sistema ou câmera a câmera.

Geralmente, os sistemas de CFTV digitais atendem aos seguintes aspectos, quanto aos recursos de processamento de sinais e comunicação da unidade:

- Documentos para o padrão *NTSC* — padrões recomendados pelo *EIA RS-170* e *RS-170a*;
- Documento para o padrão *PAL* — relatório 624 do *CCIR: Characteristics of Television Systems*;
- *EMC* (compatibilidade eletromagnética, emissões e imunidade) — *FCC* parte 15b, classe A: *Conducted and Radiated Emissions*; *EN50130-4 -1996: Immunity Requirements for Components of Fire, Intruder and Social Alarm Systems*; *EN55022 - 1995: Conducted and Radiated Emissions*; *EN61000-3-2 - 1995: Power Line Harmonics*; *EN61000-3-3 - 1995: Power Line Flicker*;
- Segurança — *UL1950, CUL1950, 3ª edição*; *EN60950 - 1992, emendas 1, 2 e 3*;
- Durante a operação do sistema, ou sua configuração em modo de programação na tela, a saída de exibição *SVGA* produz um fundo preto sólido sobre o qual a interface gráfica do sistema será exibida. A saída exibida quando múltiplas entradas de vídeo forem mostradas; é composta de janelas de tamanhos e valores de intensidade iguais, em modos de vídeo e de reprodução normais.

5.5.1 Viabilidade de implantação

Quanto aos sistemas de CFTV, o nível de utilidade de seus recursos dependerá da sua integração junto a outros sistemas, idealizado pelo projetista do sistema. A integração dos sistemas, na maioria das vezes não é colocada em prática, pois, geralmente são projetados e instalados em momentos diferentes, ou planejados por projetistas diferentes. O sistema de CFTV pode ser integrado com o sistema de controle de acesso, para filmagem de usuários posicionados nas áreas de detecção; no sistema de incêndio para fornecer imagens da área de alarme; ao sistema de elevadores para posicionamento dos mesmos na detecção de presença de pessoas; no sistema de ar condicionado, para acionamento do mesmo na percepção da chegada do seu usuário, através da sua imagem; entre outros.

A Figura 5-53 mostra um exemplo de sistema de CFTV e sua integração com outros sistemas, seja ele dedicado à sua finalidade, ou onde se aplicam soluções alternativas, como o CLP.

Fig. 5-53: Exemplo de um sistema de CFTV.

Fonte: Plastrom Sensormatic (2003).

5.5.2 Viabilidade técnica

Em termos de custo, tanto a solução dedicada autônoma quanto a solução que integrada a outros sistemas, apresentam custos de investimento bem próximos, porém, a inconveniência está na necessidade do trabalho em equipe, do pessoal de instalação do sistema de CFTV, com o pessoal dos demais subsistemas. A adoção de um único gerenciamento de implantação do sistema de automação para o edifício como um todo pode resolver este problema de logística.

5.5.3 Viabilidade de manutenção

Um sistema integrado deste tipo não apresentaria maiores problemas de manutenção, além dos problemas normalmente encontrados em sistemas autônomos. Para isto, é necessário um plano de manutenção preventiva adequado, principalmente se está utilizando câmeras móveis, que requerem maiores cuidados e um procedimento de gerenciamento de *backup* de imagens

consistente, que armazene o maior número de dados possíveis dentro das limitações do equipamento escolhido. No sistema integrado é imprescindível que possua sistema de *bypass* de sinais de alarmes para que, em caso de sinais errados proveniente de outros sistemas em defeito, este não atrapalhe o bom funcionamento do sistema de CFTV.

5.5.4 Viabilidade de operação

A operação de sistemas de CFTV dedicados integrados não apresenta maiores dificuldades de operação, porém, com a chegada de sistemas inteligentes, se faz necessário o treinamento de pessoal junto aos fabricantes. Quanto à operação dos sistemas integrados que dependem de sinais digitais enviados pelo sistema de CFTV, o operador deverá estar ciente quanto às conseqüências do manuseio errôneo em operação manual destes sinais, ocasionando, por exemplo, o trancamento de portas, acionamento de alarmes, entre outras possibilidades.

5.5.5 Confiabilidade

O fato de este sistema estar integrado a outros, através de sinais digitais, o isenta como um todo da influência do tempo normal de vida útil informado pelo fabricante dos demais sistemas. Sua confiabilidade está condicionada ao tipo de equipamento utilizado, como por exemplo, as câmeras instaladas e sistemas de gerenciamento de imagens, que devem possuir capacidade de armazenamento suficiente à demanda da realidade de sua aplicação.

5.5.6 Viabilidade de expansões futuras

A possibilidade de expansões futuras deve ser condicionada à probabilidade de aumento da edificação, ou ambientes de rastreamento. Como o número de canais de monitoração de multiplexadores é restrito a 16 canais, caso haja necessidade, a quantidade de câmaras instaladas pode ser aumentada colocando-se multiplexadores em cascata, conforme a Figura 5-54.

O sistema é aplicado quando se deseja apenas a varredura, não sendo aplicado à gravação. Quando se tem um número muito elevado de câmeras para gravação, aconselha-se a colocação de, pelo menos, um sistema de gravação para cada 16 câmeras.

Fig. 5-54: Sistema de expansão de monitoramento de câmeras.

5.6 Sistema de transporte vertical – elevadores

O elevador foi o primeiro elemento inteligente aplicado à automação predial (MARTE, 1995). Como todo elemento dedicado, este sistema possui estrutura com concepção de controle própria e, como tal, não é aberta a outros sistemas, a não ser através de contratações especiais entre cliente e fabricante.

Existem vários fabricantes de elevadores no Brasil, cada um com sua tecnologia dedicada. A título de exemplo, será abordado o funcionamento dos elevadores da empresa OTIS.

Para melhor compreensão, com base em Otis (2003), a descrição do sistema será efetuada conforme os seguintes itens: painel de comando, placa de controle, sistema de motorização, cabine de passageiros.

5.6.1 Painel de comando

O elevador possui um painel de comando, geralmente instalado no sótão do edifício, denominado sala ou casa de máquinas, e é o responsável pelo controle do sistema. A Figura 5-55 mostra a identificação dos elementos do painel de comando.

Fig. 5-55: Painel de comando de um elevador.

Fonte: Elevadores Otis (2004)

A identificação dos elementos da Figura 5-55 é feita a seguir:

1. Placa de controle geral: responsável pela “Inteligência” do elevador. Possui a função de administração das chamadas, faz o controle de dois canais seriais de comunicação, diagnóstico de problemas e controle dos demais elementos do sistema;
2. Régua de conexão: através destes conectores, o painel de controle recebe e envia os sinais ao sistema do elevador, assim como para sistemas externos como sinais provenientes de sistemas de detecção e alarme de incêndio, entre outros;
3. Chaves magnéticas: são utilizadas para liberação do freio, a habilitação do funcionamento do motor e a alimentação dos sistemas de portas;
4. Resistências de regeneração: resistores utilizados para absorver a energia despendida pelo motor durante corridas descendentes, impedindo que esta energia seja enviada ao inversor de frequência que controla o motor, evitando assim danos elétricos ao sistema;
5. Local destinado à instalação do inversor de frequência de controle do motor.

5.6.2 Placa de controle

Todo o sistema é comandado por uma placa chamada *LCB* (*Locomotion Car Board*), que significa, placa de controle de locomoção do carro. Esta placa controla diretamente o inversor de frequência, caixas de controle manuais, entre outros, através de entradas e saídas digitais locais, assim como, comanda módulos endereçáveis, conhecidos como *RS* (*Remote Stations*), que significam estações remotas (a serem explicadas mais adiante). A Figura 5-56 apresenta um detalhe de uma placa *LCB*.

Fig. 5-56: Detalhe de uma placa *LCB*.

Fonte: Elevadores Otis (2004)

As RS possuem 4 entradas e 4 saídas digitais, e podem ser programadas para receber em suas entradas. Por exemplo, o sinal da botoeira de chamada do andar e nas suas saídas o sinal luminoso que é ativado quando se faz uma chamada. O sistema pode comportar até 60 RS, e cada uma possui um endereço específico no sistema selecionável, por meio de micro-chaves. A Figura 5-57 mostra a aparência física de uma RS.

Fig. 5-57: Estação Remota (RS).

Fonte: Elevadores Otis (2004)

O sistema todo é parametrizável, ou seja, pode ser configurável para operar em diversas situações, através de um aparelho denominado URM (Unidade Remota de Monitoração). Através da URM o instalador pode ajustar parâmetros, tais como: número de andares do edifício; configuração de qual pavimento será o andar térreo; velocidade de tráfego das corridas; qual andar o elevador deverá se dirigir em caso de alarme incêndio; privilégio de atendimento de chamadas, entre outros. A Figura 5-58 mostra detalhes de uma URM.

(a)

(b)

Fig. 5-58: Vista frontal de uma URM (a). Configuração de um elevador utilizando-se uma URM (b).

Fonte: Elevadores Otis (2004)

5.6.3 Sistema de motorização

Além do controle do sistema, os elevadores se diferenciam de acordo com a capacidade de carga para a qual foi projetado. O motor utilizado no sistema pode variar entre 5, 9, 15, 22, 27, 32, 40 ou 44 kW de potência e pode deslocar a cabina a velocidades que variam entre 0,25 a 10 m/s (metros por segundo).

A Figura 5-59 mostra exemplos de motores empregados em elevadores. No exemplo (b) pode-se observar uma nova tendência, onde o motor é instalado diretamente no poço do elevador, dispensando a necessidade da casa de máquinas, otimizando o espaço útil em coberturas em um edifício.

(a)

(b)

Fig. 5-59: Motor de elevador instalado em casa de máquinas (a). Motor instalado no poço do elevador dispensando a casa de máquinas (b).

Fonte: Elevadores Otis (2004)

Para controlar os motores, são utilizados inversores de frequência, dedicados especialmente à aplicação em elevadores, pois controlam com perfeição curvas de aceleração e desaceleração, contribuindo sensivelmente no conforto da viagem dos usuários. Assim como as placas LCB, os inversores também são parametrizáveis, através da utilização da URM, onde o instalador pode informar ao inversor, entre as diversas informações possíveis: o número de paradas do edifício para que este faça a contagem de sensores de andar e possa detectar qualquer falha dos mesmos; distância entre os sensores, já que em cada andar existem pelo

menos 2 sensores para nivelamento do carro no andar; velocidade do motor; distância entre andares; curva de aceleração e desaceleração; entre outros. A Figura 5-60 mostra a aparência física dos inversores utilizados no controle de motores de um elevador.

Fig. 5-60: Inversor de frequência sem a tampa (a) e com a tampa de proteção(b).
Fonte: Elevadores Otis (2004)

5.6.4 Cabine de passageiros

Na cabine de passageiros tem-se os seguintes elementos: botões de chamada onde cada 4 botões ocupam as 4 entradas e saídas de uma RS; indicador de andares, também comandado por RS; sinais de indicação de alarme, como por exemplo, serviço de bombeiros; botões de abertura e fechamento de portas; botões de cancelamento de chamadas; sensores de andares (em cada andar é instalado apenas uma aleta de posição, já que os sensores óticos estarão instalados fisicamente na cabine); caixa de comando manual instalada no teto da cabine para operação de manutenção.

Toda a alimentação da cabine é proveniente de um cabo de manobra, composto por vários fios acomodados em capa flexível, para acompanhar a corrida do carro em todo seu trajeto, conforme as Figuras 5-61, 5-62 e 5-63.

Fig. 5-61: Aspecto do painel interno da cabina (a). Vista do painel interno desmontado (b).

Fonte: Elevadores Otis (2004)

Fig. 5-62: Teto da cabina (a). Comando manual da cabina (b).

Fonte: Elevadores Otis (2004)

Fig. 5-63: Vista do teto da cabina (a). Vista dos sensores óticos de andar (b).

Fonte: Elevadores Otis (2004)

5.6.5 Integração a outros subsistemas

Por ser um sistema de altíssima confiabilidade, não é recomendável o controle de elevadores utilizando-se CLP, pois os sistemas dedicados ao transporte de passageiros exige placas dedicadas como apresentado anteriormente (Placa LCB-II) com funções de segurança e emergência bem definidas com controle de redundância. O CLP poderia ser empregado na função de controle de elevadores de cargas por ser uma aplicação mais isenta de risco. Sendo assim, neste capítulo não será feita a análise sistêmica como a utilizada nos capítulos anteriores, mas serão mostradas as possibilidades de integração a outros subsistemas de uma edificação.

Um dos meios para se comunicar com outros subsistemas é a utilização de sinais de entrada, ou saída de RS. Para isto, através da URM, deve-se parametrizar, além do endereço da RS, o número do *bit* a ser usado e o sinal que será enviado ou recebido. A Tabela 5-8 mostra alguns sinais que podem ser programados e manipulados via RS.

Tabela 5-8: Sinais que podem ser trocados entre um elevador e um CLP ou outro controlador qualquer.

Nome	Descrição	Tipo (E/S)
NAV	Elevador não está pronto para operar	Saída
OLD	Elevador está com excesso de carga e não se movimentará	Saída
CTL	Enviar carro para o térreo	Entrada
LNS	Elevador não atenderá a chamada, pois está com excesso de peso	Saída
DBF	Defeito no inversor de frequência	Saída
EPO	Envia carro para andar de segurança em caso de incêndio	Entrada
ISS	Serviço independente. Atende somente ao comando do carro	Entrada
DOS	Indica que está com a porta aberta	Entrada
COR	Indica que o carro se perdeu e está se corrigindo fazendo corrida até o térreo para se referenciar	Saída
IDL	Indica que o sistema está para a espera de chamadas	Saída

Além do sistema de comunicação via RS, o elevador poderá contar com sistema de integração, conhecido como *EMS (Elevator Management System)*, que significa Sistema de Gerenciamento de Elevadores.

O sistema *EMS* é composto por um conjunto de equipamentos que se destinam a monitorar e controlar elevadores remotamente, divididos em grupos dentro de um edifício. Sua função primordial não é a de controlar o tráfego dos elevadores, mas possibilitar a observação e interferência humana no processo automático de

despacho de chamadas, de cada um dos controles dos elevadores. Sua utilização merece destaque nos chamados edifícios de elevada tecnologia, onde o nível de automação predial é bastante abrangente, e o EMS poderá demonstrar toda sua potencialidade de ferramenta de segurança e controle de acesso, possibilitando mais conforto e tranquilidade ao usuário.

Utilizando o EMS é possível fazer uma contínua observação da situação dos elevadores de um edifício, podendo-se minimizar eventuais inconvenientes aos usuários, além de registrar toda a movimentação dos elevadores e todas as ocorrências de eventos e alertas, para que possam ser gerados relatórios de performance dos equipamentos, auxiliando ainda na manutenção dos elevadores.

Pode-se controlar a operação dos elevadores abrangendo todas as funções interativas e de segurança que possam ser acionadas remotamente para, por exemplo, um uso especial de emergência, ou mesmo para se designar um elevador para uma operação de carga e descarga, ou como um poderoso elemento de controle de acesso à edificação.

Através deste sistema, pode-se visualizar facilmente a posição e sentido de movimento de cada um dos elevadores, andares com chamada, andares liberados para acesso aos passageiros, andares bloqueados (ou com acesso restrito) estados das portas, carga na cabina, modo de operação do controle, além de ocorrências consideradas como eventos ou alarmes. Todas as informações são continuamente atualizadas, permitindo-se tomar decisões baseadas em dados precisos.

O sistema é composto de uma placa de interligação entre os controles eletrônicos dos elevadores, chamada de ICSS (*Information Control Subsystem*) ou Controle de Informações de Subistemas, que significa que é o subsistema responsável pelo controle do fluxo de informações, e que está conectada a todos os elevadores de um mesmo grupo e é por onde o sistema coleta dados e introduz comandos sobre os controles dos elevadores.

A Figura 5-64 ilustra o ICSS interligado ao sistema de controle de elevadores intermediando sua comunicação.

Fig. 5-64: ICSS intermediando a comunicação entre elevadores

É importante lembrar que o EMS não é o elemento diretamente responsável pela operação normal dos elevadores, nem por suas funções automáticas, tais como, zoneamento e transferência de chamados entre diferentes carros, mas sim é um elemento a mais na ligação entre os controles, introduzindo comandos a serem atendidos e interpretados por cada um dos elevadores.

Além da ICSS temos outros componentes no sistema, onde destacamos a Unidade Remota de Controle (RCU), ou estação de segurança, e os terminais de casa de máquina e de sala de prevenção de incêndio.

A RCU é composta por uma interface de comunicação instalado em um microcomputador padrão IBM-PC. Usualmente é instalada em uma central de operações do edifício, que integra também, a central de segurança, e daí o nome estação de segurança.

Já os terminais da casa de máquinas e da sala de prevenção de incêndio são subsistemas ligeiramente mais simples, que se assemelham a RCU, mas se limitam a algumas funções. Estes subsistemas são opcionais do EMS e podem ter sua operação baseada neste mesmo documento, excetuando-se algumas particularidades.

A RCU apresenta uma aquisição interativa de dados do sistema, possibilitando uma comunicação de duas vias com os grupos de elevadores. Fornece um gráfico ou uma descrição tabular das informações para todos os grupos de elevadores conectados ao sistema. A Figura 5-65 mostra a representação e a configuração típica do EMS.

Fig. 5-65: Representação da configuração típica do EMS.

Fonte: Otis (2003).

A Figura 5-66 mostra a tela principal do controle EMS, onde o operador pode monitorar em detalhes a situação dos elevadores do edifício.

Fig. 5-66: Tela principal do controle EMS.

Fonte: Otis (2003).

Segundo informações pesquisadas, o uso dos sinais de RS para troca de informações entre o sistema de elevadores e os demais subsistemas é a mais econômica, mas possui muitas limitações, como por exemplo, a falta de comandos que indiquem o andar atual de determinado carro, influenciando no tempo de abertura de portas, que seriam perfeitamente possíveis se utilizasse EMS. Neste caso, o custo seria sensivelmente maior. No entanto, poderia delegar ao administrador do sistema de automação, o total controle sobre o tráfego de elevadores e a possibilidade de obtenção de relatórios de performance, possibilitando a otimização do seu uso e, permitindo assim, uma grande economia de energia elétrica.

5.7 Sistemas de telecomunicações

O sistema de telecomunicações de um edifício (voz e dados) deve ser bem elaborado para atender plenamente as necessidades dos usuários.

Na concepção do projeto de edificações modernas, deve-se considerar a possibilidade elaboração de qualquer tipo de *layout* de ambiente. Por isso, todos os pontos de telefonia e redes devem permitir várias situações impostas pelo usuário.

O sistema de controle do sistema de telefonia deve possuir vários recursos, que permitam desde ligações internas e externas, assim como, a inteligência de transferência de recebimento de chamadas; espera automática de desocupação de um ramal com o qual se deseja comunicar; secretária eletrônica centralizada, em ligações externas; a escolha de ramal automática.

O sistema pode ser integrado aos demais, como por exemplo, o acionamento do serviço de corpo de bombeiros em caso de ocorrências.

5.8 Sistemas de sonorização

Este sistema poderá englobar desde a sonorização de música ambiente, como também, ser fator determinante em caso de emergência para a orientação de rotas de fuga, envio de avisos à determinada área, ou a todo o edifício, com seu controle de volume controlado automaticamente dentro de cada ambiente, desde elevadores, até salões de frequência pública. Embora pouco valorizado, pode influenciar diretamente na produtividade do usuário do sistema, contribuindo para o conforto ambiental.

5.9 Administração do sistema

Para serem classificados como edificações inteligentes, todas as funções disponibilizadas para o bom funcionamento de um sistema predial devem ser monitoradas e controladas. De acordo com Betoni (1985) e Castro Neto (1994), a gestão do sistema predial deverá ser capaz de:

- Verificar o consumo acumulado e instantâneo de variáveis como água, energia elétrica (potência consumida), fator de potência, frequência, temperaturas, pressões, vazões;

- Verificação em tempo instantâneo e a possibilidade de acionamento em elementos, tais como, bombas, compressores, posicionamento de elevadores, sistemas de segurança, sistemas de conforto;
- Emitir relatórios baseados em históricos armazenados, tais como, falhas, frequência de usuários, ligações telefônicas executadas, estatísticas de utilização de diversos equipamentos, consumo de energia, água e gás, do edifício;
- Possibilidade de otimização de funcionamento do sistema, permitindo a alteração de *setpoint* de variáveis, programação de energização e desenergização de elementos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o estudo e a análise de aplicações utilizando-se elementos dedicados à automação predial, bem como sua possível substituição utilizando-se elementos de controle que até então eram utilizados mais largamente no controle de processos – CLPs, é possível tecer algumas conclusões a respeito.

6.1 Estrutura de *software*

Neste ponto, o CLP possui a vantagem de poder trabalhar com um padrão *IEC 6113*, que padroniza todos os operandos utilizados na linguagem, o que torna viável a substituição de *hardware* entre equipamento de fabricantes diferentes, mas tem como desvantagem, a necessidade de maior competência do programador para a elaboração do programa.

A vantagem do sistema dedicado está na facilidade de programação, pois possui uma interface mais amigável para o operador, trabalhando-se com blocos prontos, onde o usuário apenas estabelece seus parâmetros. A desvantagem está na limitação de elaboração de lógicas de “exceção” do sistema (rotinas que não estavam definidas no *software* do fabricante), pois, em muitos casos, exige-se que a estrutura do programa seja totalmente modificada.

Quanto ao programa supervisor, o sistema que utiliza CLP possui a vantagem de comunicar-se com diversos fabricantes de CLP, e também com vários outros fabricantes de programas supervisor, limitando os sistemas dedicados, pois cada sistema pode comunicar-se apenas com o supervisor de uma mesma marca.

Os equipamentos dedicados podem oferecer *gateways* para disponibilizar a outros sistemas algumas informações previamente estipuladas. Porém, não podem se conectar a outros fabricantes em um mesmo sistema. Por exemplo, no sistema de ar condicionado não é viável substituir os elementos de entradas e saídas de um andar de uma fabricante por outro, pois seus *softwares* não são compatíveis, e ter-se-ia que implementar módulos de tradução de informações entre os mesmos, tornando o andar autônomo quanto ao seu funcionamento. Utilizando-se um CLP, por possuir processamento distribuído, isto seria totalmente possível, bastando apenas utilizar um padrão de comunicação padrão de fabricantes, tais como, o *Profibus*, o *Modbus*, o *Interbus*, entre outros.

6.2 Estrutura de hardware

Embora possua módulos de entrada e saída, como o CLP, o sistema dedicado não possui a mesma proteção que o CLP, quanto ao isolamento galvânico que impede a queima de um canal e os sistemas interligados, caso haja a ligação de sinais errôneos.

Os sistemas dedicados possuem a possibilidade de oferecer módulos híbridos, contendo apenas o número de entradas e saídas digitais, ou analógicas, especificadas pelo usuário. Por exemplo, o usuário pode solicitar um módulo contendo: 3 entradas digitais, 2 saídas digitais, 5 entradas analógicas e 2 saídas digitais (no total de até 16 pontos). No caso do CLP, este possui placas com pontos de tipo e número pré-determinados. Este fator pode ser decisivo na necessidade de expansão de sistemas, pois, neste caso, o módulo dedicado não mais poderá atender à necessidade do subsistema em que será empregado.

Quanto ao espaço físico ocupado, os módulos de sistemas dedicados podem ser instalados diretamente em *shafts*, ocupando menor espaço físico, enquanto que o CLP necessita, eventualmente, de caixa de instalação com borneiras para a sua ligação ao sistema, demandando maior tempo e mão-de-obra na instalação.

6.3 Viabilidade de aplicação

A viabilidade de aplicação não pode ser baseada apenas em custos, pois se pode deparar com realidades diferentes, dependendo da obra em que se está aplicando a tecnologia. Muitas vezes, o custo real de uma configuração pode ser irreal motivado por interesses comerciais, sobretudo de quem está fornecendo o sistema. Por exemplo, se determinada companhia está interessada em vencer a concorrência de um empreendimento na área de condicionamento de ar, que para ela seria mais lucrativo, pode implementar na sua proposta comercial a possibilidade de instalar o sistema de alarme de incêndio abaixo do custo de mercado, ou, se o número de pontos a serem controlados forem de número expressivo, o custo do pacote considerará um custo por peça muito abaixo do que se a mesma for adquirida separadamente, descaracterizando o comparativo “custo” na aplicação.

O fator determinante deverá estar ligado principalmente ao atendimento das necessidades dos usuários e de projeto, sem a possibilidade de superdimensionar ou subdimensionar um sistema. Esta característica, muitas vezes, coloca os sistemas dedicados em situações de patamares, separando os recursos disponíveis que logicamente influenciam no custo do equipamento, impondo situações nas quais o usuário terá que pagar por recursos que nunca utilizará, ou ainda necessite de implementar recursos que não estão disponíveis na classe de equipamento que ele adquiriu, mostrando que, neste caso, a proposta da utilização do CLP na automatização de sistemas prediais possa ser viável.

De qualquer forma, para que isso possa ser uma realidade, a utilização de CLPs no controle de sistemas prediais, ainda requer a adequação de certas deficiências, como por exemplo, o aumento do tempo dedicado a etapa de projeto, contornável se houver o envolvimento dos fabricantes na elaboração de biblioteca de rotinas padrão para controle de subsistemas, tanto na área de CLP como de programas supervisorio. Verificou-se que após algumas pesquisas junto aos fabricantes, no intuito de abrir novos mercados, estes se mostraram dispostos a contribuir, desde que haja a realidade da demanda, o que dependerá da pré-disposição de aplicação deste sistema pelo projetista.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, R. O. **Circuito em corrente alternada**. 5. ed. São Paulo: Érica,. 2001. 265 p.

ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica. Apresenta dados e outras informações sobre a geração e distribuição de energia elétrica. Brasília. Disponível em: <www.aneel.gov.br>. Acesso em: 15 dez. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9441**: projeto de norma do sistema de detecção e alarme de incêndio. Rio de Janeiro, 1993.

ATOS AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL LTDA. **Manual técnico hardware**. São Paulo: [s.n.], ago. 2001. Ref. 3-0019.21S. Ver. 2.1S. v.1. 148 p.

BCM. Apresenta dados e outras informações sobre equipamentos para automação industrial. Disponível em: <<http://www.bcmautomacao.com.br>>. Acesso em: 20 dez. 2003.

BETONI, R. L. **Projeto de um sistema de supervisão e controle predial**. 1985, 210 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1985.

BRADLEY, A. **Manual técnico de montagem e instalação de controladores lógico-programáveis**: família CLP-5. São Paulo: [s.n.], 1994, 247 p.

CHALMERS, J. Planning intelligent buildings. **Communications Engineering International**, [s.l.], v. 2, n. 7, p. 24-28, ago. 1989.

CASTRO NETO, J. S. **Edifícios de alta tecnologia**. São Paulo: Carthago & Forte, 1994. 174 p.

CARRIER. **Manual técnico**. São Paulo: [s.n.], 2001. Ver. 2.11. 235 p.

CERBERUS ELECTROWATT. **Sistema de detecção e alarme de incêndio**: manual técnico. São Paulo: [s.n.], 1994. 167 p.

DAHAB, R. Tecnologias para comércio eletrônico. Texto de aula disciplina MP205 Campinas. Disponível em: <www.ic.unicamp.br/~rdahab>. Acesso em: 14 maio 2003.

EZALPHA. Apresenta dados e informações técnicas sobre equipamentos para sistemas de detecção e alarme contra incêndio e supervisão predial. Rio de Janeiro. Disponível em: <www.ezalpha.com.br>. Acesso em: 24 nov. 2003.

EMBRASUL. Apresenta dados e outras informações sobre medidores e controladores eletrônicos de energia. Porto Alegre. Disponível em: <www.embrasul.com.br>. Acesso em: 01 dez. 2003.

HARKOPF, V. et al. An integrated approach to design and engineering of intelligent buildings: the intelligent workplace at Carnegie Mellon University. London, jun. 1997. Disponível em: <www.elsevier.com>. Acesso em: 18 fev. 2003.

MARIOTONI, C. A.; ANDRADE, E. P. **Descrição de sistemas de automação predial baseado em protocolos PLC, utilizados em edifícios de pequeno porte e residências. Campinas. Disponível em:** <www.ctai.senai.br/divulgacao_revista20021_artigo8.html>. Acesso em: 25 fev. 2003.

MARTE, C. L. **Estudo e análise das unidades funcionais remotas no controle distribuído em processo de automação predial.** 1994. 171 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.

_____. **Automação predial:** a inteligência distribuída nas edificações. São Paulo: Carthago & Forte, 1995. 120 p. ISBN 85-85294-01-9.

OTIS. Apresenta dados e outras informações sobre elevadores e tecnologia em transporte vertical. Disponível em: <<http://www.otis.com.br>>. Acesso em: 22 dez. 2003.

Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. Apresenta dados e outras informações sobre a legislação e normas para sistemas de combate a incêndio. Disponível em: <<http://www.polmil.sp.gov.br/ccb>>. Acesso em: 27 dez. 2003.

PLASTROM SENSORMATIC. Apresenta dados, informações sobre sistemas de segurança eletrônica. Barueri. Disponível em: <<http://www.sensorbrasil.com.br>>. Acesso em: 12 nov. 2003.

SHAW, A. **Energy design for architects:** the American Architectural Foundation. New York: Prentice Hall, 1989. 349 p, il., 28 cm. ISBN 01-3277-766-5.

SPÓSITO, J. I. Apoio à manutenção, controle de energia e prevenção de incêndio. **Eletricidade Moderna**, São Paulo, ano 20, n. 220, p. 48-53, jul. 1992.

SCHERER, F.; SOUSA, M. A. B.; IOSHIMOTO, E. Sistemas de monitoração remota para sistemas prediais de elevada tecnologia. **CTAI Revista de automação e tecnologia da informação**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 17-22, jan.-jun. 2002. ISSN 1677-6496.

WOLPAC. Apresenta dados e informações sobre sistemas de segurança e controle. São Paulo. Disponível em: <<http://www.wolpac.com.br>>. Acesso em: 2 dez. 2003.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **Standard 55**: thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 1992.

_____. **Standard 62**: ventilation for acceptable indoor air quality. Atlanta, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO (ABILUX). **Uso racional de energia elétrica em edificações**. 2. ed. São Paulo, 1992. 44 p.

ASSOCIAÇÃO PROFIBUS. **Descrição técnica**. São Paulo: [s.n.], 2000. 42 p.

ATOS AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL LTDA. **Manual técnico-software**. São Paulo: [s.n.], jun. 2002. Ref. 3-0019.22S. Ver. 2.2S. v.1. 218 p.

BATBUS E EIB, ou a disputa pelo padrão do BUS de instalação. **Eletricidade Moderna**, São Paulo, ano 21, n. 232, jul. 1993.

CINCINNATI DYNACOMP INC. **User Manual**. [s.l.]: [s.n.], June 1994. v.1.00-1.50. ver. 9250-753-01. Não paginado.

CLARK, G.; MEHTA, P. Artificial intelligence and networking in integrated building management systems. London, jul. 1997. Disponível em: <www.elsevier.com>. Acesso em: 19 fev. 2003.

DIGITAL ELETRONICS CORPORATION. **Connection manual**: proface GP-PRO/PBIII-PLC. [s.l.]: [s.n.], v.3, Feb. 1999. Não paginado.

ELETROPAULO. **Manual de administração de energia-iluminação**. São Paulo, 1998. 30 p.

_____. **Manual de administração de energia-ar condicionado**. São Paulo, 1998. 30 p.

ELIPSE. **Manual de operação e configuração**. São Paulo, 2002. 1 v. em 2.

FACCIONI FILHO, M. Qualidade de energia em edificações como resultado de planejamento e projeto integrados. **InTech Brasil**, São Paulo, ano 4, n. 37, p. 60-62, 2001.

GOMES, L. Automação da rede elétrica. **Mercado de Automação Residencial**, São Paulo, ano 1, n. 3, jul. 2001.

GONÇALVES, O. M. Sistemas prediais: avanços conceituais e tecnológicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP/ANTAC, 1993. v. 2, p. 1083-1092.

GRAÇA, M. E. A. Edifícios Inteligentes. ENCONTRO DE INFORMÁTICA NA ENGENHARIA CIVIL, 1., São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1986. p. 145-156.

HITACHI. **Programable controllers H-Series**: instruction manual hardware edition. Japan: [s.n.], 1996. Ref. NJI-145(X). 254p.

_____. **Programable controllers H-Series**: instruction manual software edition. Japan: [s.n.], 1996. Ref. NJI-146(X). 285p.

INTELLIGENT buildings: reality or ilusion? **IEEE communications**, New York, v. 29, n. 4, Apr. 1991.

KATO, E. A. **Contratação de performance**: o modelo norte-americano nos anos 90 na automação predial. 1999. 139 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

LI, D. H. W.; LAM, J. C. Daylighting and energy analysis for air conditioned office buildings. London, May 1997. Disponível em: <www.elsevier.com>. Acesso em: 12 mar. 2003.

_____. Evaluation performance in office buildings with daylighting controls. London, July 2000. Disponível em: <www.elsevier.com>. Acesso em: 12 mar. 2003.

MALUF, A. J.; MARTE, C. L.; MARTINI, J. S. C. A influência de integração de redes comerciais e barramentos de campo em edifícios inteligentes. In: CONGRESSO NACIONAL DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL, 6., 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 1994. 1 disquete.

MARTE, C. L.; COSTA, H. R. N.; FOGAGNOLI JÚNIOR, R. A influência de sistemas de automação no comportamento energético das edificações. In: CONGRESSO NACIONAL DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL, 5., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 1992. p. 37-46.

MARTE, C. L.; MARTINI J. S. C. Aspectos tecnológicos da automação predial. In: ENCONTRO NACIONAL DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, 7., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 1998. p. 53-60.

PAINEL resultado: retrofitting em sistemas de iluminação. **Lumiére**, São Paulo, ano 2, n. 22, p. 52-53, fev. 2000.

MAIO, M. C. Qualidade à prova: cada vez mais completos, medidores e analisadores acompanham os passos e as tendências da geração ao consumo de energia. **Lumiére**, São Paulo, ano 2, n. 22, p. 59-59, fev. 2000.

_____. Cabeamento estruturado: uma exigência das instalações do futuro. **Lumiére**, São Paulo, ano 2, n. 24, p. 78-80, abr. 2000.

MATA, T. Automação predial: superada a fase de incredibilidade, a automação predial ganha espaço e experiência no Brasil. **Lumière**, São Paulo, ano 3, n. 29, p. 52-54, set. 2000.

MATHEWS, E. H.; BOTHA, C. P.; ARNDT, D. C.; MALAN, A. HVAC control strategies to enhance confort and minimise energy usage. **Energy and Buildings**, London, v. 33, p. 853-863, Oct. 2001.

NEVES, R. P. A. A. **Espaços arquitetônicos de alta tecnologia: os edifícios inteligentes**. 2002. 146 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2002.

PRADO, R. T. A. Energia: readequação tecnológica de edifícios e automação predial. ENCONTRO NACIONAL DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, 1., 1996, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 1996. p. 5.1-5.11.

ROZAS, N.; IOSHIMOTO, E. Como implantar sistemas de leitura automática de medidores. **Qualidade na Construção**, São Paulo, ano 3, n. 22, p. 36-42, 2000.

SIEMENS AUTOMAÇÃO. **Sistema de automação predial Siemens**. São Paulo: [s.n.], 1995. 86 p.

SOUZA, J. R. A. As instalações elétricas na era das redes locais. **Eletricidade Moderna**, São Paulo, ano 21, n. 232, p. 28-50, jul. 1993.

SPÓSITO, J. I. Apoio à manutenção, controle de energia e prevenção de incêndio. **Eletricidade Moderna**, São Paulo, n. 220, p. 32-35, jul. 1992.

STEINHOFF. Automation & Fieldbus systems. Elz, Germany. Apresenta dados e outras informações sobre automação e sistemas *Fieldbus*. Disponível em: <<http://www.steinhoff.de>>. Acesso em: 18 jan. 2003.

STOCKER, W. F.; JONES J. W. Refrigeração e ar condicionado. São Paulo: McGraw-Hill, 1985. 481 p.

SUN, T. Y. The variety of air handling systems. **Heating, Piping and Air Conditioning**, Los Angeles, p.45-63, Dec. 1993.

SZABO, L. P. Iluminação de escritórios: retrospectivas e tendências. **Lumière**, São Paulo, ano 3, n. 32, p. 92-95, dez. 2000.

THOMESSE, J. P. Control engineering practice 7. London, jun. 1999 Disponível em: <www.elsevier.com>. Acesso em: 18 jan. 2003.

TOTAL CONTROL PRODUCTS INC. **Panel editor user manual**. Melrose Park: [s.n.], 1995. Ref. 800-053. v.2.1. 197p.

VIRK, G. S.; CHEUNG, J. Y. M.; LOVERDAY, D. L. The role of control technology for energy saving in buildings. In:_____. **IEE Colloquium on Advanced SCADA and Energy Management Systems**. [s.l.], 1990, p. 3-7.

ZIMMERMAN, H. **OSI reference model**: the ISO model of architecture for open system interconnection. IEEE Transactions on Communications. Com-28-4: USA, April 1980, p. 425-432.