



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECATRÔNICA
E DE SISTEMAS MECÂNICOS**

PMR 2550 Projeto de Conclusão de Curso II

Trabalho de Formatura

Relatório Final

Nota final
7,6 (sete e seis)

Modelagem de sistema predial utilizando íntegrans

Prof. Orientador: José Reinaldo Silva

Luiz Henrique Piazzentini

São Paulo
2004

Índice

1. Resumo	3
2. Introdução	4
3. Definição da missão do Prédio	5
3.1. Missão do Hall	5
3.2. Missão dos andares	6
3.2.1. A Função do Sistema e a Função do Edifício	7
3.2.2. Trocas de Informação	8
3.3. Missão do elevador	9
4. O que são edifícios inteligentes?	10
4.1. Definição de edifício	11
4.2. Definição de edifício inteligente	11
4.3. Uma visão sistêmica sobre edifícios inteligentes	14
5. Conceitos utilizados	16
5.1. O conceito de Íntegron	17
6. Redes de Petri Integradas	18
7. Sistema de Controle	20
8. Modelagem	22
8.1. Modelagem do Hall	22
8.2. Modelagem do sistema de elevadores	23
8.3. Modelagem do corredor	24
8.4. Modelagem dos subsistemas das salas	24
8.4.1. Sistema de Segurança	24
8.4.2. Modelagem do sistema de detecção de intrusão;	25
8.4.3. Modelagem do sistema de detecção de incêndio.	26
8.4.4. Modelagem do sistema de iluminação;	28
8.4.5. Modelagem do Controle de temperatura	29
8.4.6. Modelagem do ventilador	31
8.5. Modelagem do sistema supervisorio em caso de incêndio	31
8.5.1. Modelagem do controle do elevador em caso de emergência	32
8.6. Modelagem do sistema supervisorio em caso de falha dos controladores escravos, atuadores ou sensores.	34
9. Conclusão	35
10. Algoritmos Computacionais	36
11. Bibliografia	48

1. Resumo

Estamos vendo, nos últimos anos, uma acentuada preocupação em automatizar atividades, processos e funções em residências, edifícios, condomínios e edificações em geral. No entanto se constata que tais implementações, em geral, tem sido feitas sem o devido método, recebendo um tratamento experimental e informal, no qual se enxerga os vários sistemas do projeto de forma isolada e desintegrada, ocasionando, desse modo, inconsistência nas informações, desperdício de recursos e negligência das necessidades dos usuários. O custo da automação predial e a economia que ela pode proporcionar bem como sua natureza antropomórfica deve ser considerada como questões essenciais na fase de modelagem do sistema. Sendo assim, esse trabalho propõe uma abordagem integrada ao se fazer a modelagem de um edifício inteligente. A preocupação com a integração fez surgir a necessidade de se fazer um tratamento do sistema de forma hierarquizada, usando para tal o conceito de íntegron importado da Biologia. Os requisitos de interação com o mundo exterior e com outros íntegrans, bem como de recursividade, abstração e hierarquização exigem extensões nas teorias fundamentais, levando ao estudo de uma nova classe de autômatos (autômatos integrados) e uma nova classe de redes de Petri (redes integradas), sucintamente tratados neste texto.

Palavras chave: automatização do edifício, eventos discretos, supervisorio, modelagem e projeto.

2. Introdução

A automação de edifícios e residências, especialmente o primeiro, é uma área de pesquisa e de negócio promissora desde o começo da década de 90. Entre 1998 e 2002, as receitas no mercado americano de automação residencial deverão dobrar, resultando num aumento de 1,6 bilhão de dólares. O crescimento anual até o ano de 2008 está previsto para ficar ao redor de 19% ao ano. De 2002 a 2008, os especialistas crêem que o mercado triplicará, crescendo de 3,2 bilhões para 10,5 bilhões de dólares em 2008, o que traduzirá um crescimento de 7,3 bilhões de dólares em apenas 5 anos, somente na área de automação residencial, ficando fora dessas previsões a automação de predial de escritórios e de condomínios horizontais, bem como outros mais específicos como a automação de hospitais, universidades, museus, estacionamentos, shopping centers, etc. Há muito poucas publicações a respeito da automação predial e residencial, e o sucesso obtido quando há implementação destes é baseado, em geral, em uma transposição das técnicas e dos equipamentos usados na automação industrial. O resultado é um projeto caro e as exigências do ponto de vista do usuário final estão negligenciadas. Nós acreditamos que construir e automatizar residências e edifícios lida com uma área de aplicação específica e devem ser tratadas como tais. O que se deseja é ao invés de apenas transferir modelos industriais e seus equipamentos, os objetivos da área de automação devem vir primeiramente, bem como sua modelagem. A economia advinda do processo da automação, bem como a preocupação com os fatores humanos envolvidos deve ser tratado como conceito chave na fase de modelagem. Este projeto propõe uma modelagem de um edifício que justifica e leva em conta o uso dos termos horizontais e de ambientes verticais e de suas diferenças, além é claro dos conceitos de hierarquização, supervisório, íntegron, modelagem integrada e consistência de informações.

O projeto consiste em estabelecer um método para tratamento de sistemas prediais. O método segue os seguintes passos:

- Definição da missão do prédio;
- Divisão do sistema predial em partes;
- As partes devem replicar o comportamento do todo obedecendo a missão pré-definida;

- Definir as funcionalidades de cada parte;
- Modelagem em redes de Petri, usando HPSIM;
- Programação;
- Conclusão, melhorias que poderiam ser feitas com a introdução de ferramentas para o tratamento de requisitos.

Para que se possa fazer a programação seguindo a metodologia de projeto em que a modelagem deve ser feita anteriormente à programação dos controladores, deve-se definir qual é a missão do prédio de modo que se torne possível de forma sistemática a modelagem do sistema predial.

3. Definição da missão do Prédio

3.1. Missão do Hall

Sendo assim, temos os seguintes tópicos referentes à missão do prédio, relacionadas ao hall de entrada:

- Horário de funcionamento da portaria, em que qualquer pessoa pode ou não entrar no prédio, estipularemos aqui das 7:00 h às 20:00 h, considerando o pessoal de limpeza, manutenção, funcionários e visitantes.
- Dias de funcionamento, estabelecemos de Segunda a Sexta-feira, exceto feriados.
- Número limite de visitantes no prédio, de modo a não afetar o conforto dos usuários padrão bem como o dos visitantes em questão, estabelecido em 10 pessoas, sendo que 40 pessoas compõem o quadro de funcionários. Supondo que 10 funcionários trabalhem em cada sala e que tal sala possui dimensões de 5 m x 8 m, o que corresponde a cerca de 4 m² para cada funcionário.
- Banco de dados com informações da íris dos funcionários, colaboradores, visitantes conhecidos.
- Dispositivo de gerenciamento capaz de alterar tais configurações em virtude de mudanças nos requisitos do sistema com segurança e qualidade.

Ainda definindo a missão do prédio precisamos definir quais as condições normais referidas na modelagem do sistema de detecção de incêndio e ainda a temperatura correta referida na modelagem do controle de temperatura.

- Parâmetros das condições normais em UM;
- Sinal de foco de calor em ZERO;
- Sinal de fumaça em ZERO;
- Faixa de temperatura considerada correta para o controle do funcionamento dos aparelhos de ar condicionado entre 20° e 26°;
- Subsistemas envolvidos: hall, elevadores e andares.

3.2. Missão dos andares

Discutiremos aqui o sistema de controle do ambiente dos andares do edifício. Tal ambiente compreende, para cada andar, as salas independentes e o corredor que dá acesso a cada uma delas.

O sistema de controle dos andares compreende 4 subsistemas semi-independentes que serão responsáveis por funções específicas no âmbito da automação:

- Subsistema de Detecção de Intrusão;
- Subsistema de Detecção de Incêndio;
- Subsistema de Controle de Iluminação;
- Subsistema de Controle de Temperatura.

Apresentaremos aqui as especificações precisas de cada um desses subsistemas e sua relação com a missão do edifício como um todo.

A modelagem de cada um desses subsistemas será mostrada adiante no trabalho, e por isso nos restringiremos aqui a citar alguns elementos técnicos da lógica de controle, quando julgarmos conveniente para a melhor compreensão de seu funcionamento.

Mostraremos também um esquema do intercâmbio de informações entre os sistemas de controle e os elementos externos (sensores, interruptores, sistema supervisor).

3.2.1. A Função do Sistema e a Função do Edifício

Para definir a missão, ou função, do sistema de automação dos andares, devemos antes recordar a missão geral do edifício abordada acima.

Trata-se de um prédio de escritórios, com funcionamento em horário comercial e freqüentado por um número pequeno de pessoas, com pequeno fluxo de entrada e saída ao longo do período de atividade.

A fim de especificar a operação do sistema de controle dos andares, interessa conhecer informações como horário em que é permitido acesso às salas, informações sobre temperatura ideal das salas, e também parâmetros referentes a estados de emergência ou suspeita de emergência (como sinal de existência de foco de calor e/ou fumaça, ou ainda intrusão nas salas).

Para cada subsistema listado no item acima, podemos definir sucintamente sua função no edifício como se segue:

Deteção de Intrusão: Assegurar a segurança de cada sala quanto à entrada de pessoas não autorizadas, quer por razões de horário não permitido quer por atributos de segurança da sala (algumas salas podem ter acesso restrito mesmo nos horários de operação do edifício). O sistema deverá enviar um sinal de intruso para o supervisor central caso seja detectada presença numa sala cujo acesso não está autorizado.

Deteção de Incêndio: Assegurar que as medidas de emergência cabíveis sejam tomadas caso haja suspeita de incêndio numa sala do edifício. Comunica-se com o supervisor para enviar sinal de possibilidade de incêndio, e recebe deste a confirmação de incêndio ou o sinal de condições normais. Caso o incêndio seja confirmado, o sistema entrará em modo de emergência, acionando o sprinkler da sala na qual ele foi detectado. O sistema entrará no mesmo modo caso detecte possibilidade de incêndio e não receba confirmação de incêndio nem de condições normais do supervisor dentro de um curto intervalo de tempo.

Controle de Iluminação: Objetiva proporcionar acionamento automático das luzes de cada sala, através da deteção de presença.

Controle de Temperatura: Deverá garantir que a temperatura da sala esteja num certo intervalo, sendo que este é parcialmente definido por controles situados em cada sala.

Uma intensidade padrão do sistema de ventilação é dada pelo supervisor, e será utilizada quando a sala estiver vazia. O sistema atua na ventilação da sala (sistema de ar condicionado). Será assumido que sua única função é assegurar o conforto das pessoas que ocuparem a sala.

A seguir, listaremos todas as trocas de informação que ocorrem na operação do sistema de controle do ambiente dos andares.

3.2.2. Trocas de Informação

As trocas de informação se dão através de sinais recebidos do supervisor central ou enviados para o mesmo, assim como sinais recebidos dos sensores de presença, fumaça e temperatura, e dos interruptores de luz e de controle do ar condicionado.

A tabela abaixo exhibe como se dá a comunicação de cada subsistema com os elementos externos e os sinais enviados e recebidos:

Subsistema	Envia	Para	Recebe	De
D. Intrusão	- Sinal de Intruso	- Supervisor	- Sinal de Presença - Sinal de Acesso	- Sensor de Presença - Supervisor
D. Incêndio	- Sinal de incêndio - Sinal Ativa/Desativa	- Supervisor - Sprinklers	- Sinal de Fumaça - Sinal de Temperatura - Sinal de confirm. incêndio - Sinal de condições normais	- Detector de Fumaça - Medidor de Temperat. - Supervisor - Supervisor
Iluminação	- Sinal de Ativa/Desativa	- Luzes	- Ind. de luzes habilitadas - Sinal de Presença	- Interruptor da sala - Sensor de Presença
Temperatura	- Sinal de ativação e velocidade	- Sistema de ventilação e ar condicionado	- Sinal de Presença - Sinal de Temperatura - Regulagem de Temperatura - Velocidade padrão	- Sensor de Presença - Medidor de Temperat. - Potenciômetro da sala - Supervisor

Tabela 1 – Trocas de informação de cada subsistema com elementos externos

3.3. Missão do elevador

O elevador tem papel fundamental no funcionamento normal do prédio. Cabe a ele a função de transportar pessoas de um andar para o outro com a maior segurança e eficiência possíveis. Como se trata de um prédio comercial de pequeno porte com cerca de 40 pessoas trabalhando de forma fixa das 8:00h às 17:00h de segunda à sexta-feira dimensionamos a utilização de apenas um elevador para o deslocamento entre andares, portanto ele funcionará durante o dia inteiro. Como haverá somente uma cabina com capacidade máxima pra transportar dez pessoas ao mesmo tempo, deve-se estar atento à lógica de atendimento de chamadas nos andares, ou seja, quais critérios devem ser adotados para seguir uma hierarquia de tomada de decisões quando ocorre um evento de chamada para um determinado andar. Porém este estudo está fora do escopo do nosso trabalho, mas está sendo analisado em paralelo no D-Lab no departamento de Mecatrônica da Escola Politécnica da USP no trabalho de *Algoritmo de Planning: Graphplan Modificado* sob a orientação do professor Dr. José Reinaldo Silva.

No que tange o aspecto de segurança o elevador baseia seus procedimentos na leitura do sinal de condições normais de funcionamento do prédio como um todo, explicando melhor, o elevador somente entrará em estado de emergência e seguirá uma série de instruções se as condições normais do prédio (sinal de fumaça e detector de temperatura) não estiverem de acordo com os padrões definidos.

O primeiro sinal analisado então pelo controlador quando executa as funções do elevador é o de condições normais. No caso de estas condições estarem sendo respeitadas, o elevador mantém seu funcionamento normal, sem qualquer alteração. Entretanto, no caso de as condições normais não serem respeitadas, o elevador entra num estado de emergência onde passa a verificar primeiramente o status da cabina quanto ao seu movimento, ou seja, se ela está se movimentando e encontra-se entre andares ou se está parada em um determinado andar. Em seguida, é checado o sinal do sensor de presença na cabina. No caso do elevador estar em movimento e indicar presença interna, ele deverá direcionar-se para o próximo andar, abrir as portas até que o sensor de presença não indique mais que existem pessoas na cabina e então ele poderá fechar e travar suas portas. No caso do elevador já estar parado quando o estado de emergência é ativado, os mesmos

procedimentos tomados no caso anterior a partir do momento em que já está parado são tomados.

O funcionamento normal do elevador somente poderá ser retomado quando o estado de emergência for desativado e isto não ocorrerá simplesmente quando as condições normais forem restabelecidas, pois ainda pode haver algum procedimento de segurança a ser tomado pela equipe de segurança ou corpo de bombeiros, mas sim quando o estado de emergência for desativado manualmente pelo chefe de segurança do prédio.

4. O que são edifícios inteligentes?

Edifícios inteligentes representam uma atividade que resulta da fusão de vários campos envolvidos em design e construção de edifícios, campos estes considerados distintos, são eles arquitetura exterior, tecnologias que envolvem computadores e telecomunicação, ergonomia, tecnologia de construção de prédios em geral, aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC), segurança, e outras tecnologias pertinentes, elétricas e mecânicas.

Ouve-se, freqüentemente, com relação aos edifícios inteligentes frases do tipo: aumento de produtividade dos funcionários, economia de custos com uso computadores e telecomunicações em geral, ambiente de trabalho mais seguro, comunicação mais efetiva, ganhos ergonômicos e assim por diante.

Os edifícios em que vivemos e trabalhamos ainda estão longe de serem tratados como sistemas complexos levando em consideração a ampla gama de assuntos inter-relacionados como deveriam. Para que se consiga tal intento um enfoque multi-diciplinar deve ser usado para que se respeite a natureza dos sistemas prediais.

O interesse não é meramente acadêmico já que os motivos podem variar desde preocupações essencialmente comerciais até interesses genuínos em criar ambientes verdadeiramente ergonômicos e úteis que favoreçam a criatividade, aumento de produtividade, grau máximo de segurança e controle rigoroso sobre o uso de energia, e ainda oferecer uma cadeia de serviços e conveniências bem como ser esteticamente agradável.

4.1. Definição de edifício

Deveríamos agora determinar qual é o significado de edifícios inteligente, no entanto faremos primeiramente a definição de edifícios em geral.

Por edifícios ou prédios entende-se uma estrutura única ou um grupo de estruturas, desenhado para ser um local de trabalho ou um lar, em qualquer dos casos tal estrutura é considerada uma unidade. Exemplos de edifícios:

- Fábricas e casas;
- Prédio de escritório ou de apartamentos;
- Hospitais, universidades, laboratórios industriais ou governamentais;
- Edifícios complexos: grupo de torres ou grupo de edifícios distribuídos em várias quadras.

Assim, edifícios cobrem uma larga escala de estruturas caracterizadas pela proximidade do propósito e levando-se em conta que tais propósitos em geral se comunicam.

4.2. Definição de edifício inteligente

Um edifício inteligente é uma estrutura única ou um complexo de estruturas que oferecem um coerente conjunto de facilidades tanto para os administradores destes edifícios quanto para os usuários. Para o administrador, um conjunto integrado de possibilidades de gerenciamento, controle da manutenção e facilidades na comunicação intra e inter predial permitem controle do ambiente eficiente e com custo baixo, segurança, monitoração, serviço de alarmes e comunicação agindo internamente ao edifício e também com comunicação externa, como por exemplo, com a polícia, bombeiros, hospitais e com os usuários (moradores ou funcionários do edifício inteligente) onde quer que eles estejam através da Internet, por exemplo.

Tal ambiente deve ser ergonomicamente desenhado para aumentar a produtividade e encorajar a criatividade. Em hotéis e residências estes ambientes deverão propiciar conforto e uma atmosfera personalizada, bem como prover serviços sofisticados de comunicação. Além disso num edifício como tal há que se buscar uma aproximação holística e ergonômica para o design e projeto do edifício, do espaço destinado ao trabalho, do espaço com vistas ao lazer e enfim do próprio lar. Este design vai de um nível macro que envolve o

edifício e seus arredores internos e externos até um nível micro que compreende os móveis, a sala onde se vai trabalhar, os equipamentos, o controle da atmosfera local e o controle da iluminação.ⁱ

Em seu livro, *Intelligent Buildings*, Brian Atkinⁱⁱ, traz uma reportagem sobre a indústria da construção japonesa em que se identificou três atributos os quais um edifício inteligente deveria possuir:

- Os prédios deviam “saber” o que está acontecendo dentro e imediatamente fora deles;
- Os prédios deveriam “decidir” o meio mais eficiente de prover um conveniente, confortável e produtivo meio ambiente interno aos seus ocupantes;
- Os prédios deveriam “responder” rapidamente às solicitações dos seus ocupantes.

Estes atributos podem ser traduzidos na necessidade de várias tecnologias e sistemas de gerenciamento.

Kellⁱⁱⁱ afirma que os edifícios inteligentes são cada vez mais vistos como aqueles que proporcionam um meio ambiente que reage rápida e facilmente, efetivo e sustentável com o qual uma organização pode obter sua melhor performance. A tecnologia, embora ainda considerada fundamental é agora vista como capacitadora e não um fim em si mesma.

Este termo, prédios inteligentes, foi usado pela primeira vez nos Estados Unidos no começo da década de 80, com fins comerciais e a definição dada pela antiga Instituição de Prédios Inteligentes em Washington foi:

“Um prédio inteligente é aquele em que vários sistemas integrados existem para gerenciar recursos de modo coordenado a fim de maximizar: performance técnica, diminuição do custo de operação e de investimentos e flexibilidade.”

Vimos anteriormente o que se entende por edifícios inteligentes, além disso é conveniente também saber o que entendemos por inteligência. Em seu artigo Derek^{iv} nos mostra que uma das visões é que a inteligência é considerada como uma habilidade cognitiva geral inata que é base para todos os processos da razão convencional. Piaget define inteligência não como um atributo, mas como uma hierarquia complexa de habilidades de processar informações, alicerçada em um equilíbrio adaptativo entre o indivíduo e o seu meio.

O ponto de partida para se estabelecer um modelo de um edifício ou casa inteligente é o ser humano, justamente porque ele demarca a força intelectual do prédio em contraste ao que as máquinas podem fazer. O efeito de um ambiente em determinado momento é dependente de experiências passadas. Pessoas não são receptoras passivas do seu ambiente, mas adaptam-se psicológica e comportamentalmente. O corpo possui cinco sentidos básicos, eles são parte dos sistemas fisiológico e psicológico que regulam as respostas aos estímulos do ambiente. Portanto fica claro que existe uma interação entre o meio e o usuário dele e é com esta relação que necessitamos nos preocupar quando pensamos em edifícios inteligentes.

Muitas das falhas em design de edifícios são devidas à falta de um sistema que enfoque o processo de design. Um enfoque em sistema integrado é fundamental. Estratégias de controle são características chave para a integração de processos. O conceito de inteligência predial conta também com a integração entre os vários sistemas e entre estes e a estrutura do edifício.

Arkin e Paciuk^y propuseram um índice (MSIR) para avaliar e comparar a integração de sistemas em alguns dos edifícios que já existem.

Sendo:

MSIR: índice normalizado para se medir a integração de sistemas em prédios;

MSI: magnitude do sistema de integração;

NS: número de sistemas disponíveis num prédio;

R: valor atribuído à característica dos sistemas em relação à integração. (referidas na tabela abaixo)

$$MSI = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{NS}$$

$$MSIR = 10 \cdot \frac{MSI}{MSI_{ref}}$$

Table 1
Examples of scale for systems' integration in intelligent building^a

Level	Type of integration	Attribution, description and examples	Rating
5	No integration		1
4	One-directional	No feedback, safety codes	2
3	Interfacing discrete system (one-to-one)	Advanced smoke control; PBX, LAN	3
		Other, modern sophisticated controls	4
2	BAS, EMS, CMS, OA	Integration with smart structural elements	5
		OA, STS	6
		BAS, EMS, CMS, etc	7
1	IBMS	As above plus maintenance and billing, integrates smart structural elements, personal environment	8
		Partial IBMS	9
		Full IBMS, includes maintenance and billing and smart structural elements	10

^a Examples systems: BAS, fire smoke detectors and sprinklers; EMS, HVAC, power, lighting, elevator, sanitary systems; CMS, telecommunication, data processing, videodata; OA, word processing, fax.

Tabela 2: Exemplo de escala para integração em prédios inteligentes.

Sistemas sensórios avançados capacitarão pessoas para ajustar e acompanhar o funcionamento de edifícios mais efetivamente e assim, reduzir as variações advindas das variações dos ocupantes. Prédios inteligentes centralizados podem usar tecnologias sofisticadas, mas não podem responder efetivamente às muitas mudanças que os ocupantes necessitam durante o correr do dia. O controle descentralizado permite que o ambiente seja gerenciado em zonas, mas o refinamento final é do usuário, onde centros locais são ligados à central de processamento de informações e dando ao indivíduo alguma escolha. Edifícios do futuro usarão equipamentos interligados por fibra ótica em que o sistema centralizado de conhecimento-base será análogo com o sistema nervoso e cérebro com o corpo.

4.3. Uma visão sistêmica sobre edifícios inteligentes

Difícilmente para a inserção de conceitos de prédios inteligentes, como acendimento automático de lâmpadas, abertura automática de portas, etc., este sistema é dividido em outros sistemas menores. A proposta neste trabalho é justamente chamar a atenção para este ponto, a automação dos edifícios na década de 90 e início do terceiro milênio, não se vale de uma metodologia que leve em conta as particularidades deste tipo de sistema, bem como

seus subsistemas. Desse modo, o que vemos é um amontoado de automações, portas que se abrem e fecham, luzes que acendem e apagam, aparelhos de ar condicionado que se ligam e desligam, catracas controlando os acessos, tudo isso feito geralmente de modo multifacetado, sem comunicação uns com os outros, gerando em muitos casos informações duplicadas e, às vezes, inconsistentes. Um exemplo de inconsistência de informação pode ser visto em algumas academias de ginástica em que o sensor de presença não consegue “ver” o usuário em determinado local da academia e as luzes não se acendem e ao mesmo tempo o sensor de temperatura “vê” o usuário e mantém o aparelho de ar condicionado ligado, ou seja, são sistemas independentes que não se comunicam.

Sendo assim, fica claro que uma modelagem prévia do sistema precisa ser realizada, o sistema precisa ter sua região de fronteira determinada e mais que isso seus subsistemas precisam também ter sua região de fronteira bem determinada de modo que não surjam inconsistência nos dados e além disso, esses subsistemas precisam se comunicar, precisam ser cooperativos de modo que não seja necessário a multiplicação da mesma informação dentro do sistema. Tomando o exemplo acima, poderíamos querer que um único sensor de presença fosse usado e essa informação fosse compartilhada entre os diferentes subsistemas. O que temos configurado então é um tipo de sistema que possui uma quantidade de subdivisões, existe uma hierarquia entre tais sistemas (para que seja possível uma flexibilização da automação um mecanismo de gerenciamento é desejável, e um mecanismo de gerenciamento pressupõem um sistema supervisor na nossa modelagem), há também troca de informações, entre um subsistema e outro e entre os vários subsistemas e o supervisor, tais características torna esse sistema suficientemente complexo, sendo necessária uma metodologia que o trate como tal.

Ao se enxergar edifícios inteligentes como um sistema complexo, enxergamos também um nítido conjunto de subsistemas hierarquicamente inferiores interagindo de alguma forma:

- Computadores e sistemas de telecomunicação;
- Sistema de iluminação;
- Sistema para controle de acesso;
- Sistema de prevenção contra incêndio;
- Sistema de segurança e alarme;

- Sistema de controle e gerenciamento de energia;
- Infra-estrutura de cabeamento elétrico, de fibra ótica e telefônico;
- Sistema de manutenção;
- Sistema para gerenciamento de informações;
- Sistema de água e esgoto.

5. Conceitos utilizados

A abordagem de sistemas complexos que utilizaremos visa estabelecer uma base para a construção de um sistema autônomo, que deve possuir diversas propriedades e interagir de forma eficiente com ambientes incertos para realizar sua função, evitando ao máximo o auxílio de um operador. Portanto, nesse contexto consideraremos um sistema complexo aquele que tiver um comportamento complexo.

Exemplos de sistemas autônomos de comportamento complexo são encontrados na natureza, especialmente em sistemas biológicos, como redes neurais de grandes mamíferos, sistemas imunes, regulação por hormônios e sociedades de insetos. No entanto, a dificuldade de estudo e modelagem desses sistemas e o pouco conhecimento adquirido até o momento tornam arriscada a realização de analogias e abstrações para a formulação de metodologias para sistemas artificiais.

O aumento da complexidade de um sistema é obtido a partir da integração recursiva de componentes primitivos simples e diferenciados, gerando novos componentes estáveis que contribuem para a “sobrevivência” do organismo como um todo. A organização descentralizada e hierárquica dos organismos multicelulares permite reações mais rápidas e mais eficientes a perturbações do ambiente. Este esquema é representado de forma simplificada pelo conceito de *íntegron* introduzido em (JACOB^{vi}, 1970).

A homeostase dos *íntegrans* está associada à existência de estados críticos que certamente seriam atingidos caso não fosse possível a comunicação e o sincronismo entre seus componentes. Logo, as propriedades dos *íntegrans* resultam dos mecanismos de controle que garantem a sua homeostase e estão associadas ao seu comportamento observado.

Portanto, a construção de uma arquitetura básica para sistemas artificiais autônomos utilizando os conceitos citados, deve ser baseada na seguinte premissa:

Onde a integração será entendida como interação com homeostase (estabilidade) gerando novas propriedades.

5.1. O conceito de Íntegron

Considerando as definições e premissas formuladas, podemos introduzir o conceito de *íntegron artificial* ou *íntegron*.

É um tipo especial de subsistema que tem todas as propriedades gerais do seu sistema mestre, e é inteiramente integrado ao mesmo embora eles não tenham comportamento similar. A idéia é que o comportamento do sistema mestre seja o resultado da composição do comportamento dos íntegrans.

Íntegron é um objeto matemático que representa um componente de um sistema complexo artificial ou o próprio sistema como um todo. Assim, um íntegron é um subsistema aberto constituído pela integração de subsistemas mais simples e que possui um conjunto de propriedades que define sua participação na formação de um sistema integrado global. Cada subsistema que compõe um íntegron pode ser, em si, um íntegron ou um componente primitivo. Adicionalmente, um íntegron tem restrições de comportamento que garantem que nunca ocorram entradas em estados críticos.

Como apresentado anteriormente, um sistema complexo artificial obedece a uma arquitetura descentralizada e hierárquica. Portanto, o íntegron pode ser representado de forma recursiva, obtida pela ação de supervisores sobre íntegrans de nível inferior, como ilustra a figura a seguir:

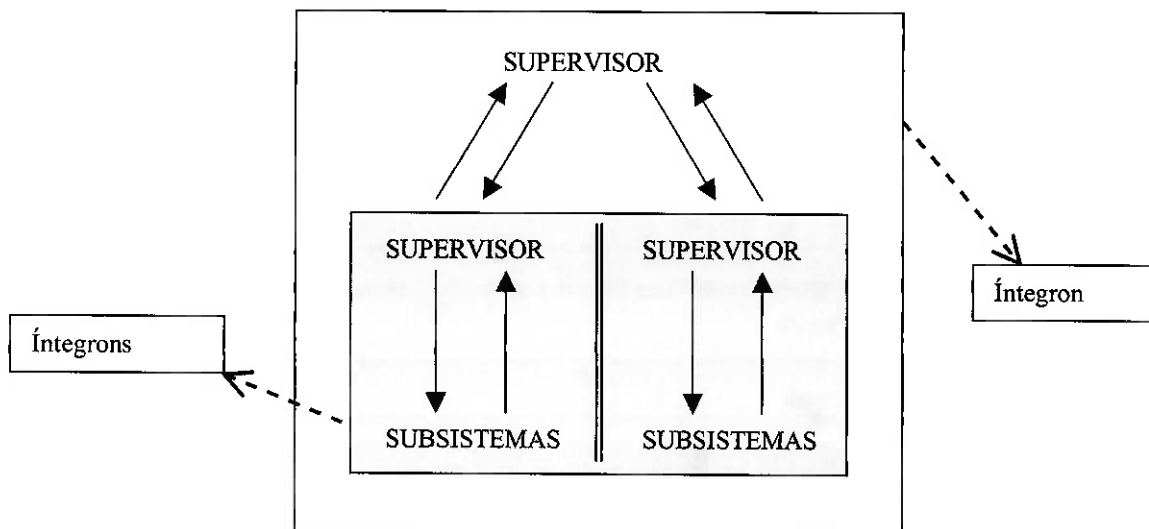


Figura 5.1.1: Ilustração do conceito de íntegron.

Na arquitetura proposta, os íntegrans interagem através de supervisores que evitam a entrada em estados críticos, gerando novas propriedades vinculadas a íntegrans estáveis de nível superior. A ação de controle sobre a dinâmica dos íntegrans gera o significado físico da interação. Os requisitos de interação com o mundo exterior e com outros íntegrans, bem como de recursividade, abstração e hierarquização exigem extensões nas teorias fundamentais, levando ao estudo de uma nova classe de autômatos (autômatos integrados) e uma nova classe de redes de Petri (redes integradas).

6. Redes de Petri Integradas

Um estudo atento dos autômatos integrados nos permite afirmar que estes possibilitam a modelagem formal de uma classe de SED's complexos, mas apresentam uma dificuldade inerente à teoria de autômatos para a representação de sistemas concorrentes, afirma Ramos^{vii}.

O conjunto de estados do sistema global é obtido a partir do produto cartesiano dos conjuntos de estados dos componentes, considerando-se todas as combinações possíveis, a operação de combinação paralela de autômatos gera uma explosão de estados, ou seja, apesar da sua complexidade ser polinomial com relação ao número de estados dos componentes, ela é exponencial com relação ao número de componentes.

Ao se considerar o modelo proposto para uma classe de sistemas complexos, baseado em subsistemas concorrentes integrados através de supervisores, é desejável a utilização de um sistema de representação matemática que já traga na sua formulação básica o conceito de concorrência. No entanto, também é importante que os resultados e modificações da TCS desenvolvidos para os autômatos integrados sejam mantidos, já que eles constituem uma base formal segura para o controle integrado de SED's.

Visando alcançar esses objetivos, além de suportar uma arquitetura mais geral para sistemas integrados, propõe-se um modelo com base na teoria de redes. As redes de Petri já trazem na sua conceituação original uma abordagem da concorrência, através de elementos locais distribuídos, que representam estados e transições de estado, segundo uma estrutura de grafo bipartido. As transições de estado locais influenciam os estados dos componentes vizinhos, habilitando ou inibindo as suas transições.

Assim, o estado de uma rede de Petri é representado de forma distribuída segundo seus componentes, através da marcação dos lugares ou condições e, por isso, o acréscimo ou a substituição de uma componente não afeta a estrutura da rede da mesma forma que na modelagem por autômatos.

Adicionalmente, ao contrário da teoria de autômatos, a teoria de redes já possui diversas técnicas bem estabelecidas de análise estrutural e comportamental de modelos. Por outro lado, as linguagens geradas por redes de Petri constituem uma superclasse das linguagens regulares (geradas por autômatos finitos), sendo que as redes de limitadas ("bounded") são equivalentes aos autômatos finitos.

Porém, a teoria clássica de redes não trata ainda de forma adequada, o conceito de modularidade que difere da idéia simples de elementos concorrentes e distribuídos. A presença de um componente ou módulo, dentro do modelo de íntegrans, pressupõe a existência de uma semântica e de um comportamento bem definidos, quase independentes da estrutura global, ou seja, o sistema integrado resulta de componentes individuais que já existiam previamente, com uma funcionalidade específica, segundo um determinado esquema "bottom-up".

O conceito de componente necessário a uma arquitetura geral de sistemas complexos integrados se assemelha aos conceitos de processos, objeto ou agente desenvolvido pela ciência da computação, porém, ainda sem um formalismo adequado ou aceito de modo

consensual. Juntamente com o conceito de componente, surge à necessidade do estabelecimento de algum tipo de esquema de comunicação entre os mesmos, que permita a integração e o surgimento de novos comportamentos na estrutura. Algumas propostas surgiram, entre as quais se destacam o CSP (“Communicating Sequential Processes”), de Hoare^{viii} e o CCS (“Calculus for Communicating Systems”), de Milner^{ix}, dentro do escopo da chamada álgebra de processos.

7. Sistema de Controle

Neste trabalho, será feita a modelagem do edifício integrado e inteligente, levando em conta o conceito de íntegron, onde se deseja monitorar e controlar os sistemas de iluminação, segurança, conforto térmico e elevador. Ao todo são oito ambientes, um no piso térreo, o elevador e mais duas salas e um corredor em cada um dos dois pisos.

Serão instalados sensores de presença, temperatura e de fumaça, além de iluminação e ventiladores para o controle térmico, bem como atuadores nas portas das salas e dos elevadores, conforme o diagrama.

De forma geral, essa modelagem se apresenta seguindo o percurso do usuário através do edifício, o fluxo das marcas simula o fluxo de pessoas, no entanto na modelagem do sistema de prevenção de incêndio, o fluxo de marcas tem como foco os sinais dos sensores e não as pessoas. Sendo assim, a modelagem se inicia no hall de entrada por onde primeiramente passarão os usuários. Depois, passaremos ao controle do elevador, que fará a interconexão com os outros andares, a partir de então será modelado o corredor, para posteriormente tratarmos da modelagem das salas, que aqui serão todas tratadas identicamente. Do ponto de vista do supervisor temos a modelagem das situações de emergência, tais como: incêndio, mau funcionamento de um dos controladores escravos, ou ainda o mau funcionamento dos atuadores e sensores. A seguir vemos dois modelos esquemáticos do prédio considerado.

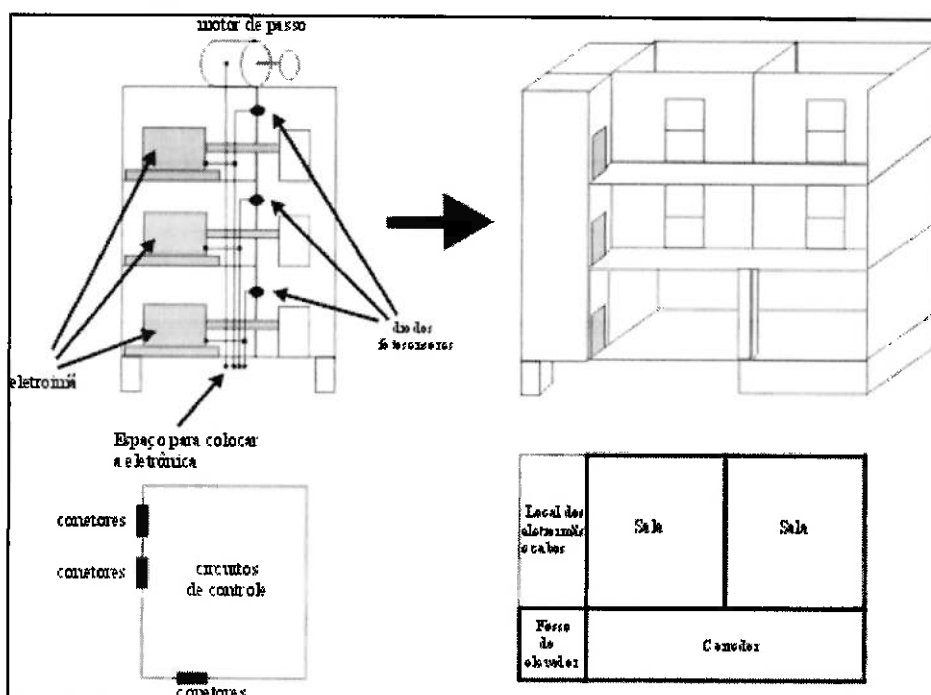
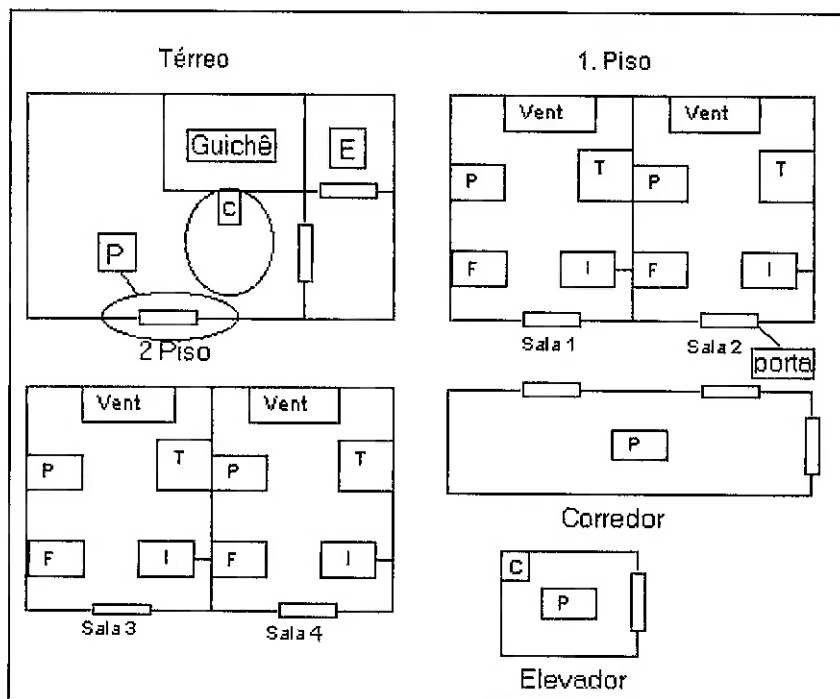


Figura 5.1.1: Esquema do prédio

Abaixo serão apresentadas descrições dos diferentes subsistemas, que serão tratados neste trabalho, com sua modelagem em Redes de Petri feitas através do programa *Visual Object 2.0^x*.

8. Modelagem

8.1. Modelagem do Hall

No hall de entrada temos a principal preocupação de controlar o acesso das pessoas ao prédio, precisamos saber se as pessoas que desejam entrar no prédio são funcionários ou colaboradores ou ainda, se elas são visitantes e se estão autorizadas a entrar no prédio.

Temos nessa estrutura, o térreo do prédio considerado, então, um sensor de presença na porta de entrada, controlando a entrada e saída das pessoas, além disso, temos uma câmera de reconhecimento de íris no guichê da recepção, temos atuadores nas portas de entrada e na porta de acesso ao hall de elevadores, além disso para a entrada de pessoas no prédio tem-se um banco de dados de pessoas conhecidas (os funcionários e colaboradores, além dos visitantes que já fizeram uma visita ao prédio em algum momento), no qual podem ser incluídas pessoas a todo momento pela recepcionista.

Observe que na modelagem as entradas dos sensores serão feitas segundo um modelo seguido durante todo o trabalho em que apresentaremos uma função, tal qual como se segue.

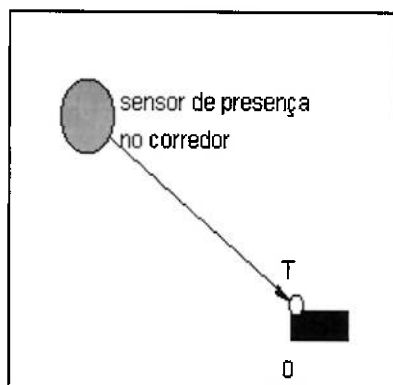


Figura 8.1.1: Representação da função “sensor” na modelagem proposta.

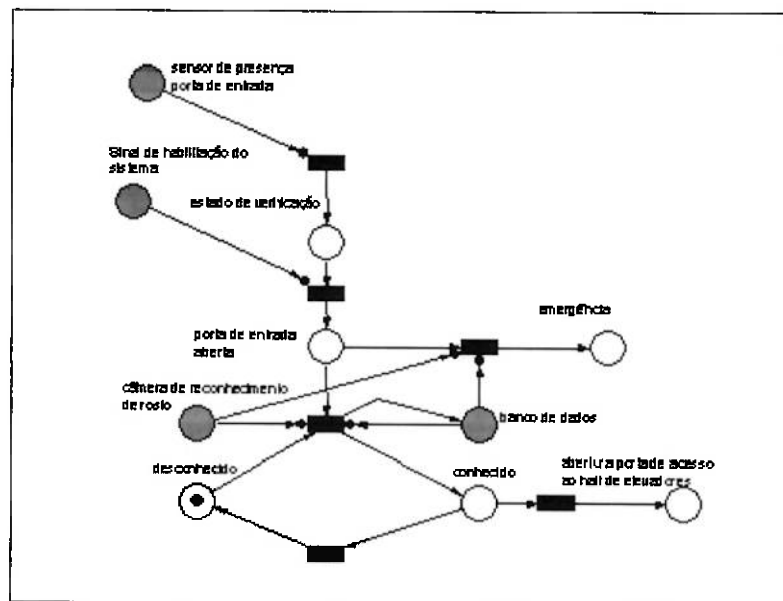


Figura 8.1.2: Modelagem do hall

8.2. Modelagem do sistema de elevadores

Depois de passado pela porta que dá acesso ao hall dos elevadores, entramos num outro subsistema, em que tratamos da presença no elevador, através de sensor de presença e câmera dentro do elevador, sensor de presença que informa em que andar está o elevador. Tal subsistema tem a única função de interligar os andares do prédio.

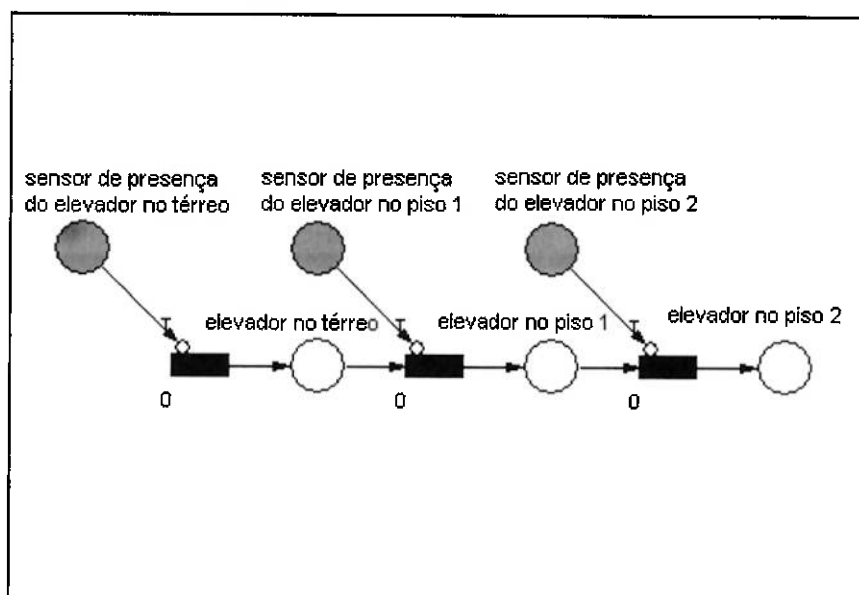


Figura 8.2.1: : Modelagem do elevador como item de integração

8.3. Modelagem do corredor

Tendo o nosso usuário chegado a um dos andares superiores, ele acessa um outro subsistema que além de ter a função de item integrador de sistemas, também controla acesso a áreas restritas (as salas). No corredor, temos um sensor de presença, e as portas de acesso às salas são controladas (por exemplo, através de fechadura eletrônica por meio de cartão de proximidade que consulta banco de dados e permite ou não o acesso).

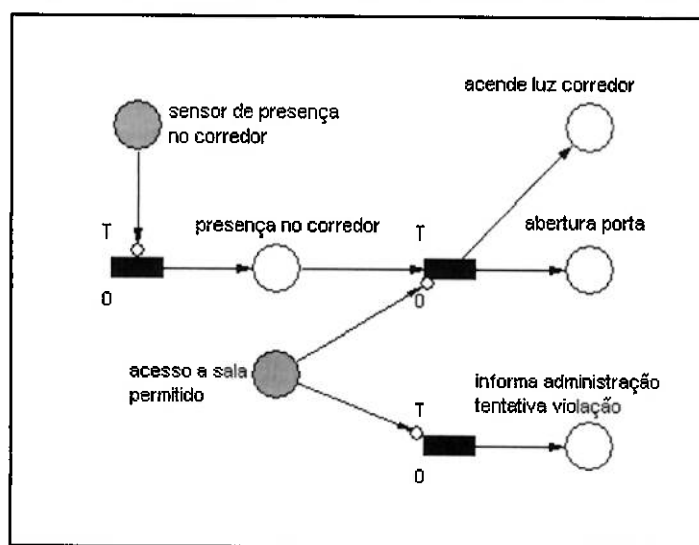


Figura 8.3.1: Modelagem do corredor

8.4. Modelagem dos subsistemas das salas

8.4.1. Sistema de Segurança

O sistema de segurança é responsável pela verificação da ocorrência de situações não esperadas e que possam afetar a integridade física das pessoas, das instalações presentes, ou interferência com os processos inerentes aos usuários do prédio (obtenção indevida de informação, etc.)

Em nosso projeto teremos duas preocupações referentes à segurança que serão divididos em dois sub-sistemas: o controle de acesso aos ambientes (salas) e a detecção de incêndio.

Quanto ao controle de acesso, os ambientes podem estar habilitados ou não para o uso, conforme o plano da administração do prédio. Estando desabilitados, a detecção de presença será tratada como uma intrusão e esta informação deverá ser passada para o sistema supervisor que tomará as providências necessárias na sala em que se encontra a situação detectada. Isto permite uma certa flexibilidade ao sistema, conforme os recursos disponíveis. O supervisor pode ainda, fazer verificações adicionais para melhor definir o que está acontecendo, podendo acionar um sistema de alarme, alertar um serviço de vigilância conectado a uma central de polícia, ou tomar medidas no sentido de isolar os ambientes que se encontram na vizinhança do ambiente invadido.

8.4.2. Modelagem do sistema de detecção de intrusão:

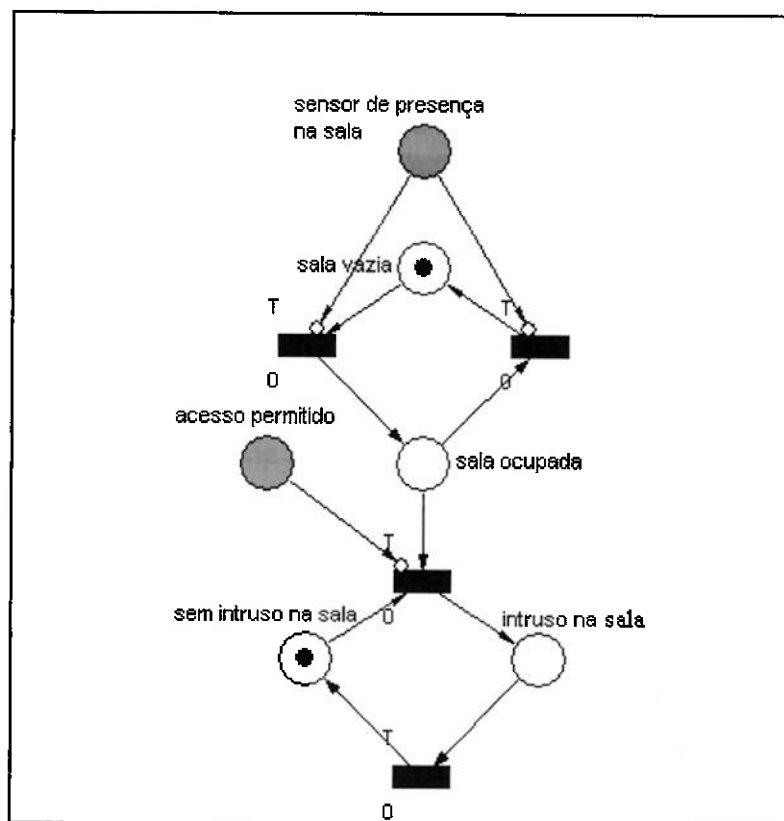


Figura 8.4.1: Rede de controle de detecção de presença

O subsistema de detecção de intrusão, cujos dispositivos estarão presentes em cada sala onde se queira ter a presença controlada, é modelado pela rede acima.

Parâmetros de Entrada:

- ✓ Flag indicando o sinal do sensor de presença;

- ✓ Flag que indica se o acesso está autorizado na sala.

Estados do Subsistema:

- ✓ Sala Desocupada;
- ✓ Sala Ocupada (neste caso, um flag indica se há ou não intrusos na sala).

Os estados são comunicados ao controlador central.

O estado padrão do sistema é a sala desocupada, livre para acesso. Este padrão pode, contudo, ser alterado pelo administrador do sistema com parâmetros que podem variar de acordo com a sala e/ou com o horário atual.

Observemos que foi adicionado, em relação ao modelo apresentado anteriormente, um arco entre a transição inferior da figura e o lugar “Sala Desocupada”, a fim de fazer o sistema retornar ao estado padrão quando os indivíduos não-autorizados deixarem a sala.

Para este modelo tem-se como parâmetro definido pelo usuário, a administração do prédio: a política de acesso, isto é, a permissão ou não do acesso naquele momento. Esta permissão está representada na rede GHENeSys (General Hierarchical Enhanced Net System) da figura 8.4 através de um pseudo-box (em azul). Os pseudo-boxes representam elementos cuja marcação não está no controle do sub-sistema em questão, mas sim de elementos externos (outros sub-sistemas, usuários externos, ou sinais originários do mundo externo ao sub-sistema). Na rede GHENeSys os pseudo-boxes são usados para representar eventos previsíveis porém não controláveis, por exemplo, a chegada de um indivíduo ao ambiente (elemento associado ao sensor de presença na figura 8.4).

Os dois estados possíveis para este modelo são: sala ocupada ou desocupada, habilitados a partir do sinal proveniente do sensor de presença.

8.4.3. Modelagem do sistema de detecção de incêndio.

Este subsistema, modelado pela rede apresentada abaixo, tem o objetivo de detectar, por meio de rotinas especiais, a existência de incêndio em algum andar do edifício. Também tem por função informar o administrador do sistema sobre a ocorrência de incêndio, bem como ativar os dispositivos de emergência (sprinklers) do andar no qual foi detectado incêndio.

Será implementado independentemente (porém com comunicação com o administrador) em cada um dos andares do edifício.

Parâmetros de Entrada:

- Flag oriundo do detector de fumaça;
 - Flag do controlador indicando se há foco de calor;
 - Flag indicando se houve acionamento manual do sistema de emergência;
 - Flag proveniente do administrador confirmando o incêndio ou comunicando que as condições estão normais. Observe que, na ausência do recebimento deste sinal, o sistema avança de “Aguardando Ordem” para “Ativar Sprinklers” após 1 segundo da chegada ao primeiro desses dois estados.
-
- Saídas do controlador:
 - Sinal de desativação do estado de emergência;
 - Sinal de comunicação ao servidor da possibilidade de incêndio;
 - Sinal de ativação dos sprinklers (ativação do estado de emergência).

A dinâmica deste subsistema envolve a chamada a uma rotina implementada no software do controlador: caso seja detectada fumaça, invoca-se uma função pré-programada que verifica o histórico de temperatura ambiente, por meio de outra sub-rotina que armazena as temperaturas lidas nos últimos 10 minutos a partir do sensor. Por meio de critérios pré-definidos, a função decide se houve aumento significativo de temperatura nos últimos minutos e, em caso positivo, ativa o flag “Foco de Calor”, fazendo o sistema avançar para o estado de envio de sinal de incêndio.

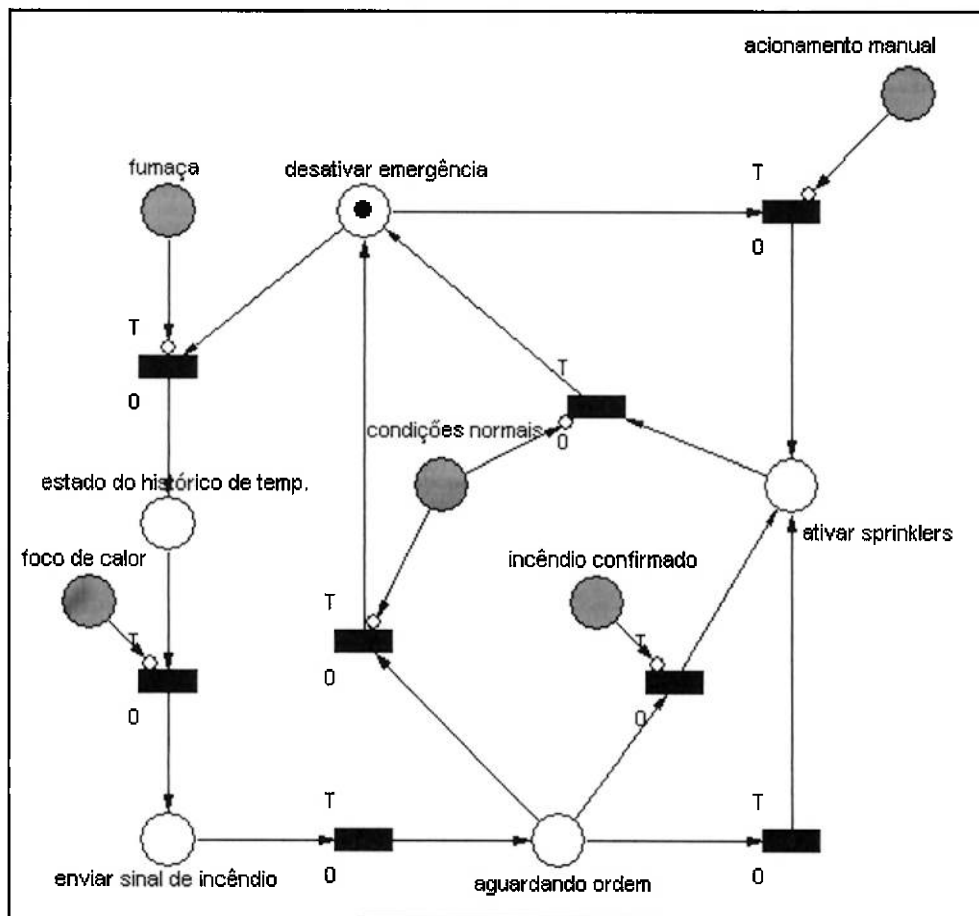


Figura 8.4.2: Rede de controle de detecção de incêndio

8.4.4. Modelagem do sistema de iluminação:

O acionamento da iluminação das salas será permitido caso o uso da sala esteja habilitado. A habilitação ou não da sala é feita pelo sistema supervisor, de acordo com a política de ocupação do edifício. Estando habilitado o usuário terá a possibilidade de acendê-la através do interruptor. Uma vez acesa, a luz se apagará ou através do interruptor ou se não for mais detectada presença na sala, quando a iluminação retorna ao seu estado *default*, que é apagada.

Entradas:

- Flag do sensor de presença;
- Flag indicando se as luzes estão habilitadas (ativadas pelo interruptor da sala).

- Saídas:

- Sinal de ativação ou desativação das luzes.

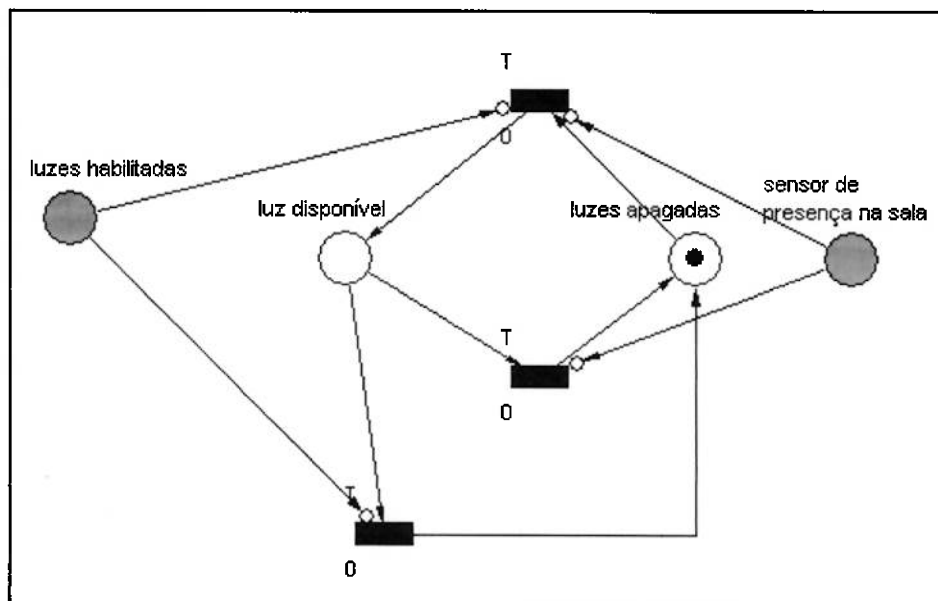


Figura 8.4.3: Rede de controle de Iluminação

8.4.5. Modelagem do Controle de temperatura

Este subsistema, cujo objetivo é proporcionar conforto térmico para os ocupantes da edificação, é apresentado abaixo:

O sistema que será implementado é uma simplificação de um sistema real de conforto térmico em ambiente predial, que envolvem diversas salas e instalações mais complexas.

O sistema de ventilação permitirá que o usuário defina a temperatura que deseja para a sala através do sistema supervisor (entre 20°C e 26°C). Sempre que a sala estiver habilitada e seja detectada presença, o sistema manterá a temperatura em torno de 0,5°C da temperatura definida. Caso a sala esteja desocupada o ventilador funcionará com velocidade constante e baixa, para que economize energia e não cause desconforto excessivo quando a sala for ocupada.

A modelagem do sistema de ventilação foi feita em duas etapas para facilitar sua implementação.

Um sub-sistema verifica a necessidade de se manter, elevar ou baixar a temperatura. Esta informação é o dado de entrada para outro sub-sistema de controle do ventilador.

O ventilador possui dez diferentes níveis de velocidades e seu controle é dado pelo número de níveis ativados. Desta forma, enquanto a temperatura desejada for menor que a temperatura ambiente os níveis do ventilador serão ativados até atingir-se o equilíbrio. Na situação contrária os níveis serão gradativamente desativados.

Entradas:

- Flag do sensor de presença;
- Sinal proveniente de uma função pré-programada indicando se a temperatura está correta, alta ou baixa.

Saídas:

- Sinal de atuação no ventilador (diminui ou aumenta velocidade).

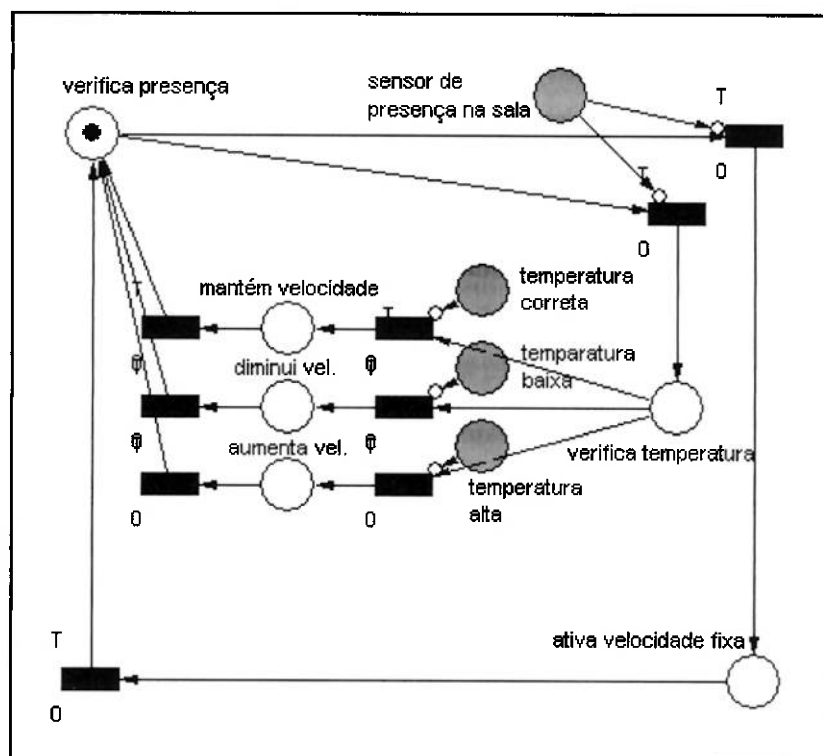


Figura 8.4.4: Modelagem do controle de temperatura

8.4.6. Modelagem do ventilador

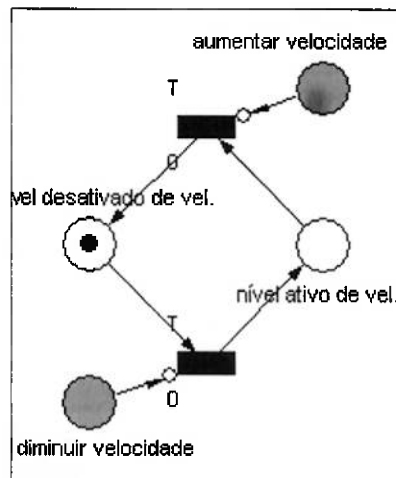


Figura 8.4.5: Rede de controle do Ventilador

Entradas:

- Aumentar velocidade
- Diminuir velocidade

Saída

- Níveis ativados do ventilador

8.5. Modelagem do sistema supervisório em caso de incêndio

Ao ser constatado o sinal de incêndio, o sistema supervisório ou controlador mestre precisa ser tratado de forma diferenciada, neste caso teremos o alarme ativado, desativaremos o controlador do andar de onde provém o sinal de alarme e o controlador mestre assumirá o controle do andar fazendo com que as portas permaneçam abertas, desligando todos os aparelhos exceto a iluminação e manterá a porta de acesso ao hall de elevadores aberta.

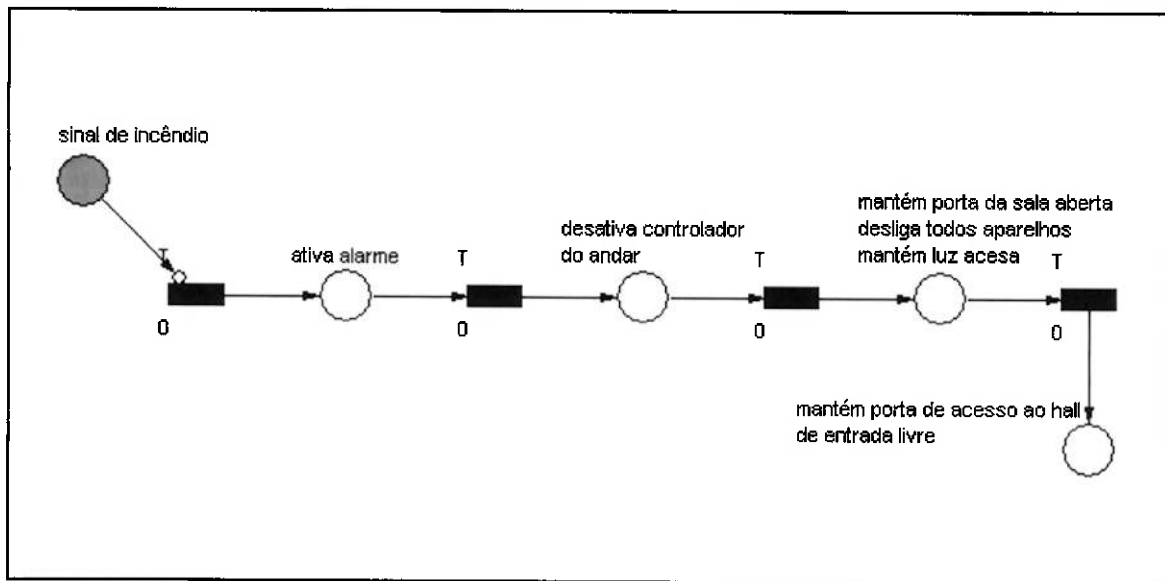


Figura 8.5.1: Modelagem do sistema supervisório em caso de incêndio

8.5.1. Modelagem do controle do elevador em caso de emergência

O controle no elevador será feito tanto para sua movimentação entre os andares como para sua atuação no caso de emergência. Para tal finalidade haverá dentro de sua cabine um sensor de presença e um atuador na porta para sua abertura e fechamento. Em cada andar será fixado um sensor de presença com a finalidade de detectar a posição do elevador. A movimentação do mesmo será feita por um motor de passo.

O procedimento de emergência para o elevador segue as seguintes instruções:

Se o sinal de incêndio é detectado a primeira coisa a ser feita é verificar se o elevador está em movimento ou não, isto é feito através dos sensores de presença instalados nos andares. Caso ele esteja parado, o sensor de presença interna no elevador é verificado. Se estiver inativo, ou seja, não há pessoas dentro da cabine, as portas são fechadas e travadas para que ninguém o utilize durante o procedimento de evacuação do prédio. No caso de haver pessoas dentro da cabine (sensor de presença ativo), as portas permanecem abertas para as pessoas saírem e somente quando não houver mais ninguém (sensor de presença inativo) as portas realizam o comando de fechar e ficarem travadas.

Para a situação de sinal de incêndio detectado e o elevador em movimento, o mesmo irá até o andar seguinte onde realizará todos os procedimentos descritos para a situação de elevador parado.

O status permanecerá na condição de emergência até que o procedimento de incêndio seja executado e então desabilitado. Quando isto ocorrer o elevador retornará na condição de desligado e deverá ser ligado novamente para que volte a operar de forma normal.

Dessa forma pode-se garantir que em caso de incêndio, nenhum usuário utilizará os elevadores nem ficará preso dentro deles.

Parâmetro definido pelo supervisor:

- Condições normais

Entradas:

- Movimento do elevador
- Presença no elevador
- Sinal de incêndio

Estados:

- Emergência ativada
- Emergência desativada

Saídas:

- Controle do movimento do elevador
- Controle das portas do elevador

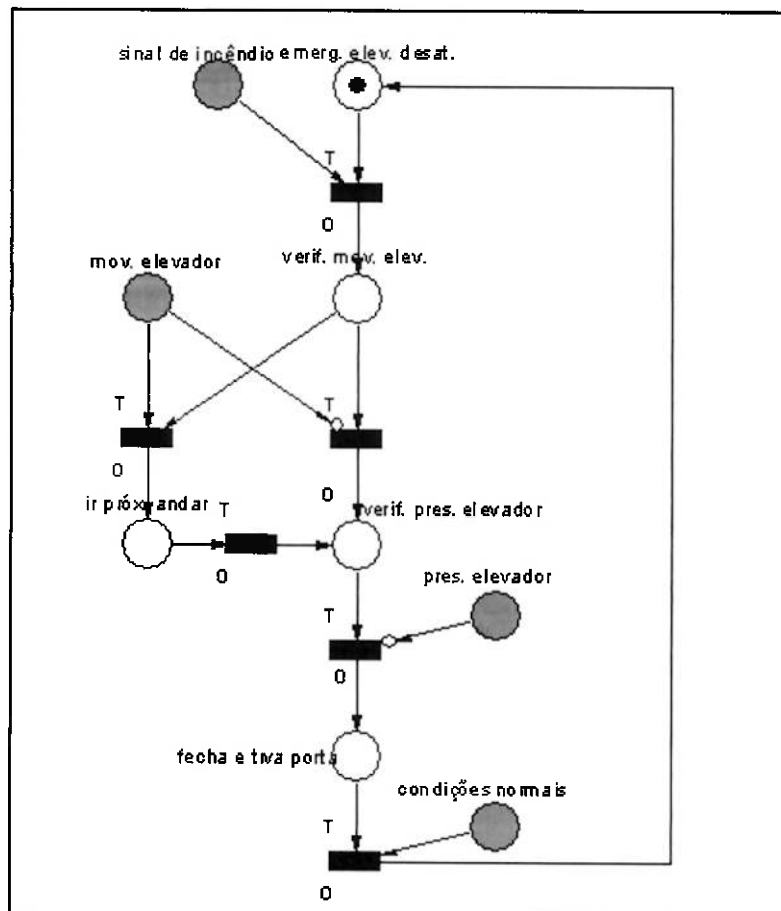


Figura 8.5.2: Rede de controle do elevador em emergência

8.6. Modelagem do sistema supervisorio em caso de falha dos controladores escravos, atuadores ou sensores.

No caso de falha nos controladores escravos, atuadores ou sensores, precisa-se verificar de onde provém o sinal de falha, desativar o controlador desse andar e ativar o controle de iluminação, ventilador e portas manualmente.

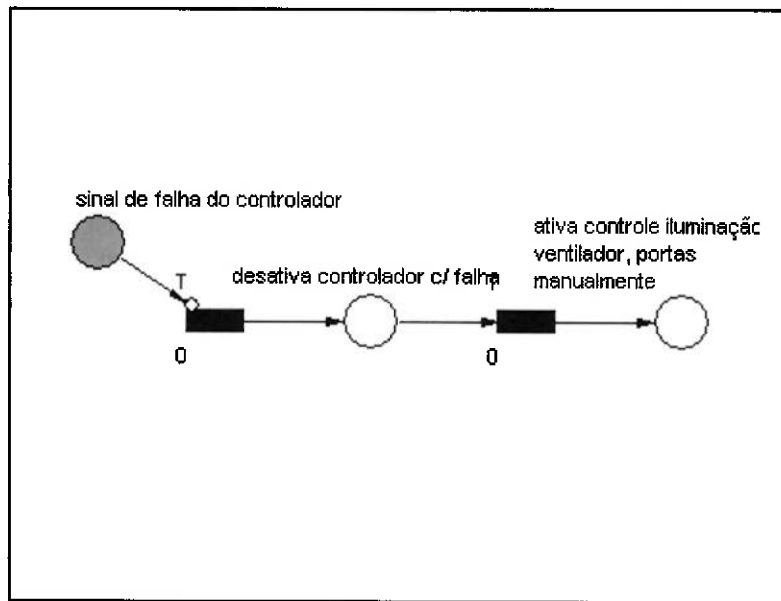


Figura 8.6.1: Modelo do supervisorio em caso de falha de um dos controladores servos.

9. Conclusão

Vemos pelas modelagens feitas acima que existe um fluxo de marcas que está diretamente relacionado com o fluxo de pessoas pelas várias regiões do prédio, sendo que também existe uma outra abordagem nas modelagens do sistema de detecção de incêndio, na modelagem do controle do elevador em caso de incêndio e nas duas modelagens do supervisorio em que os sinais são o foco da modelagem. A modelagem ou o íntegron responsável pelo controle do hall está vinculado com o íntegron do sistema de elevadores, que se liga com cada um dos pisos, acessando posteriormente o íntegron do corredor e este, por sua vez, se conecta com os íntegrans da sala, temperatura, iluminação, intrusão, incêndio. O íntegron incêndio se vincula ao íntegron movimento do elevador e ao supervisorio emergência por incêndio. Existe ainda um íntegron no supervisorio que sempre testa o funcionamento dos outros íntegrans e caso haja falha este fica ativo. Deste modo, fica exposto, que se faz extremamente necessário para uma abordagem integrada o conceito de íntegron e o conceito de hierarquia. Uma nova abordagem a ser modelada seria um íntegron que se vinculasse ao íntegron incêndio e que determinasse rotas de fuga através da iluminação de pequenas lâmpadas instaladas no solo, outra modelagem interessante para trabalhos futuros seria uma abordagem levando-se em conta o número de pessoas nos ambientes do prédio.

10. Algoritmos Computacionais

Alguns algoritmos foram pré-definidos como forma de adiantar a fase de programação e são apresentados abaixo:

Subsistema de Controle de Acesso ao Hall de Entrada

```
/* *****  
 * HALL.C  
 *  
 * Programa para deteccao de intrusao.  
 *  
 *  
 ***** v. 01 *****/  
  
/* Funcoes a serem definidas */  
extern void portaentrada (void);  
extern bool reconhecimentoirises (void);  
extern bool bancodados (void);  
extern void portaelevador (void);  
  
int main()  
{  
    int SalaOcupada = 0, intruso = 0;  
  
    if (sensorpresenca==1)  
    {  
        estadoverif=1;  
        if (habilitacaosist == 1)  
        {  
            portaentrada();  
            if (reconhecimentoirises() == 1 && bancodados()==1)  
            {  
                conhecido = 1;  
                portaelevador();  
            }  
        }  
        else  
            emergencia==1;
```

}
}
}

Subsistema de Detecção de Intrusão

```
/* *****
 * INTRUSAO.C
 *
 * Programa para deteçao de intrusao.
 *
 *
 ***** v. 01 *****/

/* Funcoes a serem definidas */
extern int  SensorPresenca    (void);
extern int  AcessoPermitido   (void);
extern void EnviaSinalIntruso (void);

int main()
{
    int SalaOcupada = 0, intruso = 0;

    while (1)
    {
        if (SalaOcupada == 0)
            if (SensorPresenca() == 1)
                SalaOcupada = 1;

        if (SalaOcupada == 1)
        {
            if (AcessoPermitido() == 1)
                intruso = 0;
            else
            {
                intruso = 1;
                EnviaSinalIntruso();
            }

            if (SensorPresenca == 0)
```

```
{  
    intruso = 0;  
    SalaOcupada = 0;  
}  
}  
}
```

Subsistema de Detecção de Incêndio

```
/* *****
 *
 * INCENDIO.C
 *
 * Programa para deteçao de incendio.
 *
 *
 * ***** v. 01 *****/

#define SIM 1
#define NAO 0

/* Funcoes de sinal externo */
extern int DetectaFumaca (void);
extern int FocoCalor      (void);
extern int AcionamentoManual (void);
extern int IncendioConfirmado (void);
extern int CondicoesNormais   (void);

/* Funcoes ativas */
extern void LeTempo          (tipo_tempo Tempo);
extern void EnviaSinalIncendio (void);
extern void AtivaSprinklers   (void);
extern void DesAtivaSprinklers (void);
extern int  DifTempo          (tipo_tempo Tempo2, tipo_tempo Tempo1); //
Retorna Tempo2-Tempo1 em segundos

main()
{
    int Emergencia = 0;
    tipo_tempo Tempo1, Tempo2;

    /* Loop principal */
```



```

while (1)
{
    if (Emergencia == 0)
    {
        if (DetectaFumaca() == 1)
            if (FocoCalor() == 1)
            {
                EnviaSinalIncendio();
                LeTempo (&Tempo1);

                while(1)
                {
                    if (CondicoesNormais() == 1) break;
                    if (IncendioConfirmado() == 1)
                    {
                        Emergencia = 1;
                        AtivaSprinklers();
                        break;
                    }
                }
                LeTempo (&Tempo2);
                if (DifTempo (Tempo2, Tempo1) >= 1)
                {
                    Emergencia = 1;
                    AtivaSprinklers();
                    break;
                }
            }
    }
}

else /* Emergencia == 1 */
{
    if (CondicoesNormais() == 1)
    {
        DesativaSprinklers();
        Emergencia = 0;
    }
}

```

```
    }  
  } /* while */  
}
```

Subsistema de Controle de Iluminação

```
/******  
* ILUMINACAO.C  
*  
* Programa para controle da iluminacao.  
*  
*  
***** v. 01 *****/  
  
#define SIM 1  
#define NAO 0  
  
/* Funcoes a serem definidas */  
extern int SensorPresenca (void);  
extern int LuzesHabilitadas (void);  
  
/* Funcoes ativas */  
extern void AcendeLuz (void);  
extern void ApagaLuz (void);  
  
int main()  
{  
    int LuzAcesa = NAO;  
  
    while (1)  
    {  
        if (LuzAcesa == NAO) /* Luz esta apagada */  
        {  
            if (SensorPresenca() == SIM && LuzesHabilitadas() == SIM)  
            {  
                AcendeLuz();  
                LuzAcesa = SIM;  
            }  
        }  
    }  
}
```

```

    }
}

else /* Luz esta acesa */
{
    if (SensorPresenca() == NAO || LuzesHabilitadas() == NAO)
    {
        ApagaLuz();
        LuzAcesa = NAO;
    }
}
}
}

```

Subsistema de Controle de Temperatura

```
/* **** */
* TEMPERATURA.C
*
* Programa para controle da temperatura ambiente.
*
*
***** v. 01 *****/

#define SIM 1
#define NAO 0

#define VEL_MAX    10
#define VEL_MIN    0

#define T_BAIXA    0
#define T_IDEAL    1
#define T_ALTA     2

#define DELAY_TIME 120 /* Segundos */

/* Funcoes a serem definidas */
extern int SensorPresenca    (void);
extern int ChecaTemperatura  (void);
extern int VelPadrao         (void);

/* Funcoes ativas */
extern void AtivaVent (int Velocidade);
extern void Delay     (int Tempo);

int main()
{
```

```

int vel, temp;

vel = VelPadrao();
AtivaVent (vel);

while (1)
{
    if (SensorPresenca == SIM)
    {
        temp = ChecaTemperatura();
        if (temp == T_BAIXA)
            if (vel > VEL_MIN)
            {
                vel = vel - 1;
                AtivaVent(vel);
                Delay (DELAY_TIME);
            }
        else if (temp == T_ALTA)
        {
            if (vel < VEL_MAX)
            {
                vel = vel + 1;
                AtivaVent(vel);
                Delay (DELAY_TIME);
            }
        }
    }

    else
    {
        if (vel != VelPadrao())
        {
            vel = VelPadrao();
            AtivaVent (vel);
            Delay (DELAY_TIME);
        }
    }
}

```

}

11. Bibliografia

-
- ⁱ Finley, M. Jr., Karakura, A., Nbogni, R., *Survey of Intelligente Building Concepts*, IEEE Comunicatios Magazine, April, 1991.
- ⁱⁱ Atkin, Brian, *Intelligent buildings : applications of IT and building automation to high technology construction projects* (1988).
- ⁱⁱⁱ A. Kell, *Intelligent Building now*, Eletrotechnology, October/November (1996), 26-27.
- ^{iv} T. Derek, J. Clements-Croome, *What do we mean by intelligent buildings?*, Automation in Construction 6 (1997) 395-400.
- ^v Arkin H. Parciuk M. *Evaluating Intelligent Buliding according to level of service system interation*. Automation and Construction. 1997. 471-9.
- ^{vi} Jacob, F. *La logique du Vivant: Une Histoire de l'Hérédité*, Éditions Gallimard, Paris 1970.
- ^{vii} Ramos, Roberto Luiz da Cunha, *Modelagem de Sistemas de Controle Integrados por uma Arquitetura Baseada em Íntegrans*, tese de mestrado, USP, São Paulo, 2000.
- ^{viii} Hoare, C. ^a R. *Communicating Sequential Processes*, Prentice-Hall, Englewood, Cliffs, N.J., 1985.
- ^{ix} Milner, R. *A Calculus of Communicating Systems*, Lecture Notes In Computer Science, vol. 92, Springer-Verlag, New York, 1980.
- ^x Takahashi, M. D., Schaaffhausen P. M., *Sistemas de Informação para Automação Predial*, Trabalho de Formatura, 2001.