

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA**

**Jorge Haroldo Lemes Vieira
Paulo de Azevedo
Sérgio de Miranda Abrahão**

**Sistemas de Proteção contra Incêndio
em Centros de Processamento de Dados**

**São Paulo
2005**

**Jorge Haroldo Lemes Vieira
Paulo de Azevedo
Sérgio de Miranda Abrahão**

**Sistemas de Proteção contra Incêndio
em Centros de Processamento de Dados**

**Monografia apresentada ao
PECE, Programa de Educação
Continuada da Escola Poli-
técnica da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título
de Engenheiro de Segurança
do Trabalho.**

**Área de concentração:
Eng^a Segurança do Trabalho**

**São Paulo
2005**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Jorge Haroldo Lemes Vieira
Paulo de Azevedo
Sérgio de Miranda Abrahão

Monografia apresentada ao PECE,
Programa de Educação Continuada da
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de
Engenheiro de Segurança do Trabalho.

Área de concentração:
Eng^a Segurança do Trabalho

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Diante da diversidade de assuntos que poderíamos abordar neste trabalho, dentro da área de Engenharia de Segurança, escolhemos o assunto “Sistemas de Proteção contra Incêndios” e aqui, especificamente, em Centros de Processamento de Dados, os CPD’s, por motivos que certamente serão compreendidos: novas tecnologias, o que torna o assunto interessante; experiência adquirida em anos de trabalho na área; divulgação de tecnologias envolvidas no assunto que envolve empresas de grande porte ao redor do mundo.

A informação, que nos dias atuais, adquire o *status* de bem mais valioso de qualquer empresa, desde as de alta tecnologia até as que possuem enormes bancos de dados, deve ser protegida de forma adequada. O estágio atual de desenvolvimento dos computadores permite que se armazene uma quantidade fabulosa de informação em outros tipos de mídia diferentes do papel, em um espaço muito menor e com acesso muito mais rápido quando necessário. Porém, a presença de eletricidade e devido à facilidade de propagação de chamas nos materiais envolvidos requer uma proteção adequada.

Sensores de todos os tipos de fenômenos envolvidos com o fogo, tais como chamas, fumaça e temperatura, estão cada vez mais sensíveis e confiáveis; unidades de controle versáteis, que permitem o gerenciamento de situações e a transmissão de sinais, inclusive imagens, possibilitando uma reação eficaz; substâncias para o combate ao fogo que não agredem o meio ambiente nem são nocivas à saúde humana. Estes são apenas alguns dos temas tratados aqui com a profundidade que julgamos ser a necessária.

Gostaríamos de agradecer a algumas pessoas pela ajuda que prestaram, espontaneamente, para a realização deste trabalho: a nossas famílias que, ao longo destes dois anos, sempre nos incentivaram a continuar; ao nosso orientador, Prof. Carlos Eduardo Strauch Alberio, que cedeu parte de seu tempo, conhecimento e literatura sobre o assunto; às empresas Fike, DuPont, que nos muniram de informações precisas e atuais.

RESUMO

A tecnologia atual permitiu um avanço enorme nas relações internas e externas das grandes empresas. Transações nacionais e até internacionais de todo o tipo podem ser executadas sem sair de casa, automaticamente, através da internet. Enormes computadores e bancos de dados são necessários para que isto seja possível. Um bom exemplo, são os estabelecimentos bancários. Correntistas em todo o território nacional e até no exterior acessam o sistema em qualquer ponto de caixa eletrônico, de forma rápida e segura.

Segurança tem sido, realmente, o motivo das maiores preocupações dos gestores dos bancos de dados. Tanto da integridade da informação como dos equipamentos que a processam e armazenam. Por este motivo, os Centros de Processamento de Dados são, cada dia, mais sofisticados. A segurança contra incêndio é uma das partes importantes deste contexto. Dispositivos cada vez mais sofisticados para detecção precoce de um princípio de incêndio e a extinção automática e não danosa às pessoas, meio ambiente e aos equipamentos estão disponíveis no mercado.

Neste trabalho analisaremos estes dispositivos e as variáveis envolvidas e pretendemos apresentar uma visão geral do assunto abrangendo as novidades disponíveis no mercado.

ABSTRACT

Technology promoted many breakthroughs in internal and external relationships in big companies.

Thanks to the internet, business transactions can take place anywhere at anytime.

Large computers and data processors are essential in order to make them happen and banks are a good example of the use of technology since the ATMs provide fast and safe information to their clients.

Data processing managers see safety of information as well as of the equipment used to process and store it as a main problem.

Fire safety is a big concern so sophisticated devices for very early fire detection and automatic extinguishing which aren't harmful to people, environment and equipment are now availed in the market.

Here we present an analysis of these devices and them related variables and provide a general overview of the subject including the latest information available.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1 -	Detector de fumaça	1
Figura 2. 1 -	Diagrama lógico de um sistema de detecção e alarme de incêndio	5
Figura 2. 2 -	Painel inteligente	6
Figura 2. 3 -	Painel convencional	6
Figura 2. 4 -	Linha de detecção mostrando a conexão em paralelo dos detectores	7
Figura 2. 5 -	Sinalizador áudio visual	9
Figura 2. 6 -	Detector iônico	10
Figura 2. 7 -	Esquema de uma câmera de amostra de um detector do tipo óptico	11
Figura 2. 8 -	Câmera de um detector óptico	11
Figura 2. 9 -	Sinais interpretados pelo software do detector para a composição de um sinal de alarme	12
Figura 2.10 -	Detalhe da instalação da rede de tubos de PVC, instalada acima do forro falso e com bicos para a aspiração de amostras do ar ambiente	15
Figura 2.11 -	Detector térmico	15
Figura 3. 1 -	Conjunto de cilindro e acessórios	23
Figura 3. 2 -	Conjunto de acessórios com disco de ruptura, disparador pirotécnico e manômetro.....	24
Figura 3. 3 -	Cilindro auxiliar de nitrogênio e pressostato.....	24
Figura 3. 4 -	Difusor de 360 °	26
Figura 4. 1 -	Ambiente típico de um CPD, com alguns detalhes de interferências	29
Figura 4. 2 -	Sala de CPD com sistema de proteção contra incêndio instalado	31
Figura 4. 3 -	Chave de bloqueio	32
Figura 4. 4 -	Esquema elétrico do sistema de detecção de combate a incêndio	33
Figura 5. 1 -	Contagem dos T's para correção da quantidade de agente	37
Figura 5. 2 -	Exemplo de isométrico	42

Figura 5. 3 -	Isométrico com os trechos de tubulação	43
Figura 5. 4 -	Configurações possíveis para entradas e saídas de um T	46
Figura A. 1 -	Planta de sala com instalação de sistemas de detecção e combate (Planta de ambiente)	54
Figura A. 2 -	Planta de sala com instalação de sistemas de detecção e combate (Planta do Entre Piso)	55
Figura A. 3 -	Desenho isométrico da instalação das figuras anteriores	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 -	Valores de tensão e corrente em uma linha de detecção convencional	8
Tabela 2.2 -	Valores característicos de um ambiente em condições normais.....	13
Tabela 3.1 -	Características físicas dos gases extintores disponíveis no mercado	19
Tabela 3.2 -	Desempenho e toxicidade dos diversos agentes analisados	20
Tabela 3.3 -	Tempos limites de exposição humana a agentes extintores em diferentes concentrações	21
Tabela 3.4 -	Principais coeficientes ambientais para os compostos	22
Tabela 5.1 -	Densidades dos agentes estudados.....	36
Tabela 5.2 -	Correção da quantidade de agente em função dos T's	38
Tabela 5.3 -	Correção da quantidade de agente em função da pressão atmosférica	39
Tabela 5.4 -	Cilindros disponíveis com a faixa de capacidade.....	41
Tabela 5.5 -	Raio de ação de difusores para agentes extintores limpos.....	42
Tabela 5.6 -	Mínima pressão suportada pela tubulação em função do agente utilizado	43
Tabela 5.7 -	Vazão máxima e mínima dos difusores e tubos em função dos diâmetros	44
Tabela 5.8 -	Equivalência de comprimento das conexões – em metros	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPD	Centro de processamentos de dados	1
LED	Light emitting diode	6
CA	Corrente alternada	10
NBR	Normas Brasileiras	13
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas	13
PVC	Policloreto de vinila (Plástico)	14
UNEP	United Nations Environment Programme	18
HCFC	Hidroclorofluorcarbono.....	18
HFC	Hidrofluorcarbono.....	18
PFC	Perfluorcarbono	18
BTM	Bromotrifluormetano	19
NFPA	National Fire Protection Association	20
UL	Underwriters Laboratories	20
NOAEL	No observed adverse effect level	20
LOAEL	Lowest observed adverse effect level	20
PBPK	Phisilogically based pharmacokinetic model	22
ODP	Ozone depletion potencial	22
GWP	Global warming potential	22
ATL	Atmospheric lifetime	22

LISTA DE UNIDADES E SÍMBOLOS

μA -	Microampere	7
$\text{k}\Omega$ -	Kilohms	7
mA	Miliampere.....	7
V_{cc} -	Voltagem (Corrente contínua)	8
m^2 -	Metro quadrado	13
m -	Metro	13
cm -	Centímetro	13
$^{\circ}\text{C}$ -	Graus Celsius	15
CO_2 -	Dióxido de carbono.....	17
ppm -	Partes por milhão	21
min -	Minutos	21
v / v -	Concentração em volume de gás por volume do ambiente	21
kg -	Quilograma	22
bar -	Unidade barométrica (Pressão)	23
kg / m^3 -	Quilograma por metro cúbico	35
m^3 / kg -	Metro cúbico por quilograma	36
lb / ft^3 -	Libra por pé cúbico	43
kg / s -	Quilograma por segundo	43

SUMÁRIO

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Lista de Figuras	iv
Lista de Tabelas	v
Lista de Abreviaturas e Siglas	vi
Lista de Símbolos	vii
1. Introdução	1
1.1 Objetivo	4
1.2 Justificativa	4
1.3 Metodologia	4
2. Sistemas de Detecção e Alarme contra Incêndios	5
2.1 Detectores de Fumaça Pontuais	10
2.2 Detectores de Fumaça por Aspiração	14
2.3 Outros Tipos de Detectores	15
2.4 Dispositivos de Saída	16
3. Sistemas de Extinção de Incêndios	17
4. Considerações sobre o Ambiente em CPD'S	28
5. Fatores Importantes para Projeto	34
6. Exemplo prático	47
7. Conclusão	50
8. Referências	51
9. Anexos	53

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia de sistemas de proteção contra incêndio nos dias atuais, está em um estágio que permite oferecer um nível de segurança bastante satisfatório para o usuário, tanto que grandes empresas, aconselhadas por suas companhias seguradoras, estão tornando a instalação destes equipamentos um item obrigatório em suas unidades ao redor do mundo.



Figura 1.1: Detector de Fumaça

Detectores dos fenômenos do fogo (fumaça, calor e chama), como os da Figura 1.1, mais confiáveis e sem partes radioativas, unidades de controle cada vez mais inteligentes e com mais informações disponíveis e entidades normativas que certificam os equipamentos e, desta forma, os diferenciam em grupos distintos de confiabilidade,

fazem do investimento, além de um atendimento às normas, uma melhoria em matéria de segurança e, principalmente, na continuidade do negócio. Não precisamos fazer contas para concluir que um banco teria um grande prejuízo, caso um de seus CPD's (Centro de Processamento de Dados) fosse atingido pelo fogo e fossem necessários "alguns dias" para fazer com que tudo voltasse a funcionar novamente. É verdade que o gerenciamento moderno não permite que haja informação sem *back up*, mas mesmo assim seria um grande problema. Ainda não nos voltamos para a segurança de vidas humanas, que em caso de perdas, multiplica o prejuízo em todos os sentidos: financeiro, a imagem da empresa no mercado, etc.

Abordaremos ao longo deste trabalho, informações sobre duas vertentes apresentadas distintamente na literatura técnica disponível: a detecção e o combate a incêndio.

Nos limitaremos ao ambiente dos Centros de Processamentos de Dados. Estes são ambientes muito similares em todas as suas versões e podemos abranger vários conceitos relacionados ao assunto considerando apenas este tipo de risco.

Abordaremos alguns conceitos sobre os quais apresentamos abaixo uma breve descrição.

Uma análise feita por profissionais especializados, que leva em consideração as reais condições da ocorrência de incêndio, a carga incendiária, ou seja, o que poderia servir de combustível para a manutenção do fogo, possíveis rotas de fuga para os ocupantes da edificação e a correta sinalização destes caminhos emergenciais e a forma mais eficaz de sinalizar esta ocorrência em seu estágio mais incipiente e posteriormente combatê-lo, em alguns casos automaticamente, são os assuntos relacionados ao tema aqui tratado.

O trabalho de um especialista na área inicia-se ao analisar a área ou ambiente e escolher a melhor solução para a proteção das pessoas e dos bens existentes naquele ambiente levando em consideração a estrutura física, a ocupação, as influências de elementos externos tais como o vento, a temperatura, a umidade, ar condicionado, altura, etc. As medidas possíveis de serem adotadas vão desde simples extintores portáteis, destes tão comumente vistos em qualquer edificação, até sofisticados equipamentos de detecção e combate automáticos.

Não podemos deixar de mencionar aqui que o trabalho mais importante para evitar perdas com incêndios é, na verdade, da equipe designada para combatê-lo. Os ocupantes da edificação, brigadas internas de incêndio ou, em último caso, bombeiros públicos, guardadas as proporções que o incêndio possa atingir, deverão ter à disposição os meios de combater o fogo e o treinamento necessário para tal. Não abordaremos em nosso trabalho este importante aspecto por tratar-se de assunto tão extenso quanto ao que exporemos.

De acordo com as instruções técnicas do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, os extintores portáteis foram desenvolvidos para extinguirem o fogo levando em consideração o material que estiver sendo consumido. O agente extintor utilizado deverá ser o mais indicado para a extinção de incêndio em diferentes tipos de materiais, que foram divididos em classes. As classes de materiais mais comuns são:

Classe A: madeira e tecido.

Classe B: líquidos inflamáveis.

Classe C: Equipamentos elétricos.

Há agentes extintores mais indicados para cada classe de material. Em alguns locais é comum utilizar-se mais de um extintor portátil, com agentes diferentes, indicados para diferentes tipos de materiais existentes na localidade.

O trabalho de prevenção contra incêndio possui ainda outros importantes aspectos que começam já na construção da edificação. Fatores como facilitação de acesso de viaturas, disponibilidade de água para o combate ao fogo, compartimentação horizontal e vertical da edificação, utilização de materiais resistentes e que não propaguem fogo, entre outros, são cuidados que devem ser levados em consideração já na etapa de projeto da construção. Maiores detalhes sobre todos estes aspectos e outros mais, são descritos e analisados nas Instruções Técnicas do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, que servem como base para todos os demais estados da federação, e estão disponíveis no *site* da Polícia Militar do Estado de São Paulo¹.

Outros conceitos importantes são os de detecção e combate automático a incêndios. Com relação à detecção de incêndio, abordaremos equipamentos eletrônicos desenvolvidos com uma de duas intenções: alertarem uma equipe de combate para a ocorrência de um evento ou iniciarem automaticamente este combate. Para tanto utilizam-se os detectores já citados.

Há sistemas com detectores pontuais e sistemas que funcionam por aspiração. Nestes, a operação não é tão passiva quanto nos detectores pontuais. O ar do ambiente é sugado e analisado por um detector de partículas que pode diferenciar fumaça de poeira e emitir um alarme muito antes que seja necessário mais que um toque na chave geral para eliminar o risco de um incêndio de grandes proporções.

Aliados a esta tecnologia de detecção incipiente de incêndio, estão os dispositivos desenvolvidos para combatê-lo. São levados em conta vários fatores, tais como a não agressividade ao meio ambiente, às pessoas e aos equipamentos elétricos. Novos compostos estão sendo desenvolvidos para a substituição do Halon, que durante dé -

¹ www.polmil.sp.gov.br/ccb.

cadáveres foi a única alternativa para o combate ao fogo sem danos à vida, porém, com um enorme prejuízo ao meio ambiente. Ao longo do trabalho citaremos estes prejuízos aqui mencionados.

1.1 – OBJETIVO

Nosso objetivo é reunir informações hoje dispersas em diferentes normas e catálogos de fabricantes sobre os equipamentos disponíveis no mercado para a finalidade de proteção contra o risco de incêndio, apresentando uma visão geral do assunto, as novidades disponíveis no mercado e integrar os assuntos Detecção e Combate à incêndio em um único trabalho.

1.2 – JUSTIFICATIVA

Obter o título de Engenheiro de Segurança do Trabalho e contribuir para a divulgação deste assunto entre os futuros integrantes deste curso.

1.3 - METODOLOGIA

A metodologia utilizada é a pesquisa em normas, catálogos e *sites* de institutos normativos e fabricantes para a elaboração das diversas tabelas e a utilização de nossa experiência profissional, adquirida ao longo dos anos de trabalho na área, para a elaboração do texto e das figuras.

2. SISTEMAS DE DETECÇÃO E ALARME CONTRA INCÊNDIO

Um sistema de detecção e alarme contra incêndio é composto por um painel central, dispositivos sensores que geram sinais para o painel, informando sobre situações das áreas supervisionadas, e dispositivos que geram sinais a partir de um comando do painel.



Figura 2.1: Diagrama lógico de um sistema de detecção e alarme de incêndio

Há diferentes tipos e utilidades de dispositivos de entrada, de painéis e de dispositivos de saída, cada um adequado a uma situação. Na lista de dispositivos de entrada temos detectores de fumaça (iônicos, ópticos, lineares ou por aspiração), detectores de temperatura (fixos ou termovelocimétricos), detectores de chama (ultravioleta ou infravermelho) e acionadores manuais ou módulos de supervisão.

Os sistemas podem ser divididos basicamente em dois tipos: os inteligentes e os convencionais. Os sistemas do tipo inteligente possuem, devido à utilização de microprocessadores em seus circuitos, a característica de fornecer uma informação mais completa ao operador do sistema³.

Na maioria das vezes esta informação é fornecida através de textos, programados pelo próprio usuário, em displays de cristal líquido, como mostrado na Figura 2.2. Os sistemas inteligentes são também, na quase totalidade, endereçáveis, ou seja, fornecem um texto explicativo de localização para cada dispositivo de entrada, mes -

³ Muitas informações apresentadas foram reunidas ao longo dos anos, em nossa experiência profissional, não havendo indicação de fontes.

mo os conectados no mesmo par de fios ou linha de detecção, conforme será explicado adiante. Em contrapartida, os sistemas convencionais oferecem uma sinalização luminosa, um LED, por exemplo, para cada linha de detecção. Quando um detector estiver em situação de alarme, este LED piscará e o local de instalação de todos os dispositivos conectados àquela linha, estará disponível em uma etiqueta colada ao lado do LED, conforme Figura 2.3. Não será possível identificar no painel qual dispositivo estará gerando aquela sinalização.

Apenas após uma verificação no local de instalação será possível identificar o dispositivo alarmado, através de uma sinalização luminosa nele próprio.



Figura 2.2: Painel Inteligente



Figura 2.3: Painel Convencional

Apresentamos a seguir um exemplo de conexão de linha de detecção do tipo convencional nas bases⁴ dos detectores.

Na Figura 2.4, verificamos que o fio positivo é conectado sem interrupções, porém o fio negativo é interrompido em cada base. A continuidade se dá através do detector, quando ele está instalado.

⁴ Bases são dispositivos que suportam as conexões elétricas das fiações da linha de detecção e nas quais são encaixados os detectores.

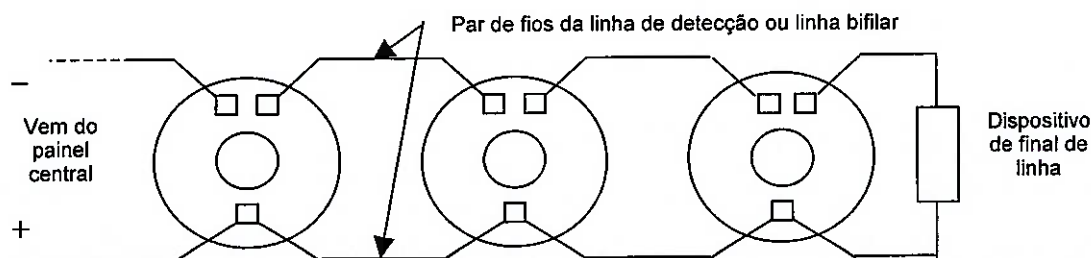


Figura 2.4: Linha de detecção mostrando a conexão em paralelo dos detectores

A corrente consumida por cada detector é baixíssima, da ordem de μA . Uma corrente de supervisão da fiação forma-se através do dispositivo de fim de linha, que na maioria das centrais é um resistor de valor em torno de $4,7\text{ K}\Omega$. Quando algum detector for retirado de sua base ou a fiação for interrompida por qualquer motivo, esta corrente deixará de circular e o painel central emitirá uma sinalização de falha naquela linha de detecção. A corrente de supervisão circulante é em torno de 5 mA . Como a corrente circulante através das linhas de detecção é limitada, a tensão varia conforme se exige mais ou menos corrente, dependendo da situação da linha.

Os detectores convencionais, quando a quantidade de fumaça na câmara é suficiente para gerar uma sinalização de alarme, modificam sua impedância na linha de detecção mostrada na Figura 2.4, diminuindo-a a um valor bem abaixo do dispositivo de final de linha (algo em torno de $1\text{ K}\Omega$) fazendo com que o painel identifique este aumento de corrente como uma sinalização de alarme. Uma outra condição é possível quando há um curto circuito entre os fios positivo e negativo da linha de detecção. Neste caso a corrente irá subir a um valor limitado apenas pela resistência da fiação, porém o painel de controle tem em cada saída, um circuito limitador de corrente que não permite que este valor ultrapasse a 100 mA , na maioria dos painéis. Neste caso a sinalização do painel será de falha na linha.

Assim, são possíveis os seguintes estados de uma linha de detecção: aberto, normal, em alarme e em curto circuito. Estes estados são informados pelo painel de acordo com o nível de tensão apresentado pelo circuito alimentador da linha, conforme Tabela 1.1:

Estado da linha	Nível de tensão	Nível de corrente
Aberto antes do 1º detector	Máximo – 24 Vcc	Nulo
Normal	22 a 19 Vcc	≈ 5 mA
Em alarme	16 a 12 Vcc	≈ 25 mA
Em curto	0 Vcc	Até 100 mA

Tabela 2.1: Valores de tensão e corrente em uma linha de detecção convencional

Os valores da tabela acima não são padronizados, mas servem como referência. Esta operação básica é verificada nos dispositivos (painéis e detectores) do tipo convencional ou de endereçamento coletivo. Em sistemas microprocessados ou endereçáveis, o par de fios da linha de detecção torna-se um *bus*⁵ de comunicação entre o painel de controle e os dispositivos de campo (detectores, acionadores, etc), visto que cada dispositivo possui um microcontrolador em seu circuito que permite, na pior das hipóteses, que cada dispositivo possua um endereço numérico, armazenado em memória não volátil, que permitirá sua identificação individual no painel central mesmo estando conectado ao mesmo par de fios que outros dispositivos semelhantes, porém com endereços numéricos diferentes.

Do exposto acima, podemos ressaltar os seguintes conceitos:

- Linha de detecção – Par de fios, para a maioria dos painéis, nos quais são conectados os dispositivos de entrada de um sistema de detecção.
- Sistema convencional – A sinalização dos eventos ocorridos são transmitidos ao operador, na maioria das vezes, através de sinalizações luminosas com LED's. Os textos explicativos das localizações dos dispositivos são feitos através de etiquetas adesivas no painel frontal do sistema (ver Figura 2.3).
- Sistema inteligente – A sinalização é feita no painel central através de displays com textos individuais para cada dispositivo instalado e é possível controlar cada um deles individualmente. Além disso, facilidades de interfaces com computadores e impressoras estão disponíveis na maioria deles.

⁵ Meio físico de transferência de informação em sistemas microprocessados.

- Linha de detecção convencional – Não fornece ao operador do sistema a localização individual dos dispositivos nela instalados, a não ser que haja um único dispositivo. Apresentam uma tensão de ≈ 22 Vcc, corrente baixa e limitada pelo painel.
- Linha de detecção inteligente – Se comunica individualmente com cada dispositivo instalado no par de fios devido à presença de microprocessadores em cada um deles. Uma análise do sinal presente na fiação nos mostrará pulsos de comunicação entre os dispositivos e a central, não havendo mais uma tensão fixa na linha, como nos painéis convencionais. Neste tipo de linha não é necessário interromper a fiação em cada dispositivo instalado nem utilizar os dispositivos de final de linha. Como cada dispositivo se comunica com o painel central, caso um deles deixe de se comunicar, o painel emitirá uma sinalização individual de falha para aquele dispositivo. Alguns fabricantes utilizam linhas de detecção com 3 fios, um dos quais é exclusivo para alimentação.



Figura 2.5: Sinalizador áudio visual

Sobre os dispositivos de saída, não há tanta diferença entre os sistemas convencionais e inteligentes com relação à interligação com o painel. Os sistemas inteligentes nos permitem a elaboração de lógicas de acionamento muito mais sofisticadas, com temporizações diversas para diferentes dispositivos e a mudança de parâmetros através, apenas, de modificação de software. Nos sistemas convencionais esta modificação deverá ser feita, na maioria das vezes, através de

hardware. Mas do painel para fora é tudo a mesma coisa. Normalmente, são circuitos que demandam correntes mais altas e torna-se mais difícil a utilização de dispositivos microprocessados.

Na lista de dispositivos de saída temos sirenes, sinalizadores visuais (do tipo *flash*, por exemplo), acionamento de dispositivos de combate (válvulas, solenóides, cabeças de comando elétrico, etc), desligamentos de equipamentos (ventiladores, ar condicionado, painéis de alimentação CA, equipamentos e máquinas, etc) e acionamentos de equipamentos de controle (exaustores, portas corta fogo, etc). A atuação de todos estes dispositivos pode ser programada no painel, via software ou hardware, de modo a acontecer apenas com alguns dispositivos específicos de entrada, temporizadas ou não. Neste trabalho vamos nos ater aos dispositivos que são normalmente utilizados em sistemas instalados em CPD's.

2.1. DETECTORES DE FUMAÇA PONTUAIS



Figura 2.6: Detector Iônico

Ulrich Eberl, em seu artigo do primeiro semestre de 1999, "*All Fired Up About Intelligent Detectors*", publicado na revista da Siemens sobre Ciência e Tecnologia *Research and Innovation*, nos conta uma breve história da invenção dos detectores de fumaça nos anos 40. O detector iônico utiliza uma pastilha radioativa (Amerício 241) em sua concepção, conforme mostrado na Figura 2.6, que ioniza o ar dentro de uma câmara de amostra na qual se forma uma corrente elétrica de íons.

Esta corrente é comparada com outra, de uma câmara fechada, de referência. Quando a fumaça invade a câmara de amostra, há uma diminuição desta corrente, que faz com que amplificadores sensíveis detectem esta mudança e o detector entre em estado de alarme. Pesquisas já fizeram evoluir muito o detector de fumaça. Hoje os detectores já não utilizam mais as temíveis pastilhas radioativas. A radioatividade destas pastilhas não é tão alta a ponto de tornarem-se perigosas para o ser humano,

mas ainda assim são radioativas e devem obedecer a procedimentos específicos de descarte em órgãos autorizados, o que desestimula bastante a sua utilização. Embora fossem, em alguns casos muito mais sensíveis que os sensores de outro tipo. Atualmente os detectores pontuais são, principalmente, do tipo óptico, nos quais uma fonte de luz infravermelha e um sensor, isolados opticamente por um anteparo, são as partes mais importantes de uma câmera de amostra, como mostra o esquema da Figura 2.7 e a foto da Figura 2.8.

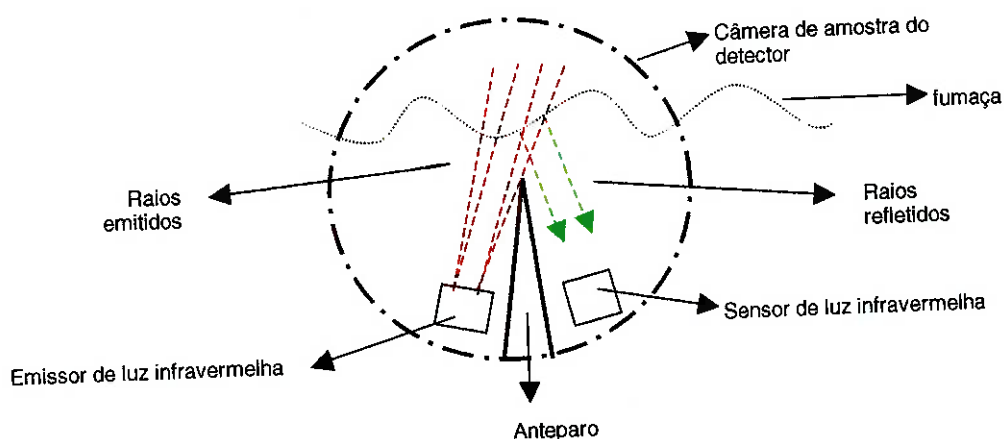


Figura 2.7: Esquema de uma câmera de amostra de um detector óptico

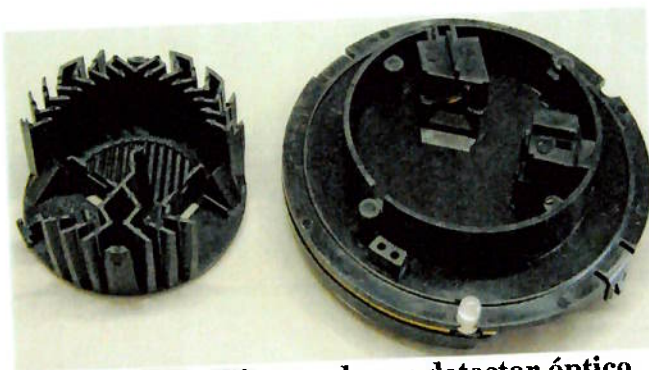


Figura 2.8: Câmera de um detector óptico

Os dispositivos com mais tecnologia utilizam as informações obtidas dos sensores como dados para um software de operação instalado em seu microcontrolador. Com a informação de níveis de tensão proporcionais à quantidade de fumaça presente na câmara de

amostra e à temperatura ambiente, o software interno do detector se baseia em algoritmos programados para uma operação que utiliza os conceitos de Lógica

Difusa⁶, podendo fazer com que o mesmo detector possa ser instalado em locais com diferentes condições ambientais. Na Figura 2.9, podemos ver um esquema simplificado de como o software do detector trabalha. As informações dos sensores óptico e térmico passam por circuitos que avaliam a taxa de aumento, a flutuação e amplitude destes sinais e, através de parâmetros baseados em lógica difusa, redes neurais e inteligência artificial, geram um sinal de alarme, ou seja, uma indicação de que um possível incêndio está em progresso, muito mais confiável que os sensores que não possuem estas características. (EBERL, 1999)

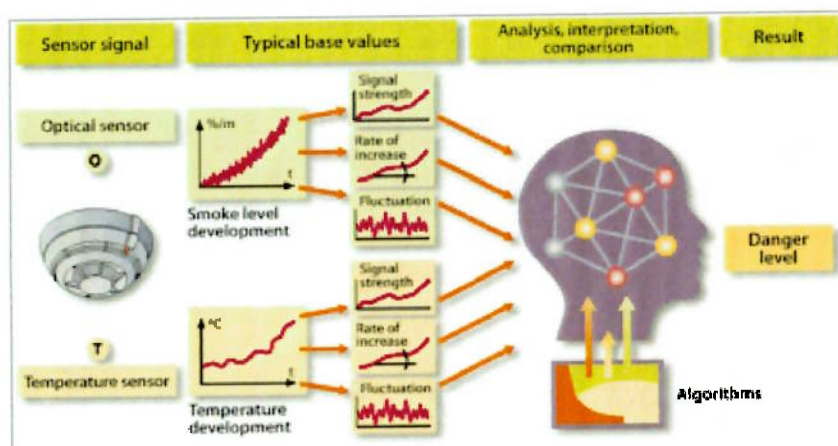


Figura 2.9: Sinais interpretados pelo software do detector para a composição de um sinal de alarme
Fonte: EBERL, 1999

Desta forma, estes detectores podem ser instalados em diferentes locais, com diferentes condições ambientais tais como garagens, cozinhas, depósitos, museus, hospitais, CPD's, hotéis, escritórios, tendo um ótimo desempenho em todos eles. Cada um destes ambientes foi analisado e verificou-se o comportamento dos detectores em cada um deles, em condições normais e em condições de fogo, levando-se em consideração todas as influências típicas, tais como vapores,

⁶ Lógica Difusa ou *Fuzzi Logic* é um conceito associado aos princípios da inteligência artificial que viola o conceito da dualidade, no qual uma afirmação é falsa ou verdadeira, com o qual trabalham os computadores. Neste novo conceito, mais próximo da forma de pensar do ser humano, podem existir estágios intermediários, ou seja, nem totalmente verdadeiro, nem totalmente falso.

ventilação, temperatura, umidade, etc, de modo a fazer com que o detector somente gere um sinal de alarme em condições de fogo real e muito mais rapidamente que outros mais antigos. Estes são os detectores denominados multicritério, ou seja, são sensíveis a mais de um fenômeno do fogo. Porém, mesmo ativados, são ainda pontuais e passivos, ou seja, detectam a fumaça apenas quando esta os atinge, no ponto em que estão instalados.

A norma brasileira NBR 9441, da ABNT, prevê a utilização dos detectores pontuais em locais com interferências tais como velocidade do ar ou número de trocas de ar do ambiente, altura de instalação do detector, temperatura, obstáculos à movimentação da fumaça, etc. Ela prevê que em condições consideradas normais (vide Tabela 2.2), cada detector supervisione uma área de até 81 m².

Esta área deverá ser considerada como um quadrado de 9 m de lado inscrito em um círculo centrado no ponto de instalação do detector e com raio de, aproximadamente, 6,3 m. Utiliza-se a área do quadrado e não a do círculo porque no caso de supervisão de uma área qualquer deverá haver sobreposição destes círculos para que toda a área possa ser supervisionada, não havendo pontos, entre os círculos, sem supervisão.

Dentro do círculo acima citado podem ser inscritos retângulos de vários tamanhos, adequando-se à área a ser supervisionada. As dimensões de dois lados paralelos do retângulo podem ser diminuídas de forma a aumentar a dos outros dois lados, adequando-se, assim, a um corredor comprido e estreito, por exemplo.

CARACTERÍSTICA DO AMBIENTE	VALOR DE REFERÊNCIA
Número de trocas de ar por hora	8,6
Pé direito	8 m
Tipo de teto	Liso ou com vigas de no max. 20 cm

Tabela 2.2: Valores característicos de um ambiente em condições normais
Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998

À medida que as interferências aumentam, a área supervisionada por cada detector diminui e serão necessários mais detectores para supervisionar uma mesma área. Por

exemplo, o número de trocas de ar por hora, que é o volume de ar insuflado na sala durante uma hora, dividido pelo volume da sala, pode fazer com que a área supervisionada por um detector de fumaça caia para até 10 m². Da mesma forma, vigas com mais de 60 cm diminuem esta área pela metade. (ABNT, 1998)

Quando da elaboração do projeto do sistema, todas estas variáveis deverão ser estudadas e levadas em consideração. Caso surjam dúvidas devido a algum parâmetro, um teste real de fumaça deverá ser executado. O teste real de fumaça consiste em provocar fumaça através de métodos específicos, previstos na norma NBR 9441, observando o comportamento da fumaça nas diferentes situações de temperatura, umidade e velocidade do ar a que estará submetida, para assim determinar a quantidade e posicionamento dos detectores pontuais.

2.2. DETECTORES DE FUMAÇA POR ASPIRAÇÃO

A tecnologia mais recente em detectores automáticos de fumaça é a tecnologia de detecção por aspiração e análise do ar do ambiente. Este tipo de detecção de fumaça consiste de um detector a *laser*, que possui a capacidade de analisar partículas, podendo diferenciar uma partícula de poeira de uma molécula de fumaça. Este detector é instalado em um local próximo à área a ser monitorada e é interligado a uma rede de tubos de PVC, que possui uma série de furos através dos quais o ar ambiente, com fumaça ou não, será sugado, filtrado e analisado pelo detector a *laser*. O equipamento pode, inclusive, determinar a quantidade de fumaça na amostra de ar coletado. Ao atingir o limiar pré-ajustado, o equipamento acionará seus dispositivos de saída, de alerta ou de combate.

A rede de tubos de PVC é mais facilmente instalada, não requer manutenção e o preço é menor que instalações elétricas com tubulações metálicas.

Cada furo da tubulação pode ser considerado como um detector pontual. Para instalações em locais de difícil acesso, este tipo de sistema facilita, e muito, a manutenção do sistema. (VISION FIRE AND DETECTION SYSTEM, 2006)

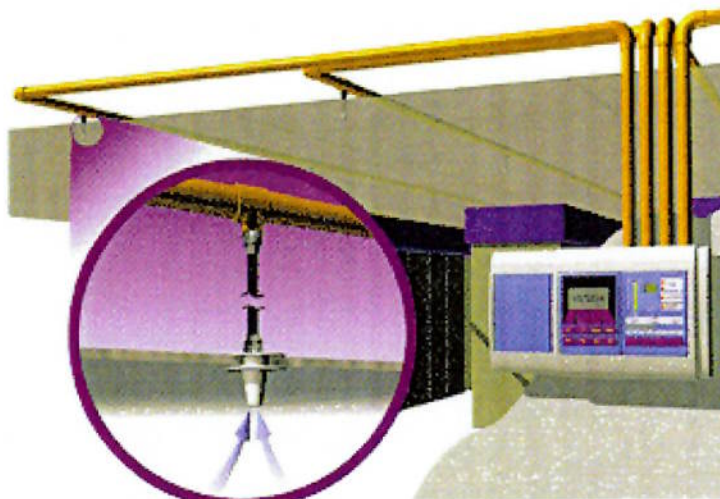


Figura 2.10: Detalhe da instalação da rede de tubos de PVC, instalada acima do forro falso e com bicos para aspiração de amostras do ar ambiente

Fonte: VISION FIRE AND DETECTION SYSTEM, 2006

2.3. OUTROS TIPOS DE DETECTORES



Figura 2.11: Detector Térmico

Há outros tipos de detectores de fenômenos do fogo além de fumaça. Há os detectores sensíveis à temperatura e à chama, porém não são utilizados em CPD's. Os detectores sensíveis à temperatura podem ser do tipo "temperatura fixa" ou "termovelocimétricos". Os de temperatura fixa enviam ao painel um sinal de alarme quando a temperatura ambiente atinge um valor máximo pré-estabelecido. Há detectores

ajustados para enviarem ao painel um sinal de alarme em diversos valores de temperatura. Os mais comuns são os de 57 °C, entretanto há detectores para 82 °C, 140 °C e, até, 600 °C.

Os modelos termovelocimétricos entram em estado de alarme com a velocidade de aumento da temperatura. Se houver um aumento de 10 °C em menos de um minuto o detector enviará um sinal de alarme ao painel central. Por exemplo, se a temperatura ambiente aumentar de 20 para 30 °C em menos de 1 minuto, a sinalização de alarme acontecerá. A norma NBR 9441 prevê que os detectores pontuais de temperatura supervisionem uma área de até 36 m².

Os detectores de chama são utilizados quando este fenômeno é esperado antes de haver fumaça ou aumento de temperatura. Normalmente são utilizados para a supervisão de locais de armazenamento de líquidos combustíveis.

Dependendo do material e, conseqüentemente, do comprimento de onda da luz emitida pela chama o detector poderá ser especificado, entre os sensíveis à luz infravermelha ou ultravioleta. Normalmente os detectores de chama são utilizados quando o combate ao fogo deve ser imediato, com gás extintor ou espuma.

2.4. DISPOSITIVOS DE SAÍDA

Os dispositivos de saída utilizados em sistemas de detecção e alarme contra incêndio podem ter a finalidade de alerta, acionamento de dispositivos de combate e/ou controle e desligamentos de outros equipamentos que poderiam prejudicar o combate ao incêndio.

Entre os dispositivos de alerta estão as sirenes e *flashes* (ver Figura 2.5). Estes últimos são utilizados por exigência de entidades de defesa de pessoas com algum tipo de deficiência física, no caso, deficiência auditiva. A luminosidade mínima emitida e a frequência do *flash* são parâmetros importantes neste caso.

Outros dispositivos são os responsáveis pelo acionamento automático de combate ao incêndio. Nesta lista estão as cabeças de comando elétrico, os solenóides e os dispositivos pirotécnicos. Mais adiante entraremos em detalhes mais específicos destes dispositivos.

3. SISTEMAS DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIOS

Em áreas que abrigam valores, que possam, em caso de perda por incêndio, impedir a continuidade imediata do negócio ou causar problemas para uma área muito maior ao redor, é indicado que haja um sistema de combate automático. Um sistema de combate automático pode utilizar diversos agentes extintores, tais como água, espuma, CO₂, gases limpos ou inertes. O termo “automático” deve-se ao fato de que este sistema não é acionado pelo operador, mas o próprio painel de controle do sistema de detecção de incêndio se encarrega de acioná-lo automaticamente quando da detecção de fumaça, por exemplo, por um detector pontual e a confirmação por outro detector instalado na mesma área. Neste caso, a área protegida será inundada pelo agente extintor, em uma concentração adequada, de forma a extinguir um possível foco de incêndio. Medidas complementares deverão ser tomadas pelo projetista do sistema, entre as quais o desligamento de energia e de insuflamento de ar, fechamento de *dampers* corta fogo, ativação de sinalização externa à área, entre outras⁷.

Cada sistema difere um do outro em função do agente extintor utilizado. Sistemas que utilizam a água como agente extintor, que são indicados para locais em que esta cause menos transtorno que o próprio fogo, possuem componentes específicos tais como válvulas hidráulicas acionadas eletricamente através de solenóides, tubulação interligada a uma fonte de água, bombas para pressurização da água dentro da tubulação, manômetros e pressostatos para a supervisão da pressão na linha e acionamento das bombas, respectivamente, e os difusores próprios para o espalhamento da água no recinto. Por outro lado, sistemas que utilizam gases como agente extintor possuem cilindros para o armazenamento do gás, tubulações resistentes à pressão quando do disparo do gás, manômetros e pressostatos para a verificação da carga dos cilindros e o desligamento automático de equipamentos externos, respectivamente, dispositivos de disparo / acionamento das válvulas dos ci-

⁷ Muitas informações apresentadas foram reunidas ao longo dos anos, em nossa experiência profissional, não havendo indicação de fontes.

lindros e difusores que facilitarão a dispersão do gás por toda a área a ser protegida, inclusive entreforros e entrepisos. Em função do gás utilizado, procedimentos de segurança à vida humana deverão ser levados em consideração. Há gases extintores indicados para locais não utilizados permanentemente por pessoas e gases para locais com presença humana. Outros parâmetros interessantes são a agressividade do agente e seus subprodutos ao meio ambiente e aos equipamentos em geral. Faremos uma breve descrição dos agentes disponíveis no mercado e nos concentraremos naqueles utilizados como agentes extintores em CPD's.

Os agentes extintores mais utilizados nas últimas décadas são o CO₂, para ambientes não ocupados, e os Halons, para áreas ocupadas durante a maior parte do tempo. Após a assinatura do protocolo de Montreal por 24 países em setembro de 1987, os compostos halogenados foram perdendo espaço e hoje, além de não haver mais sistemas novos instalados, os antigos estão sendo substituídos por outros gases, através de um processo de *retrofit*. Esta substituição deve-se ao fato de que estes compostos atacam a camada de ozônio que protege a terra dos raios ultravioletas do sol, diminuindo-lhe a espessura e, conseqüentemente a proteção. (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 1999)

Os compostos orgânicos halogenados, ou halons, são gases cujas moléculas contêm carbono e algum elemento químico da família dos halogênios (flúor, cloro, bromo, iodo e astato). Os compostos de bromo e flúor foram os mais utilizados. O gás conhecido comercialmente como Halon 1301⁸, utilizado em sistemas de combate por inundação total e que tem a fórmula CF₃Br – bromotrifluormetano – foi largamente utilizado nas últimas décadas do século passado. O motivo era muito simples: não é prejudicial à saúde humana podendo ser utilizado mesmo em recintos ocupados, tem uma alta eficiência e não ataca equipamentos elétricos. Porém, o ataque à camada de ozônio impulsionou as pesquisas de compostos alternativos e hoje há uma variedade de gases, com algumas vantagens e desvantagens em relação ao Halon 1301, disponíveis no mercado, entre eles os HCFC's, HFC's e os PFC's. Atualmente estes

⁸ Esta numeração deriva da fórmula CF₃Br, que identifica 1 átomo de Carbono, 3 de Flúor, nenhum de Cloro e 1 de Bromo.

novos gases têm sido usados em novos sistemas e em *retrofitting* para os sistemas com Halon 1301. (UNEP, 1999)

Nos concentraremos em quatro gases: um gás do grupo HCFC, hidrocloro-fluorcarbono, a mistura A ou *blend* A; dois gases do grupo HFC, hidrofluorcarbono; e um gás do grupo PFC, perfluorcarbono. Os nomes comerciais destes novos gases e algumas características importantes são apresentados nas tabelas abaixo.

Nome genérico	Nome comercial	Grupo	Pressão do vapor (bar)	Composição química
Halon 1301	BTM	Halon	12,90	CF ₃ Br
HCFC Mistura A	NAF-SIII ⁹	HCFC	8,30	CHClF ₂ 82 % CHClF ₂ CF ₃ 9,5 % CHCl ₂ CF ₃ 4,75 % C ₁₀ H ₁₆ 3,75 %
HFC-125	FE-25 ¹⁰	HFC	12,10	CF ₃ CHF ₂
HFC-227ea	FM-200 ¹¹	HFC	3,91	CF ₃ CHFCF ₃
FC-3-1-10	CEA-410 ¹²	PFC	2,84	C ₄ F ₁₀

Tabela 3.1: Características físicas dos gases extintores disponíveis no mercado

Fonte: UNEP, 1999

Na tabela acima, a pressão do vapor é a mínima pressão que mantém o gás em estado líquido, ou seja, abaixo desta pressão ele se tornará gasoso. Todos os compostos são mantidos em estado líquido através da pressurização retornando ao estado gasoso quando a pressão diminui, exceto o NAF-SIII, que uma parcela de 8,5% se mantém em estado líquido mesmo depois de despressurizado.

A próxima tabela nos mostra os valores referentes à toxicidade e o desempenho, como agentes extintores, destes compostos gasosos.

Todos os valores apresentados na tabela abaixo são expressos em porcentagem de volume do agente extintor por volume do ambiente protegido. Os valores da primeira

⁹ Gás extintor fabricado pela North American Fire Guardian, entre outras.

¹⁰ Gás extintor fabricado pela DuPont, com esta marca registrada.

¹¹ Gás extintor fabricado pela Great Lakes Chemical Corporation, com esta marca registrada.

¹² Gás extintor fabricado pela 3M.

coluna são as concentrações necessárias para a extinção de fogos classe B (líquidos e gases inflamáveis). A norma NFPA 2001, da National Fire Protection Association, previa, até 1999, apenas testes e referências com relação aos fogos classe B. Porém, para o nosso caso, CPD's, esta não é uma boa referência, pois gases e líquidos inflamáveis não são encontrados nestas áreas.

A partir de então, desenvolveu-se novo procedimento de testes, pela norma UL2166, que prevê o combate aos fogos classe A (papel e madeira), e estabeleceu-se que os fogos classe C, em equipamentos elétricos e que nos interessa, teriam igual tratamento.

Gás	Conc. mín. p/ extinção de fogos classe B	Conc. p/ inertização de mist. ar/metano	NOAEL	LOAEL	Massa necessária em relação ao Halon 1301
Halon	5,0	4,9	5,0	7,5	1,0
NAF SIII	12,0	20,1	10,0	>10	1,6
FE-25	9,7	14,7*	7,5	10,0	1,6
FM-200	7,9	8,8	9,0	10,5	1,9
CEA-410	7,1	8,6	40,0	>40	2,3

Tabela 3.2: Desempenho e toxicidade dos diversos agentes analisados

Fonte: UNEP, 1999

*** - NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 2004**

Na segunda coluna, temos a concentração de agente extintor necessária para a inertização de uma determinada mistura metano / ar, que por sua vez possui a concentração em proporções tais que provocariam o maior aumento de pressão no vaso de teste¹³ em caso de explosão. Na última coluna, temos a relação entre a massa de Halon 1301, utilizado como referência, e a massa do gás em questão para obter-se o mesmo desempenho, para fogos classe B. Nas duas outras colunas temos os valores do NOAEL e LOAEL. Estes valores referem-se ao “*No Observed Adverse Effect Level*”, que é o nível de concentração de agente extintor no qual não se observa nenhum efeito no ser humano em caso de exposição (testes cardíacos feitos em ani -

¹³ Teste para determinação da concentração de agente extintor necessária para inertização de mistura ar/metano descrita no item A.5.4.3, da NFPA 2001.

mais e extrapolados para os seres humanos) e “*Lowest Observed Adverse Effect Level*”, no qual começa a ser observado algum efeito. Observando-se a tabela acima, nota-se que o desempenho (concentrações e massas necessárias) e a toxicidade (NOAEL e LOAEL) do Halon 1301 são mais satisfatórios que as dos outros agentes. A NFPA, entidade normativa norte americana, permite a utilização de agentes que são eficientes no combate ao fogo em sistemas de inundação total de áreas ocupadas, em concentrações até o LOAEL, com as ressalvas de um tempo máximo de permanência na área de 5 minutos, com rota de fuga curta e sinalizada, conforme IT's 11 e 20, e meios de abortar a operação. Nota-se que as concentrações necessárias de NAF-SIII estão muito acima dos níveis de NOAEL e LOAEL deste gás. Isto inviabiliza sua utilização em muitas aplicações. Quando a eficiência do gás exige concentrações acima do LOAEL, o tempo de 5 minutos vai diminuindo conforme Tabela 3.3 abaixo.

Limites de tempo de exposição para agentes limpos			
Concentração (v/v)	Concentração (ppm)	FE25 (min)	FM200 (min)
7,5	75	5	
8,0	80	5	
8,5	85	5	
9,0	90	5	5
9,5	95	5	5
10,0	100	5	5
10,5	105	5	5
11,0	110	5	1,13
11,5	115	5	0,60
12,0	120	1,67	0,49
12,5	125	0,59	
13,0	130	0,54	
13,5	135	0,49	

Tabela 3.3: Tempos limites de exposição humana a agentes extintores em diferentes concentrações

Fonte: NFPA, 2004

Estudos baseados em um Modelo Farmacocinético com Base na Fisiologia (PBPK – *Physiologically Based Pharmacokinetic Model*)¹⁴ foram feitos para a determinação da ação dos compostos químicos no corpo humano, levando em consideração o tempo decorrido, que não era considerado em estudos anteriores. Portanto, em condições específicas, é possível a utilização de alguns agentes em áreas ocupadas. (FIKE, 2004)

A próxima tabela nos mostrará as características ambientais dos gases.

Gás	ODP	GWP (100 anos)	ATL (em anos)
Halon	10	6.900	65,0
NAF SIII	0,05	1.900	11,8
FE-25	0	3.800	32,6
FM-200	0	3.800	36,5
CEA-410	0,0001	8.600	2.600

Tabela 3.4: Principais coeficientes ambientais para os compostos
Fonte: UNEP, 1999

Na tabela acima mostramos os coeficientes de “*Ozone Depletion Potential*”, ou Potencial de diminuição da camada de ozônio; o “*Global Warming Potential*”, ou Potencial de aquecimento global; e, finalmente, o “*Atmospheric Lifetime*”, ou Tempo de vida atmosférico.

O ODP é o potencial de ataque à camada de ozônio de um determinado componente químico. Podemos verificar que neste item reside todo o problema do Halon 1301. Seu potencial de ataque à camada de ozônio é muito maior que os outros compostos. O GWP é uma medida que nos dá uma idéia de quanto um determinado composto químico influi no efeito estufa, comparativamente com o dióxido de carbono, ou seja, é a razão da forçante radiativa¹⁵ resultante da emissão de 1 kg deste composto e o equivalente à emissão de 1 kg de CO₂, durante um período de tempo, no caso, 100 anos.

¹⁴ É um modelo matemático do corpo humano que tem a finalidade de estudar os efeitos de componentes químicos em seus órgãos e tecidos.

¹⁵ Caso não existisse a forçante radiativa proporcionada pelos gases do efeito estufa, todo o calor do sol que penetrasse na superfície terrestre seria devolvida para o espaço.

Podemos notar que o potencial de aquecimento global do Halon também está acima dos outros compostos, sendo melhor apenas que o CEA-410.

O ATL, que é o tempo de vida atmosférico dos compostos originados pela descarga de um determinado agente extintor, nas circunstâncias em que poderão ser descarregados (em contato com o fogo e altas temperaturas). Podemos verificar que o Halon perde também neste item. O composto CEA-410 é, neste caso, um ponto fora da curva. Fica claro, por esta tabela, que o grande problema do Halon 1301 é relacionado aos fatores ambientais, pois seu desempenho, em relação a estes fatores, é pior em todos os itens.

Analisando os dados acima apresentados, podemos escolher o FM200 ou o FE25. Apresentaremos, no Capítulo 6, um exemplo de projeto utilizando estes gases.



Figura 3.1: Conjunto de cilindro e acessórios

Além do agente extintor, outros componentes são necessários para que o sistema de extinção funcione. Um cilindro com a capacidade ideal, válvula hidráulica (que inclui o sistema de liberação do gás), manômetro, pressostato, tubulação e difusores são os outros componentes importantes de um sistema de extinção.

O cilindro possui uma capacidade, para o agente extintor, entre 33 e 74 % de seu volume máximo. O restante é completado com nitrogênio pressurizado até que a pressão final seja de 25 bar, em 21 °C, para todos os compostos. Utiliza-se o nitrogênio, que é um gás inerte, para manter o gás extintor em estado líquido. Caso o cilindro sofra uma diminuição da massa, indica uma

diminuição da quantidade de agente. Caso a diminuição seja de pressão, indica vazamento de nitrogênio. (FIKE, 2003b)

Em muitos casos é difícil a determinação da massa atual do cilindro, pois há cilindros com massa total de até 600 kg. Neste caso, há medidores de quantidade de agente em estado líquido, em altura dentro do cilindro. Assim, é possível calcular a quantidade de agente com um simples cálculo matemático. Um manômetro instalado antes da válvula de saída fornece a pressão interna do cilindro.



Figura 3.2: Conjunto de acessórios com disco de ruptura, disparador pirotécnico e manômetro

Fonte: FIKE, 2003c



Figura 3.3: Cilindro auxiliar de nitrogênio e pressostato

Os dispositivos utilizados para a liberação do agente extintor incluem discos de ruptura, que suportam a pressão do gás na temperatura ambiente, mas rompem quando esta atinge, aproximadamente, 80 °C. Em temperaturas normais do ambiente, estes discos somente se romperão mediante a ação de outros componentes, que poderão ser disparadores eletropirotécnicos (Figura 3.2) ou pequenos cilindros auxiliares de nitrogênio (Figura 3.3) que pressurizarão o disco de ruptura acima de seu limite liberando o gás. Os disparadores eletropirotécnicos são pequenas cápsulas explosivas que, após um impulso elétrico, gerarão uma pequena explosão em uma câmara excedendo o limite de pressão do disco de ruptura. (FIKE, 2003c)

Alguns fabricantes utilizam válvulas que proporcionam outro modo de liberação do gás, que consiste em câmaras pressurizadas que, devido à pressão maior de um dos lados, mantém o caminho de descarga do gás lacrado. Quando a pressão de uma

câmara é aliviada pela ação de um solenóide, a própria pressão interna do cilindro desobstrui o caminho, através da movimentação de alguns pistões, e o gás é liberado para o ambiente. Neste último método há um caminho a ser percorrido pelo gás, sendo este detalhe importante para a concentração do gás no ambiente, enquanto que a utilização do disco de ruptura permite uma passagem direta do gás do cilindro para a tubulação externa, evitando compensações, em quantidade, do agente extintor.

A tubulação é outra parte importante do sistema de combate. Os fabricantes disponibilizam *softwares* para o cálculo dos diâmetros dos tubos e diâmetro dos orifícios dos difusores, baseado nos comprimentos dos trechos, singularidades¹⁶ existentes e no número de difusores, determinados pelo projetista do sistema.

Baseados nos diâmetros dos orifícios dos difusores e das tubulações, os softwares calculam as vazões e tempos de descarga de cada difusor de modo a garantir que com a pressão disponível no cilindro obteremos a concentração de projeto na sala. A instalação da tubulação é feita com suportes fixados em estruturas rígidas da construção e com a utilização de junções específicas previstas no *software*, tais como cotovelos de 90° e T's. Na instalação da tubulação deverá ser dada uma atenção especial à limpeza dos tubos de resíduos de óleo e limalhas resultantes da execução das roscas. A tubulação deverá suportar pelo menos 80% da máxima pressão do agente dentro do cilindro, à máxima temperatura. Algumas regras, baseadas na Mecânica dos Fluidos, devem ser seguidas para permitir o fluxo turbulento rugoso do gás quando liberado. O projeto e a instalação devem permitir que o gás seja distribuído de tal forma a garantir uma concentração uniforme em todo ambiente a ser protegido. (FIKE, 2004)

Os difusores, outra parte importante do sistema devido ao tempo necessário de 10 segundos para liberação de todo o agente extintor, estão disponíveis para descarga a 180°, para serem instalados próximos à parede, e 360°, para serem instalados em

¹⁶ Singularidade, neste caso, refere-se ao número de junções hidráulicas (T's, cotovelos, etc) da tubulação, diâmetros dos tubos, comprimentos, posição de instalação, etc.

pontos centrais dos ambientes. Os sistemas de combate podem ser classificados em “*Pre Engineered*” e “*Engineered*”¹⁷.



Figura 3.4: Difusor de 360°

Nos sistemas “*Pre Engineered*” podem ser utilizados difusores com furações padrões para determinadas configurações de tubulação. Já nos sistemas do tipo “*Engineered*”, os difusores são fornecidos sem os furos de liberação para o gás, sendo que o *software* irá prever os diâmetros dos orifícios dos mesmos.

Os sistemas de detecção e combate devem passar por um processo de manutenção preventiva regular. Os detectores pontuais devem ser testados periodicamente de modo a garantir que

estejam aptos a detectarem um princípio de incêndio e atenção especial deve ser dada a qualquer mudança interna do recinto que possa prejudicar a atuação do sistema. O painel de controle deve ter todas as suas funções avaliadas da mesma forma, assim como o suprimento de energia normal e de emergência (baterias). O cilindro de agente extintor deve receber inspeção visual da mesma forma, com atenção para a pressão interna e, caso esteja equipado com o dispositivo, a determinação de alguma perda de massa. O cilindro não precisa ser descarregado para manutenção periódica, caso não seja descarregado. Enquanto estiver apresentando perfeitas condições externas e as indicações de pressão e massa estiverem dentro dos parâmetros normais ele poderá continuar em serviço.

As pessoas que operam o sistema devem ser treinadas com a frequência que for ideal para que o sistema seja operado corretamente quando necessário.

¹⁷ Sistemas instalados em áreas que não possuem nenhum atributo especial e assim não justifiquem um projeto específico, são chamados *pré engineered*. Caso contrário, são chamados *engineered*.

Até este ponto já possuímos uma visão geral de um sistema de detecção, alarme e combate automático contra incêndios, utilizando um gás extintor. Vamos agora identificar as particularidades dos ambientes encontrados na grande maioria dos Centros de Processamento de Dados.

4. CONSIDERAÇÕES SOBRE O AMBIENTE EM CPD's

A Figura 4.1 nos mostra uma sala típica de um CPD. Podemos visualizar o ambiente propriamente dito, que é o espaço entre o forro e o piso elevado, onde se localizam, mais comumente, os diversos equipamentos de processamento de dados e telecomunicações; o espaço localizado acima do forro e abaixo da laje, normalmente chamado de entre forro, onde ficam localizados os dutos de ar condicionado, vigas, esteticamente indesejáveis de estarem à mostra, e reatores de lâmpadas fluorescentes juntamente com a respectiva instalação elétrica; finalmente o espaço abaixo do piso elevado e acima do piso de concreto, ou entre piso, onde normalmente ficam localizadas as bandejas de cabos de força e de dados que interligam os diversos equipamentos elétricos da sala. São dois os aspectos importantes: as interferências mecânicas e as interferências ambientais.

As interferências mecânicas são aquelas que, de alguma forma, impedem ou dificultam a instalação e prejudicam a eficiência do sistema de detecção e combate à incêndio. São exemplos deste tipo de interferência as vigas, dutos de ar condicionado e bandejas com cabos elétricos e de dados. Às vezes a densidade destas interferências é tão alta que se torna quase impossível instalar uma tubulação de distribuição de gás no local. A tubulação necessita estar firmemente fixada, pois é constituída de tubos pesados de ferro ou aço e ainda sofre algum abalo no momento da descarga do gás e, portanto, deverá estar presa à laje ou ao piso, justamente onde a interferência é maior. Como cada difusor possui uma área de cobertura limitada, eles devem estar distribuídos de modo a proporcionar uma descarga uniforme de gás. Muitas vezes o sistema é instalado quando o CPD já está funcionando e assim, muito será exigido do projetista para contornar todas estas interferências mecânicas¹⁸.

As interferências ambientais são devido a fatores como a velocidade do ar, que prejudica a detecção da fumaça e deve-se ao elevado número de trocas de ar por ho -

¹⁸ Muitas informações apresentadas foram reunidas ao longo dos anos, em nossa experiência profissional, não havendo indicação de fontes.

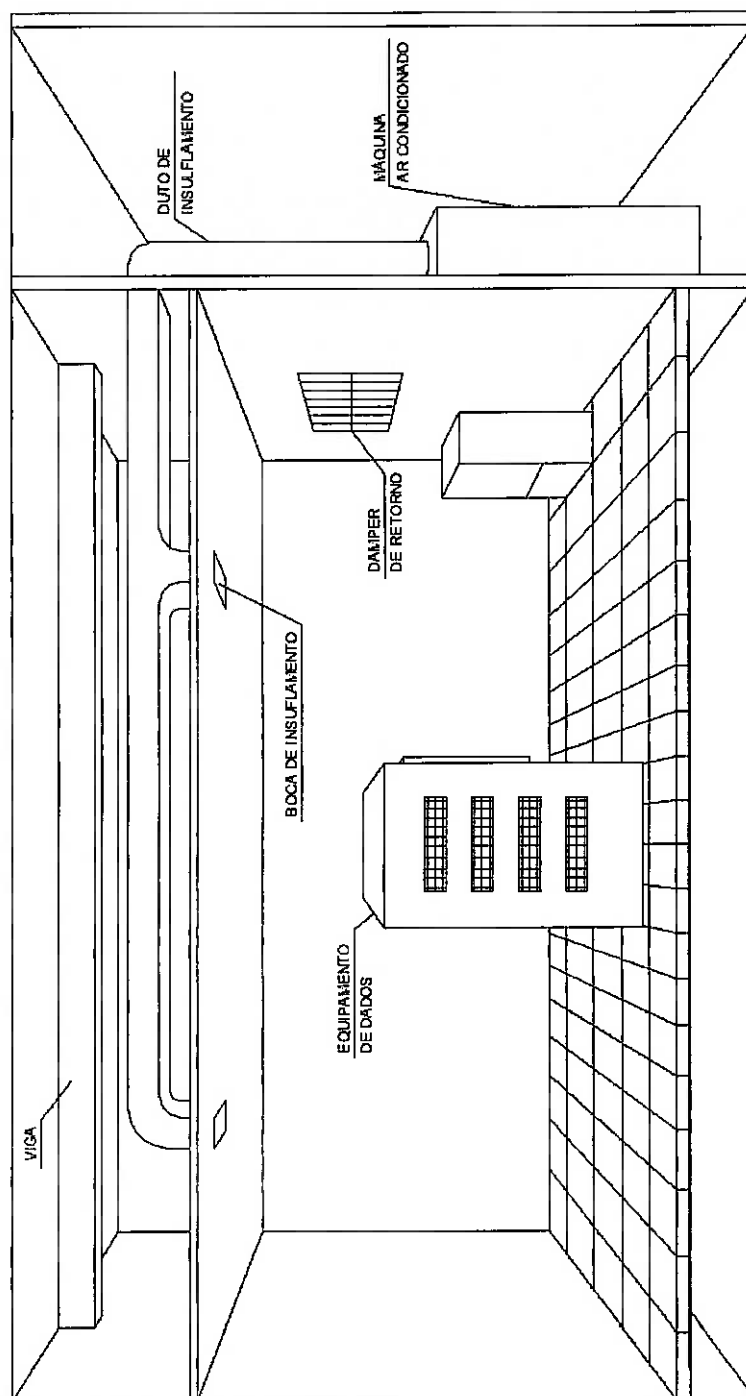


Figura 4.1: Ambiente típico de um CPD, com alguns detalhes de interferência

ra. Neste ambiente, o ar deve ser controlado para não interferir no funcionamento das máquinas e, portanto, umidade e temperatura são parâmetros importantes.

Como o calor gerado pelas máquinas é alto, a refrigeração deverá ser eficiente. Para atingir este intento, utilizam-se potentes máquinas de refrigeração, geralmente localizadas em salas contíguas, em que o ar refrigerado é insuflado no ambiente através de dutos e grelhas no teto ou no piso e o retorno é feito através de um *damper* corta fogo. No caso de um incêndio o gás extintor deverá ser mantido por um intervalo de tempo suficiente para ser eficiente, e estas “janelas”, por onde pode haver perda de gás, deverão ser automaticamente fechadas. Apresentamos na Figura 4.2 o mesmo ambiente da Figura 4.1, agora com a proteção de um sistema de combate automático. Podemos notar as instalações dos sistemas de detecção pontual e do sistema de combate com agente extintor. O cilindro que armazena o agente pode ficar localizado dentro da área, de preferência em local de fácil acesso e ventilado. No próprio cilindro há possibilidade de um disparo totalmente manual através da liberação do nitrogênio contido no cilindro auxiliar, puxando-se um pino de segurança e pressionando-se um botão. É possível visualizar também as interferências no entre forro, na figura, pouco impeditiva. Podemos verificar que foram distribuídos 4 detectores de fumaça em uma área de 100 m², enquanto 1 detector pode supervisionar até 81 m². Lembrando-se do capítulo 2, o quadrado imaginário tinha 9 metros de lado, portanto 1 detector não seria suficiente para supervisionar toda a sala em nenhum dos sentidos. Nesta área o número de trocas de ar, devido ao sistema de refrigeração, será certamente maior que 8,6 por hora citado na Tabela 2.2, o que diminui ainda mais a área supervisionada por cada detector. Outra razão deve-se ao fato de que o acionamento automático do sistema pode em caso de falhas, não tão raras, liberar o gás. Para diminuir esta possibilidade, utiliza-se o que se chama, no caso dos sistemas convencionais, a configuração de “laço cruzado”, e nos sistemas inteligentes, a configuração “detector cruzado”. Isto nada mais é que a área deverá ser supervisionada por detectores de mais de um laço e o acionamento automático só se dará quando um detector de cada laço for acionado.

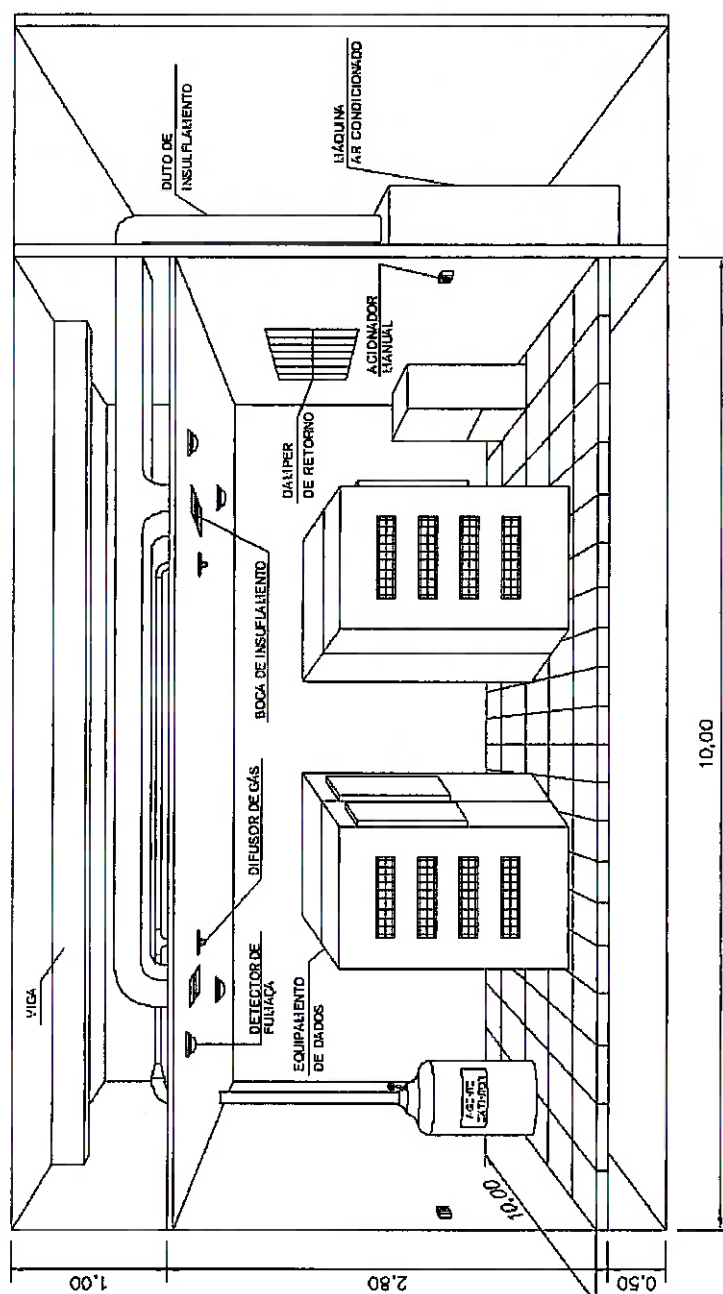


Figura 4.2: Sala de CPD com sistema de proteção contra incêndio instalado

Um primeiro detector acionado de qualquer laço, causará uma sinalização de pré-alarme, indicando uma possível emergência em andamento. Nesta situação, entretanto, não haverá o acionamento automático. Quando um segundo detector é acionado, iniciar-se-á uma contagem decrescente de até 30 segundos, na maioria dos casos, para que o agente extintor seja liberado. Durante este curto período de tempo, um sinalizador sonoro, com um som diferente do pré-alarme, será acionado indicando a “descarga de gás iminente”. Outra forma de acionamento da descarga de agente extintor é o acionamento manual elétrico do sistema de detecção. Isto pode ocorrer porque os acionadores manuais estão sempre estrategicamente localizados, próximos aos acessos e são mais facilmente efetuados que o acionamento feito diretamente no cilindro. Quando o acionador manual é ativado o painel do sistema de detecção já inicia a contagem de tempo de descarga e o sinalizador sonoro de “descarga iminente” soará. Enquanto o gás não for liberado, será possível interromper o processo através de uma “chave de bloqueio”, Figura 4.3.



Figura 4.3: Chave de Bloqueio

Este dispositivo, também estrategicamente localizado, normalmente interrompe o circuito que alimenta o dispositivo de acionamento do cilindro (cabeça de comando elétrico, solenóide ou disparador pirotécnico). Quando a chave de bloqueio é acionada, uma sinalização deverá ser ativada na própria chave, nos acessos à sala e no painel de controle. Isto porque o sistema não deverá ser esquecido bloqueado por motivos óbvios. Outra sinalização que deverá ser instalada é a de “Gás Disparado”, para que não haja acesso à área quando o agente extintor estiver ainda em

atividade. Outros comandos importantes são os desligamentos de equipamentos elétricos e da energia e o fechamento das aberturas existentes através de *dampers*. Estes comandos, normalmente, são comandados pelo pressostato.

Na Figura 4.4, é mostrado um painel de controle do qual partem todas as ligações elétricas do sistema e as conexões em dispositivos localizados na área supervisionada. Podemos observar a configuração “laço cruzado” que indica, apenas, a disposição física dos detectores de fumaça na área, não havendo nenhuma interferência elétrica na configuração.

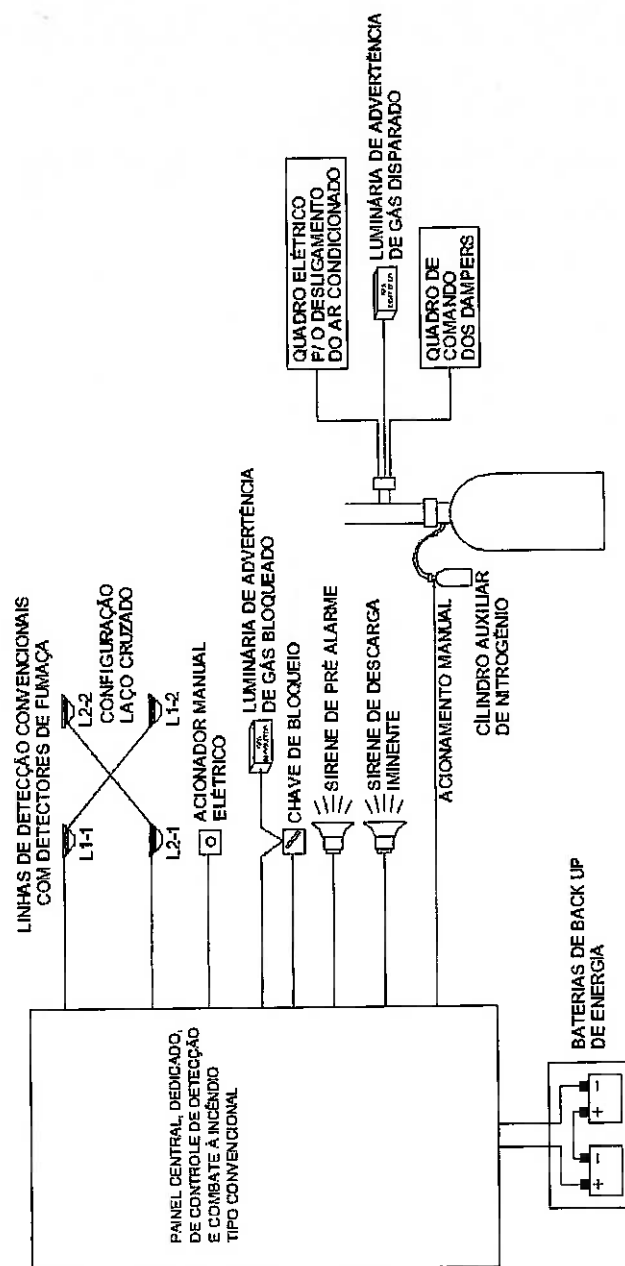


Figura 4.4: Esquema elétrico do sistema de detecção e combate a incêndio

5. FATORES IMPORTANTES PARA O PROJETO

Neste capítulo faremos uma descrição dos fatores a serem considerados pelo projetista para que o sistema opere de forma segura e sem excesso de equipamentos ou agente extintor.

Com relação ao sistema de detecção de fumaça, são fatores importantes:

- Velocidade do ar, ou seja, o número de trocas de ar por hora;
- Localização das grelhas de insuflamento e retorno de ar condicionado;
- Número e localização dos acessos ao ambiente;
- Melhor localização para o painel de controle do sistema.

A velocidade do ar será um fator importante no dimensionamento da quantidade de detectores de fumaça, tanto no ambiente como no entre piso e entre forro. Nos sistemas convencionais¹⁹, os detectores dos dois laços disponíveis devem ser distribuídos de modo que um possível foco de incêndio possa sensibiliza-los (ver Figura 4.4). A localização das grelhas de insuflamento de ar condicionado é importante porque os detectores têm seu desempenho bastante afetado pela proximidade delas. Além de impedirem que a fumaça se aproxime deles, fator imprescindível para seu correto funcionamento, ainda os poluem com impurezas vindas dos dutos. Os acionadores manuais elétricos, chaves de bloqueio e as sinalizações luminosas do sistema devem estar presentes em todos os acessos da sala, por isso o número de acessos é outro fator importante. O painel de controle do sistema deverá estar localizado em um ponto que permita ao operador do sistema²⁰ visualizar rapidamente a mensagem do painel e tomar alguma atitude já previamente estabelecida para a situação. A atitude poderá ser o bloqueio da operação, para evitar uma descarga de gás, ou de aceleração da operação de descarga visando a melhor proteção do patrimônio.

¹⁹ Os fabricantes disponibilizam painéis específicos para setores com proteção automática por agente extintor e eles são do tipo convencional devido ao custo. Normalmente estes painéis são para um único setor, que poderá ser uma sala de dimensões pequenas.

²⁰ Operador do sistema é a pessoa responsável pela segurança da edificação, não necessariamente alguém que trabalhe com os equipamentos existentes na sala.

Com relação ao sistema de combate automático, os fatores importantes são mais numerosos. Primeiramente, deve-se determinar todas as dimensões da sala, em seus ambientes distintos em que haverá o combate automático, por exemplo, ambiente, entre forro e entre piso. O combate automático se faz necessário nos ambientes em que há possibilidade de ignição (circuitos elétricos) e material combustível suficiente para alimentar um incêndio. Desta forma, o entre forro com seus reatores de lâmpadas, o ambiente com todos os equipamentos e o entre piso com toda a fiação de alimentação e comunicação, deverão ser protegidos²¹.

O volume das três áreas, separadamente, deverá ser calculado para a determinação da quantidade de agente extintor necessária para cada área. De posse desta quantidade pode-se determinar o cilindro a ser utilizado. Este é um dado importante, pois dependendo do tamanho do ambiente, o cilindro poderá ter uma massa considerável e uma estrutura auxiliar de sustentação poderá ser necessária.

A determinação da quantidade de agente necessária para o risco em questão é um fator importante no projeto e muitos fatores influenciam o cálculo. A quantidade não pode ser menor que o suficiente para o objetivo proposto que é exterminar um incêndio, nem maior que o limite de segurança de seres humanos, fator este determinado pelo NOAEL e LOAEL do agente utilizado.

O fabricante do agente é o responsável por realizar os testes e publicar as concentrações necessárias para extinção das diversas classificações de incêndio. No nosso caso, os riscos são, basicamente, de fogos classe A e C, ou seja, madeira, papel, aparelhos elétricos, fiação, computadores, etc. O fabricante publica uma tabela que informa a quantidade de agente em quilogramas por metro cúbico (kg/m³) em função da temperatura esperada no ambiente. A tabela é construída com base na seguinte fórmula (NFPA, 2004):

$$W = V/S [C/(100 - C)] \quad \text{(Equação 5.1)}$$

²¹ É cada vez maior a preocupação com a pesquisa e utilização de materiais que não propaguem o fogo na construção de edificações.

Onde:

W: Quantidade de agente em massa (kg)

V: Volume da área protegida (m³)

S: Volume específico do vapor (m³/kg)

C: Concentração necessária para extinção do risco considerado (%)

A grandeza "S", volume específico do vapor, é dada, em função da temperatura, por:

$$S = k_1 + k_2 \cdot t \text{ [m}^3 \text{ / kg]} \quad (\text{Equação 5.2})$$

As constantes k_1 e k_2 são usadas na correlação volume específico de vapor / gás e são apresentadas na tabela abaixo. Na fórmula acima, a temperatura utilizada é em °C.

Agente	k_1 (m ³ / kg)	k_2 (m ³ /kg/°C)	Densidade de vapor (kg/m ³) a 20 °C	Densidade do líquido (kg/m ³) a 20 °C
BTM	0,1478	0,00057	6,283	1.572
NAF-SIII	0,2413	0,00088	3,862	1.200
FE-25	0,1825	0,00073	5,074	1.218
FM200	0,1269	0,00052	7,283	1.407
CEA-410	0,0941	0,00034	9,911	1.517

Tabela 5.1: Densidades dos agentes estudados
Fonte: UNEP, 1999

Assim, supondo-se a temperatura de 20 °C e risco de fogos classe C, condições nas quais o fabricante afirma ser necessária uma concentração de 8 % para a extinção segura, obteríamos, para FE-25, a seguinte quantidade de agente em função do volume da área protegida:

$$S = k_1 + k_2 \cdot t = 0,1825 + 0,00073 \cdot 20 = 0,1971$$

$$W/V = 1/S [C/(100 - C)] = 1/0,1971 [8 / (100 - 8)] \cong 0,4412 \text{ [kg / m}^3\text{]}$$

Assim, utilizando-se como exemplo o ambiente da figura 4.2, teríamos um volume de 280 m³ e a quantidade agente necessária seria de:

$$W = 0,4412 \cdot V = 0,4412 \cdot 280 = 123,536 \text{ kg}$$

Neste cálculo utiliza-se a menor temperatura esperada para a área e, conseqüentemente, a maior quantidade de agente.

No cálculo do volume da área a ser protegida podem ser deduzidos volumes não permeáveis ao gás e que não possam ser retirados da área, como por exemplo, colunas existentes no meio da sala.

A concentração de 8 % é válida para sistemas que tenham atuação automática através de um sistema de detecção de fumaça (FIKE, 2003). Para sistemas acionados manualmente, a norma NFPA 2001 prevê a utilização de uma concentração de 8,7 %.

Alguns fatores influenciam na quantidade de agente, e devem ser considerados:

- Quantidade de T's utilizados na tubulação;
- Altitude do local da instalação;
- Aberturas não possíveis de serem fechadas;
- Controle de gases ácidos;
- Re-ignição devido à existência de superfícies quentes;
- Tipo de combustível;
- Cenários e configurações não completamente consideradas na concentração de extinção, geometria da sala e obstruções.

Quando um único cilindro é utilizado para proteger mais de uma área, por exemplo, duas salas contíguas, um fator de correção da quantidade de agente utilizado deve ser aplicado baseado na quantidade de T's utilizados na instalação da tubulação hidráulica. A tabela abaixo apresenta os fatores a serem aplicados. Deve-se considerar os T's existentes desde a entrada da área mais distante hidraulicamente do cilindro até a entrada dele.

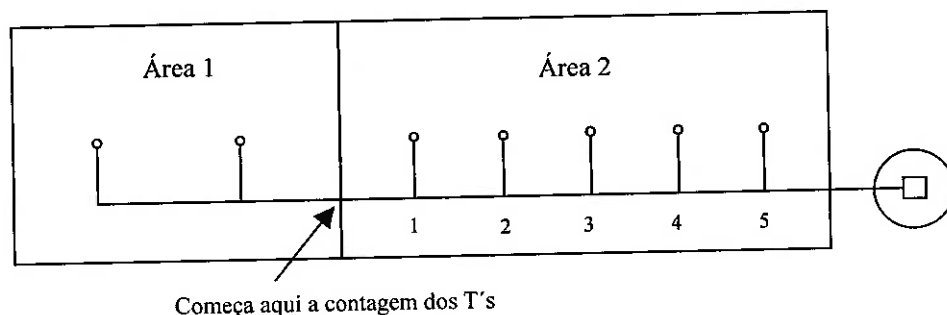


Figura 5.1: Contagem dos T's para correção da quantidade de agente
Fonte: FIKE, 2004

Qtd. T	Fator
0 a 4	0,00
5	0,01
6	0,02
7	0,03
8	0,04
9	0,05
10	0,06
11	0,07
12	0,07
13	0,08
14	0,09
15	0,09
16	0,10
17	0,11
18	0,11
19	0,12

Tabela 5.2: Correção da quantidade de agente em função dos T's
Fonte: NFPA, 2004

No exemplo anterior, como são utilizados 5 T's, o fator de correção, segundo a tabela, seria de 0,01, ou seja, a quantidade de agente calculada pela equação 5.1, deveria ser multiplicada por 1,01. Quando o cilindro armazena agente para apenas uma área, não há fator de correção a ser aplicado.

Outro fator importante na definição da quantidade de agente é a pressão atmosférica do local da instalação. A tabela a seguir mostra os fatores de correção a serem aplicados.

De acordo com a tabela, uma instalação em uma cidade localizada a 700 metros acima do nível do mar deverá ter uma correção de, aproximadamente, 0,92 na quantidade de agente, ou seja, 8% a menos. A princípio, a correção deverá ser feita apenas em diferenças de altitude superiores a 915 metros, entretanto o fator poderá ser aplicado para qualquer altitude.

Altitude (m)	Pressão (mmHg)	Fator
- 920	840	1,11
- 610	812	1,07
- 300	787	1,04
0	760	1,00
300	733	0,96
610	705	0,93
910	679	0,89
1.220	650	0,86
1.520	622	0,82
1.830	596	0,78
2.130	570	0,75
2.450	550	0,72
2.740	528	0,69
3.050	505	0,66

Tabela 5.3: Correção da quantidade de agente em função da pressão atmosférica

Fonte: NFPA, 2004

Outro fator que influencia na quantidade de agente é a existência de aberturas na sala que não possam ser fechadas. Há casos de volumes definidos, como, por exemplo, dutos de ar que não podem ser fechados por *damper* com atuação automática, que deverão ter seus volumes computados para determinação da quantidade de agente. Outros procedimentos devem ser adotados quando há vazamentos de agente através de aberturas não identificadas e não consideradas no cálculo. A norma NFPA 2001, em seu anexo C, prevê um teste que pode identificar e quantificar vazamentos. A pressurização, através de um ventilador com a vazão de ar monitorada, a monitoração da pressão da sala e, até, a utilização de fumaça artificial para a localização das aberturas por onde ocorrem os vazamentos, são algumas ações deste teste. A partir dos dados obtidos no teste, pode-se determinar a quantidade adicional de agente e, conseqüentemente, o aumento do tempo de descarga, caso não seja possível vedar estas aberturas. Estas ações visam manter a concentração calculada inicialmente pelo tempo necessário para que o foco de incêndio seja extinto e não haja reiguição.

A formação de gases ácidos²², derivados do contato do agente extintor com chamas ou superfícies quentes, é uma preocupação do projetista. Para fogos classe C, este risco é menor do que em fogos classe B (líquidos e gases inflamáveis), pois a combustão inicial é mais lenta e com formação de fumaça, possível de ser detectada, bem antes da formação chamas. Assim, a descarga inicia-se mais cedo e previne a formação destes gases. Evidencia-se, assim, a importância do tipo do combustível na definição da quantidade de agente. (NFPA, 2004)

A concentração inicial prevista para fogos classe C prevê a possibilidade de re-ignição. Os testes realizados pelos fabricantes já prevêm a menor concentração possível que previna a re-ignição em superfícies antes em chamas e ainda sob ação de um agente de ignição, após a descarga. A preocupação neste caso, deve-se à possibilidade da existência deste risco no ambiente supervisionado, que reforça a necessidade da manutenção da concentração pelo período de tempo necessário após a descarga e a conseqüente necessidade de vedar a sala evitando vazamentos.

Finalmente, a configuração da sala é importante devido à facilidade da dispersão do gás por todo o ambiente. Há ocasiões em que uma mesma sala deve ser repartida em dois ou três ambientes distintos e um projeto específico para cada um dos ambientes deve ser elaborado.

Há uma relação direta entre a quantidade de agente, o tempo de descarga e o tempo de manutenção da concentração no ambiente. O tempo de descarga, de 10 segundos, foi estabelecido pela norma NFPA 2001, com base nos testes realizados e com o objetivo de iniciar a extinção o mais rápido possível, prevenindo o aquecimento das estruturas e a re-ignição.

Desta forma podemos calcular a quantidade necessária de agente para a extinção de um possível incêndio na área em questão, considerando todos os fatores importantes. Continuando com nosso projeto, o próximo passo é, então, a definição de um cilindro que possa armazenar a quantidade estipulada.

²² HCl, HBr, HF e HCN são alguns dos gases ácidos possíveis de serem formados através do contato do agente extintor com altas temperaturas.

Alguns fatores que influenciam na escolha são a possibilidade de ampliação da área sob proteção, a necessidade ou não de bateria reserva em função do risco e a disponibilidade de uma área para a acomodação do(s) cilindro(s). Os fabricantes fornecem cilindros com diferentes capacidades que se sobrepõem. A tabela abaixo mostra os cilindros e capacidades (quantidade de agente extintor) disponíveis de um fabricante.

Tamanho (Litros)	Válvula (mm)	Tara (kg)	Faixa de carga de agente (kg)
4	25	6,4	2,0 a 3,5
8	25	16,0	3,5 a 7,5
15	25	25,0	6,5 a 13,5
27	25	24,0	11,5 a 24,5
44	25	27,0	18,0 a 39,0
87	80	68,0	35,5 a 78,5
153	80	99,0	61,5 a 137,0
267	80	159,0	107,0 a 239,5
423	80	234,0	169,5 a 379,5

Tabela 5.4: Cilindros disponíveis com a faixa de capacidade
Fonte: FIKE, 2003b

A definição do cilindro a ser utilizado é baseada em uma tabela semelhante à mostrada acima, dependendo do fabricante. Um aspecto relevante é a obtenção de aprovação dos itens componentes de um sistema por instituições certificadoras, entre elas UL e FM²³. Em alguns países os sistemas só são aceitos por entidades fiscalizadoras e seguradoras se seus componentes possuírem o certificado de aprovação destas instituições certificadoras. A exigência das seguradoras estende-se para outros países.

O próximo passo é determinar a quantidade de difusores necessária para a proteção completa de cada um dos ambientes. A quantidade de difusores é escolhida em função da área de cobertura de cada um deles e da vazão / tempo de descarga (10 segundos em sistemas sem requisitos especiais).

²³ UL – Underwriters Laboratories
FM – Factory Mutual

A tabela abaixo mostra as distâncias máximas de proteção para difusores em função do diâmetro da tubulação e do tipo de difusor. A altura do ambiente protegido deverá estar entre 0,30 e 4,90 metros. Obstáculos localizados dentro de seu raio de ação poderão diminuir esta distância.

Diâmetro	$\frac{1}{4}"$ a $\frac{3}{4}"$	1" a 2"
Tipo de difusor		
180°	5,85 m	13,63 m
360°	4,33 m	8,62 m

Tabela 5.5: Raio de ação de difusores para agentes extintores limpos
Fonte: FIKE, 2004

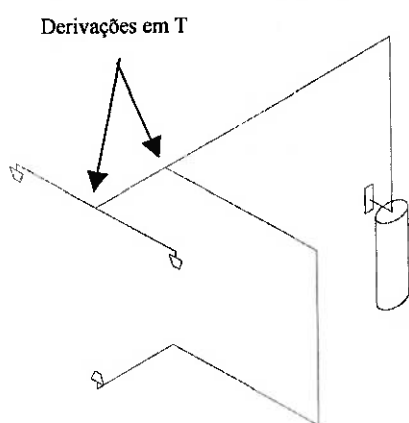


Figura 5.2: Exemplo de Isométrico

Neste ponto, a utilização de um software de apoio se faz necessária. O software possui uma ferramenta que nos permite fazer um diagrama isométrico da instalação (Figura 5.2), baseado na quantidade de difusores e na localização dentro dos ambientes a serem protegidos. O software inclusive impede que o projetista execute alguma configuração de tubulação não permitida, como, por exemplo, uma derivação em "T" com

saída para baixo, que não é permitida devido à parcela líquida que o agente possui. O agente é armazenado no cilindro a uma pressão que o mantém líquido e, à medida que a pressão vai diminuindo, ele vai se tornando gasoso. Dentro da tubulação a pressão ainda é elevada e o gás ainda tem uma parcela líquida, que pode derivar-se para baixo caso haja esta possibilidade. O software, então, não permite esta operação. O projetista deverá numerar e indicar o comprimento de cada trecho de tubulação apresentado no isométrico, determinando um diâmetro para cada um. O software calculará as vazões em cada um dos difusores.

Ao final da análise, o software ratificará o sistema ou reprovará. Caso reprovado, o projetista deverá alterar diâmetros de tubulação, de furos dos difusores ou até mesmo modificar o traçado da tubulação, até que o projeto seja validado. Neste processo é válido procurar a utilização de tubulação de diâmetros menores e, conseqüentemente, de preço mais baixo. A tubulação deverá suportar, minimamente, a pressão de 80 % da pressão do agente à temperatura de 55 °C ou à máxima temperatura controlada. A tabela abaixo mostra as pressões dos agentes nesta temperatura.

Agente	Densidade máxima (lb/ft ³)	Pressão a 21 °C (bar)	Pressão a 55 °C (bar)	Pressão mínima p/ tubulação a 21°C (bar)
NAF SIII	72	24,82	35,85	28,68
FM200	80	24,82	31,03	24,82
FE-25	56,2	24,82	37,23	29,78
CEA-410	54	24,82	42,40	33,92

Tabela 5.6: Mínima pressão suportada pela tubulação em função do agente utilizado

Fonte: NFPA, 2004

Os diâmetros dos trechos da tubulação são determinados em função da vazão necessária em cada um deles. Baseado na tabela 5.6, o projetista poderá dimensionar o diâmetro das tubulações e difusores a serem utilizados. Por exemplo, uma área que deverá ser protegida com 590 kg de agente extintor, para que a descarga seja feita em 10 segundos, seria necessária uma vazão de 59 kg de gás por segundo. Como a máxima vazão, em um difusor de 2", é de 16 kg/s, seriam necessários 4 difusores distribuídos dentro da área. Neste caso os trechos das tubulações deveriam ter os seguintes diâmetros, supondo o isométrico sugerido:

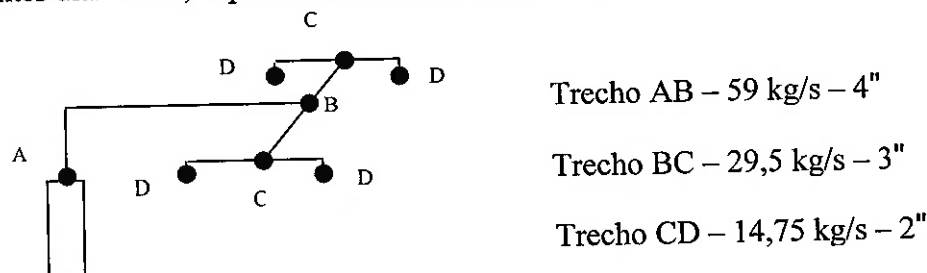


Figura 5.3: Isométrico com os trechos de tubulação

A tabela abaixo mostra a vazão máxima e mínima dos tubos e difusores de diversos diâmetros.

Diâmetro da tubulação	Diâmetro dos difusores	Vazão mínima (kg/s)	Vazão máxima (kg/s)
1/4"	1/4"	0,16	0,80
3/8"	3/8"	0,30	1,00
1/2"	1/2"	0,60	1,60
3/4"	3/4"	1,10	2,70
1"	1"	1,90	3,90
1 1/4"	1 1/4"	3,40	6,00
1 1/2"	1 1/2"	4,70	9,00
2"	2"	7,80	16,00
2 1/2"	-	11,30	27,00
3"	-	17,70	44,00
4"	-	30,80	60,00
5"	-	48,70	102,00
6"	-	70,70	146,00

Tabela 5.7: Vazão máxima e mínima dos difusores e tubos em função dos diâmetros

Fonte: FIKE, 2004

Algumas observações devem ser feitas com relação ao exposto acima:

- A determinação dos diâmetros feita acima é apenas uma configuração inicial. É imprescindível que o projetista confira no software a configuração de tubos teoricamente estabelecida. O software irá determinar o diâmetro dos orifícios dos difusores para que o sistema tenha um balanceamento mais equilibrado possível. A configuração mostrada no exemplo é bastante simples. Na prática, as configurações são mais complicadas e a atuação do software para garantir que o agente seja distribuído em quantidades iguais em todas as áreas e determinante para o sucesso do projeto.
- A máxima vazão a ser utilizada em forros falsos e áreas com operações delicadas não deve superar os 7,7 kg/s, para que não haja risco de movimentação de painéis ou equipamentos durante a descarga.

- O diâmetro da tubulação deve ser estabelecido de modo a oferecer uma determinada resistência à passagem do agente extintor para que possa ser criado um escoamento turbulento rugoso e force uma mistura homogênea das fases líquida e gasosa do agente extintor. Se o diâmetro da tubulação for muito grande, este escoamento não será criado e as fases líquida e gasosa do agente extintor não se misturarão e isto poderá causar problemas nas divisões de quantidade de agente nas bifurcações da tubulação.
- Tanto a determinação dos diâmetros da tubulação como a escolha dos difusores tem o objetivo de garantir uma taxa de aplicação do agente extintor que garanta a concentração de projeto no tempo determinado. A tempo de descarga, em torno de 10 segundos para agentes halocarbonados, é o tempo necessário para alcançar 95 % da concentração de projeto.
- Em alguns casos é necessária uma descarga estendida, devido a um possível vazamento que não possa ser evitado ou à existência de fontes de re-ignição na área. Neste caso pode-se estudar um aumento na quantidade de agente. A eficácia da descarga adicional deve ser confirmada por teste.
- Embora a máxima distância horizontal entre a saída do cilindro e o ponto mais elevado da tubulação, para cima ou para baixo, seja de 9,1 metros, em ambientes com distâncias maiores que 4,9 metros entre o piso e o teto, é necessária a instalação de difusores em mais de um nível. Quando a tubulação é instalada para cima e para baixo da saída do mesmo cilindro, a máxima diferença entre o ponto mais alto e mais baixo da tubulação não deve exceder 9,1 metros.
- A tubulação, levando-se em consideração o tempo de descarga, deve ser projetada de modo que não mais que 50 % da quantidade de agente, em peso, esteja dentro da tubulação.
- A pressão da mistura homogênea líquido / gás dentro da tubulação, deve sofrer um decréscimo mínimo de 7 % antes do primeiro T.

- As conexões utilizadas na tubulação possuem um comprimento equivalente a ser acrescentado ao comprimento final do trecho, conforme tabela abaixo:

Diâmetro	Luva	Cotovelo 45°	Cotovelo 90°	T-2 saídas laterais	T-1 saída lateral	Válvula
5/8"	0,09	0,18	0,40	0,24	0,82	-
1/2"	0,12	0,24	0,52	0,30	1,04	-
3/4"	0,15	0,30	0,67	0,43	1,37	-
1"	0,18	0,40	0,85	0,55	1,74	0,61
1 1/4"	0,24	0,52	1,13	0,70	2,29	-
1 1/2"	0,27	0,61	1,31	0,82	2,65	-
2"	0,37	0,79	1,68	1,07	3,41	1,22
2 1/2"	0,43	0,94	2,01	1,25	4,08	-
3"	0,55	1,16	2,50	1,55	5,06	1,22
4"	0,73	1,52	3,26	2,04	6,64	-
5"	0,91	1,92	4,08	2,56	8,35	-
6"	1,07	2,32	4,94	3,08	10,00	-

Tabela 5.8: Equivalência de comprimento das conexões – em metros
Fonte: FIKE, 2004

- Os T's, com 1 ou 2 saídas laterais, devem ter suas saídas no mesmo plano horizontal. Nos T's com 1 saída lateral, a máxima e a mínima diferença de vazão é de 90 / 10 % e 65 / 35 %, respectivamente, sendo a maior sempre no sentido direto. Nos T's com 2 saídas laterais, a máxima diferença de vazão é de 75 / 25 %.



Figura 5.4: Configurações possíveis para entrada e saídas de um T

6. EXEMPLO PRÁTICO

Um aspecto interessante a ser observado é a relação custo / benefício de se instalar um sistema desta natureza. Os fatores a serem levados em consideração para a tomada desta decisão são basicamente os seguintes:

- O que está sendo protegido?
- Haverá paralisação do negócio caso a instalação deixe de funcionar, mesmo que por pouco tempo? Há *back up* do sistema, que possa entrar em operação de imediato? Que operações serão afetadas pela paralisação?
- Há risco de um prejuízo além do ambiente protegido? (O CPD pode ser uma sala no 8º andar de um prédio).
- Há risco de perda de vidas humanas?
- A companhia seguradora prevê uma redução no valor do seguro com a instalação de equipamentos de segurança?
- Há risco de interdição, pelo Corpo de Bombeiros, das operações na edificação devido ao não atendimento dos requisitos da legislação local?

Levando-se em consideração estes argumentos, que não são todos os possíveis, vamos analisar os custos envolvidos.

Centros de Processamento de Dados, geralmente, não ocupam grandes áreas. Companhias que envolvem telecomunicações ou bancos normalmente possuem grandes áreas com equipamentos elétricos, porém a grande maioria das empresas possuem uma estrutura pequena para este fim, não muito maior que a sala do mostrada nas Figuras 4.1 e 4.2. Nestes casos, tanto o equipamento de detecção quanto o de extinção automática terão um custo, na maioria das vezes, compatível com o que se pretende e amortizável com o desconto no preço do seguro. Infelizmente, não há no Brasil fabricantes que forneçam todos os equipamentos necessários com produção local. Há muitos distribuidores de equipamentos importados e de procedências diversas. Os preços variam bastante de um para outro. Um item importante a ser observado são as aprovações do produto por instituições idôneas, como por exemplo UL e FM americanas.

Há muitos produtos sem atestados de atendimento às normas ou mesmo de procedência ou garantia de reposição. Outro fator importante é a escolha de uma empresa que possua capacidade suficiente para a execução de projeto e instalação adequados às necessidades técnicas. Em algumas ocasiões a instalação é feita com o CPD em funcionamento e o cuidado deverá ser muito maior. Uma empresa capacitada terá a condição de fornecer a melhor solução em termos de detecção de fumaça, equipamentos convencionais ou endereçáveis, e de extinção, gases limpos ou inertes, entre outros. É muito difícil fazer previsões de custo sem conhecer a área, o risco, as interferências, o procedimento de segurança, etc, pois são muitas as alternativas, marcas e fornecedores. Uma boa opção, que, a princípio, seria lógica, porém não é muito adotada na prática, é a execução de um projeto, com toda a especificação de materiais e equipamentos a serem utilizados. Isto traria o benefício de ser possível fazer cotações do mesmo fornecimento com diferentes fornecedores. É muito difícil conseguirmos este intento quando não há um projeto, pois como já foi dito, são muitas as alternativas.

Apresentamos a seguir um exemplo prático no qual instalou-se um sistema de detecção e alarme contra incêndio do tipo “aspiração” ou detecção precoce. Foi utilizado um painel para a ativação automática e a supervisão do sistema de combate. Saídas de 24 Vcc para as sirenes de alarme e pré-alarme, para alimentação dos indicadores visuais e do solenóide do cilindro. Neste caso não há linhas de detecção com detectores pontuais, pois foi utilizada a detecção por aspiração, entretanto foi instalada uma linha com um acionador manual elétrico e também uma chave de bloqueio.

Para efeito de comparação, apresentaremos os cálculos para um sistema de combate com FM200 e também com FE25. Para ambos é necessário apenas 1 cilindro, com capacidade de até 267 litros.

A concentração de FM200 necessária para fogos classe C é de 7 % e a de FE25, como já vimos, é de 8 %. Embora a concentração necessária seja menor, a quantidade de FM200, em quilogramas, é maior, 234 contra 187. A Tabela 5.1 mostra que a densidade do FM200 é maior que a do FE25.

Além das plantas da área protegida, que nos darão uma idéia de como são apresentados os projetos e a disposição dos equipamentos na sala, temos ainda as duas listagens emitidas pelo software de cálculo. Podemos verificar a apresentação das listagens de trechos de tubos, as vazões, as definições dos diâmetros dos furos dos difusores e as compensações devido às conexões.

Feita uma comparação de custo de um sistema para outro, resultou em uma diferença de 15 % a menos para a versão utilizando FE25 em relação à versão utilizando FM200. A diferença está basicamente na quantidade de gás e em alguns trechos de tubulação de diâmetro menor. Também uma possível recarga do cilindro terá um custo menor.

Nos anexos A, B e C são apresentadas as plantas do local e os programas dos cálculos hidráulicos para a utilização de FM-200 e de FE-25.

7. CONCLUSÃO

Nosso objetivo inicial, que era o de reunir as informações dispersas ou inexistentes sobre o assunto abordado, cremos, foi alcançado. Os dados mais relevantes para que seja possível entender o assunto como um todo, foram apresentados em um texto com uma seqüência coerente de informações.

A partir do exposto é possível perceber a complexidade de projeto, instalação e operação de um sistema como este. Infelizmente, a cultura de segurança contra incêndio no Brasil, ainda não atingiu os níveis existentes em países europeus e norte-americanos. Ainda são instalados sistemas de proteção para adequar-se, apenas, às exigências de seguradoras e do Corpo de Bombeiros. É necessário salientar também que o sistema faz a sua parte, ou seja, a detecção e o combate automáticos. A responsabilidade dos responsáveis pela segurança é também grande. Muitos prejuízos podem ser evitados com a ação rápida e eficiente destas pessoas. Seja para evitar a descarga de um cilindro de gás, motivada por um evento menor, que poderia facilmente ser contida por uma ação local, seja para evitar a paralisação, mesmo que temporária, da operação dos equipamentos. Para tal, o treinamento e a manutenção periódica do sistema são aspectos de relevante importância.

A utilização de equipamentos de qualidade, com certificações e aprovações, projeto e instalação realizados por profissionais qualificados, previnem contra os maiores riscos existentes que são a perda de vidas e a descontinuidade do negócio.

O trabalho foi focado em Centros de Processamento de Dados e este tipo de risco é, normalmente, um ambiente único, porém sistemas de detecção e combate podem ser projetados para outros tipos de risco, que envolvam outras áreas, outros tipos de combustível e outras limitações que poderiam requerer outros conceitos de projeto, que não foram abordados.

8. REFERÊNCIAS²³

AEBERSOLD, T. **The future of clean agent fire protection**. Disponível em: <<http://www.datacenterjournal.com/news/article.asp>>. Acesso em: 27 jun. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR9441**: execução de sistemas de detecção e alarme de incêndio. Rio de Janeiro, 1998.

EBERL, U. **All fired up about intelligent detectors**. Disponível em <http://w4.siemens.de/FuI/en/archiv/zeitschrift/heft1_99/artikel03>. Acesso em: 21 jan. 2006.

FIKE CORPORATION. **Ecaro 25 suppression systems – engineered nozzles**: catálogo C.2.24.01-1. Blue Springs, 2003a. 2 p.

FIKE CORPORATION. **Ecaro 25 suppression systems – agent storage containers**: catálogo C.1.41.01. Blue Springs, 2003b. 4 p.

FIKE CORPORATION. **Ecaro 25 suppression systems – container accessories**: catálogo C.1.42.01. Blue Springs, 2003c. 2 p.

FIKE CORPORATION. **Clean Agent Suppression System – design, installation and maintenance manual**: catálogo. Blue Springs, 2004. 144 p.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 2001**: standard on clean agent fire extinguishing systems. Quincy, 2004.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. **Halons Technical Options Committe** – technical note #1, rev.2. Nairobi, 1999. 30 p.

²³ De acordo com:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

VISION FIRE AND SECURITY. **Aspirating smoke detection system.** Disponível em <<http://www.vision-fs.com>>. Acesso em: 21 jan. 2006.

ANEXO A

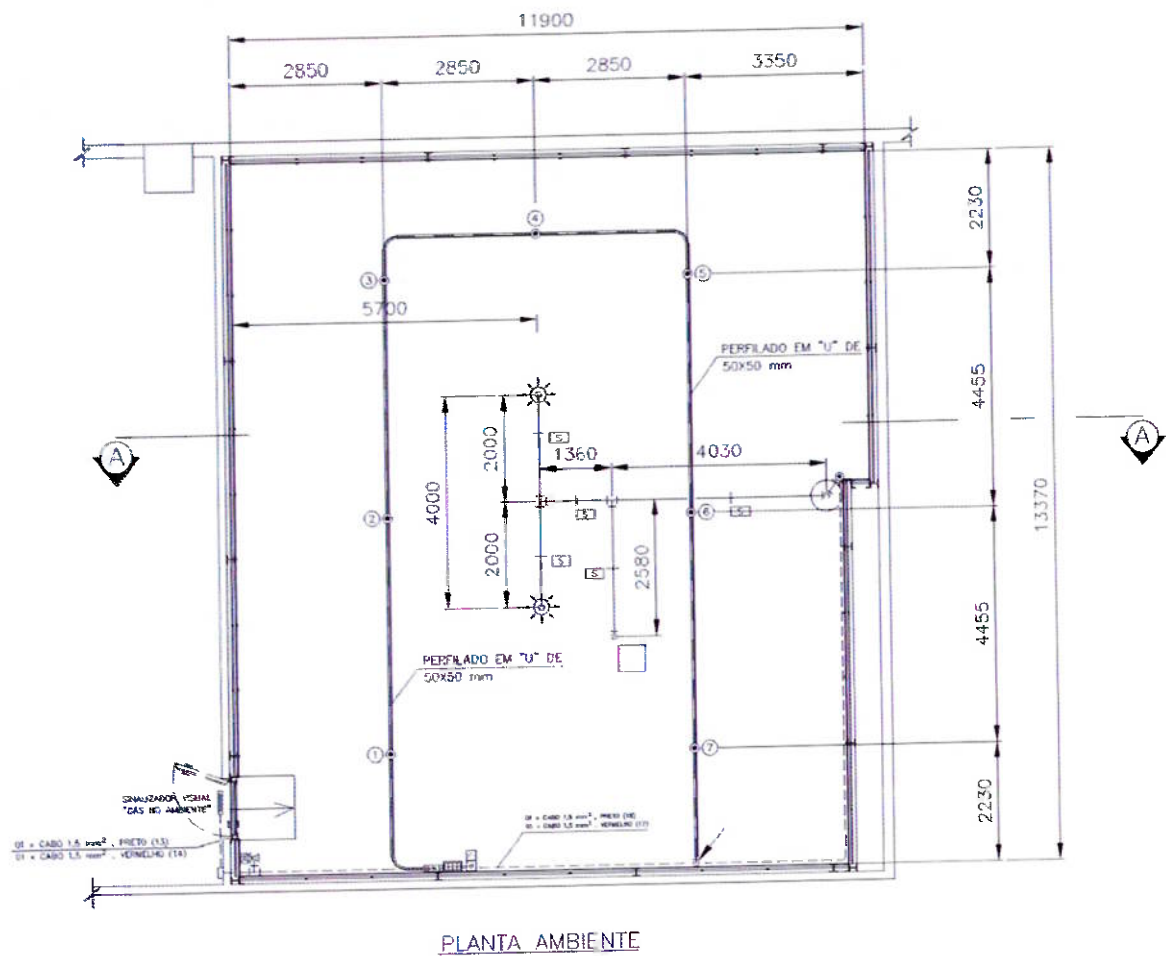


Figura A.1: Planta de sala com instalação de sistemas de detecção e combate

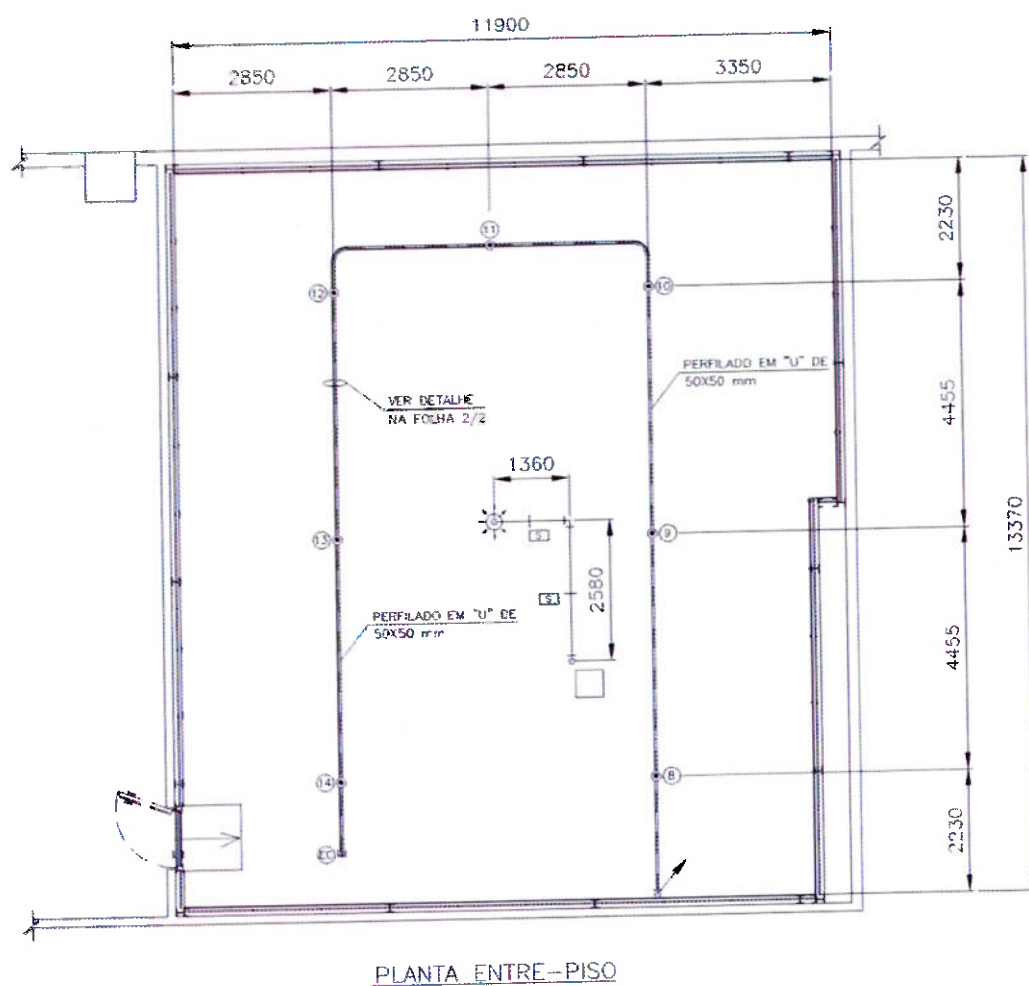


Figura A.2: Planta de sala com instalação de sistemas de detecção e combate
Planta do Entre Piso

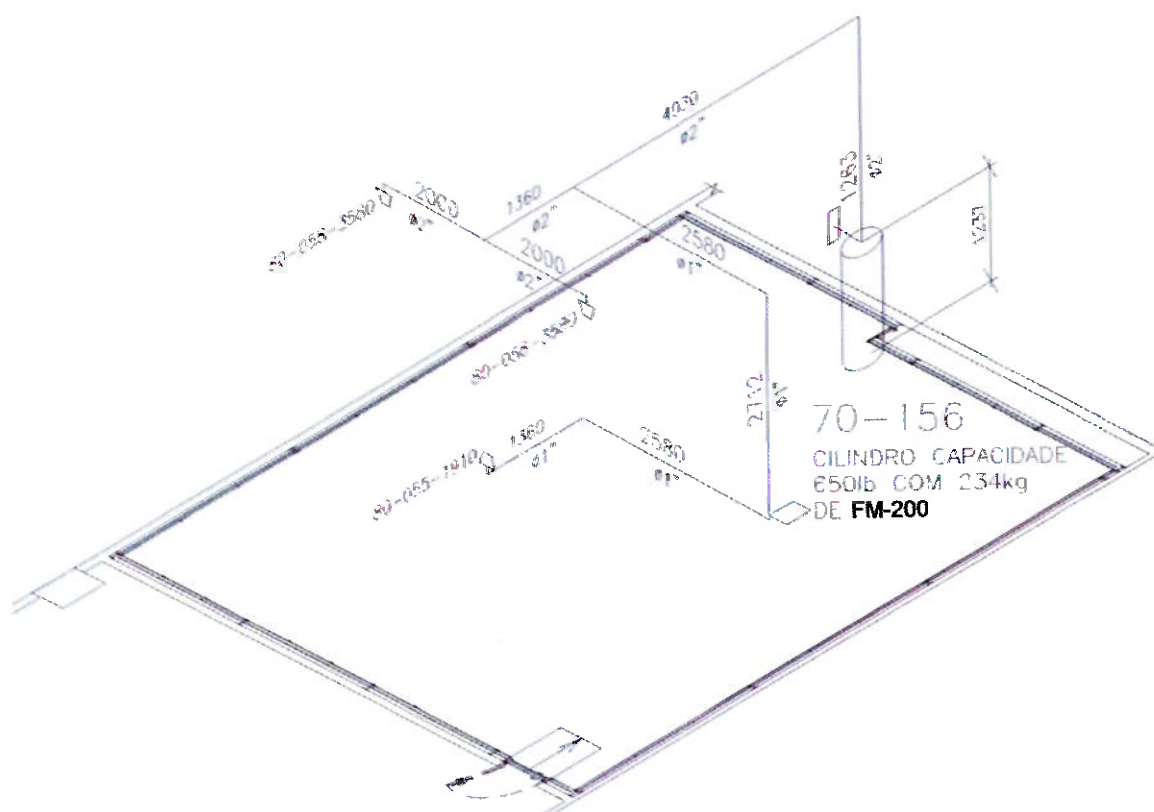


Figura A.3: Desenho isométrico da instalação das figuras anteriores

ANEXO B

CÁLCULO DO SISTEMA EM SOFTWARE PARA FE-25[®]

PROJECT INFORMATION

Project Name: Sala cofre Anatel
Project Designer:
Project Location: Brasília
Project Account:
Project Description: FE 25
Project Filename:

CUSTOMER INFORMATION

Company Name: Anatel
Company Address: Brasília
Company Phone:
Company Fax:
Contact Information:

Agent Requirements - Enclosure 0001 (Ambiente Principal)

Enclosure Area		Enclosure Height	Volume Added	Volume Subtracted	Protected Volume
0,00 m L X 0,00 m W		0,00 m	None	None	429,00 m ³
Design Concentration	Maximum Concentration	Minimum Temperature	Maximum Temperature	Elevation	Agent Required
8,00 %	8,00 % at 20 °C	20 °C	20 °C	1171 m	168,5 kg

Agent Requirements - Enclosure 0002 (Piso Falso)

Enclosure Area		Enclosure Height	Volume Added	Volume Subtracted	Protected Volume
0,00 m L X 0,00 m W		0,00 m	None	None	46,80 m ³
Design Concentration	Maximum Concentration	Minimum Temperature	Maximum Temperature	Elevation	Agent Required
8,00 %	8,05 % at 20 °C	20 °C	20 °C	1171 m	18,5 kg

Nozzle Information - Pipe Network 0001 (Pipe Network 0001)

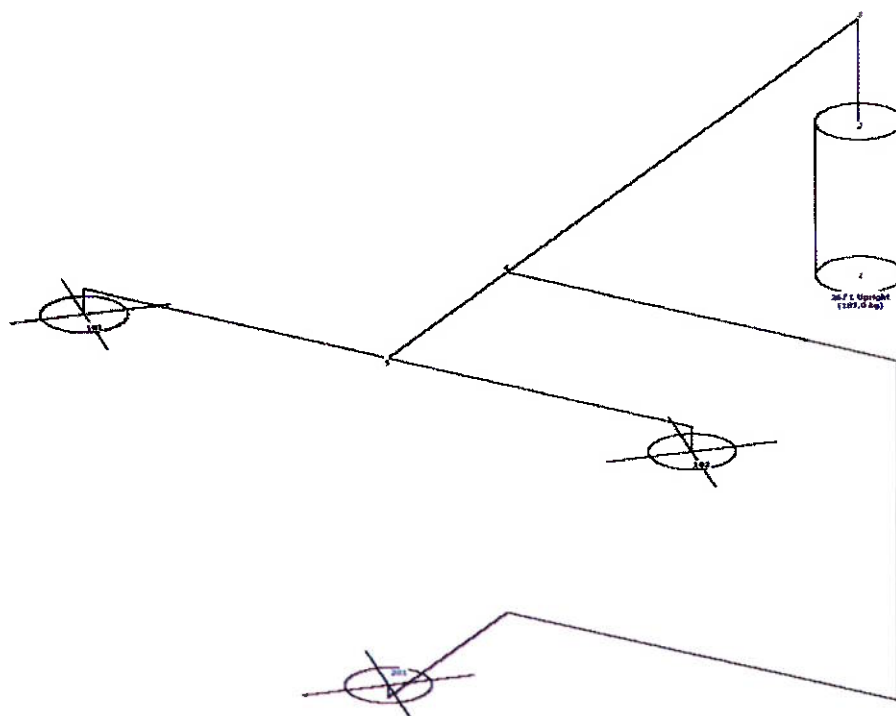
Nozzle Number	Type	Enclosure Name	Requested Agent
0101	360°	Ambiente Principal	84,2 kg
0102	360°	Ambiente Principal	84,3 kg
0201	360°	Piso Falso	18,5 kg

Total Agent Distributed Through Pipe Network: 187,0 kg

Cylinder Information - Pipe Network 0001 (Pipe Network 0001)

Cylinder Type	Agent Per Cylinder	Manifold Type	Cylinder Spacing	Valve to Manifold	Cylinder to Exit
S70-156 267 L Upright	1 X 187,0 kg	No Manifold	-	-	-
Fill Density	Empty Weight	Floor Area	Floor Loading		
700,3 kg / m ³	159 kg	0,20 m ²	1706 kg / m ²		

Pipe Network Isometric



Flow Calculation Input Data - Pipe Network 0001 (Pipe Network 0001)

Start	End	Length	Elevation	Select Pipe Dia	Select Pipe Sch	90°	Thru	Side	Union	Equ Length	Cyl	Nozz Type	Select Agent	Select Orifice
1	2	1,24 m	1,24 m	80 mm	SCH 40 T					0,74 m	1			
2	3	0,83 m	0,83 m	50 mm	SCH 40 T									
3	4	4,03 m		50 mm	SCH 40 T	1								
4	5	1,36 m		50 mm	SCH 40 T		1							
4	201	9,37 m	-2,65 m	25 mm	SCH 40 T	4		1				360	18,5 kg	0,2053 in
5	102	2,20 m	-0,20 m	32 mm	SCH 40 T	1		1				360	84,3 kg	0,4375 in
5	101	2,20 m	-0,20 m	32 mm	SCH 40 T	1		1				360	84,2 kg	0,4375 in

Flow Calculation Output Data - Pipe Network 0001 (Pipe Network 0001)

Start	End	Pipe Type	Equ Length	Start Pressure	End Pressure	Flow Rate	Agent Discharged	Orifice Diameter
1	2	80 mm -SCH 40	1,98 m	1800 kPa	1779 kPa	19,2 kg/s		
2	3	50 mm -SCH 40	0,83 m	1779 kPa	1731 kPa	19,2 kg/s		
3	4	50 mm -SCH 40	5,61 m	1731 kPa	1648 kPa	19,2 kg/s		
4	5	50 mm -SCH 40	2,41 m	1648 kPa	1627 kPa	17,3 kg/s		
4	201	25 mm -SCH 40	14,17 m	1648 kPa	1489 kPa	1,9 kg/s	18,6 kg	0,2053 in
5	102	32 mm -SCH 40	5,35 m	1627 kPa	1475 kPa	8,6 kg/s	84,2 kg	0,4375 in
5	101	32 mm -SCH 40	5,35 m	1627 kPa	1475 kPa	8,6 kg/s	84,2 kg	0,4375 in

Flow Calculation Messages

ECARO-25 Flow Calculation Software Version 3.30.0000

Calculation based on fixed nozzle codes and pipe sizes.

Calculation performed on 22/9/2005 10:47:26

System calculated within limits of NFES UL listing and FM approval

Bill of Materials - Pipe Network 0001 (Pipe Network 0001)

Cylinder List

<i>Qty</i>	<i>Part Number</i>	<i>Cylinder Description</i>	<i>Agent Fill Amount</i>
1	S70-156	267 L Upright	187,0 kg

Nozzle List

<i>Num</i>	<i>Part Number</i>	<i>Nozzle Size</i>	<i>Nozzle Type</i>	<i>Drill Diameter</i>
101	80-040-4375	32 mm -SCH 40	360°	0,4375 in
102	80-040-4375	32 mm -SCH 40	360°	0,4375 in
201	80-039-2055	25 mm -SCH 40	360°	0,2055 in

Pipe List

<i>Section</i>	<i>Pipe Length</i>	<i>Pipe Type</i>
1 - 2	1,24 m	80 mm -SCH 40
2 - 3	0,83 m	50 mm -SCH 40
3 - 4	4,03 m	50 mm -SCH 40
4 - 5	1,36 m	50 mm -SCH 40
4 - 201	9,37 m	25 mm -SCH 40
5 - 102	2,20 m	32 mm -SCH 40
5 - 101	2,20 m	32 mm -SCH 40

System Acceptance Report

Pipe Network Discharge Time

Pipe Network	Discharge Time	% Agent in Pipe Network	Pipe Temperature
0001 - Pipe Network 0001	9,75 s	15,33%	21 °C

Enclosure 0001 (Ambiente Principal) - Nozzle Performance

Nozzle Number	Orifice Diameter	Agent Requested	Agent Predicted	Nozzle Pressure
101	0,4375 in	84,2 kg	84,2 kg	1475 kPa
102	0,4375 in	84,3 kg	84,2 kg	1475 kPa
Minimum Required Concentration	Design Concentration	Minimum Predicted Concentration	Maximum Predicted Concentration	
8,00 %	8,00 %	8,00 % at 20 °C	8,00 % at 20 °C	

Enclosure 0002 (Piso Falso) - Nozzle Performance

Nozzle Number	Orifice Diameter	Agent Requested	Agent Predicted	Nozzle Pressure
201	0,2055 in	18,5 kg	18,6 kg	1489 kPa
Minimum Required Concentration	Design Concentration	Minimum Predicted Concentration	Maximum Predicted Concentration	
8,00 %	8,00 %	8,09 % at 20 °C	8,09 % at 20 °C	

ANEXO C

CÁLCULO DO SISTEMA EM SOFTWARE PARA FM200®

**Consolidated Report
Customer Information**

Company Name: Anatel

Address:

Brasilia

Phone:

Contact: Staefa - Carlos Albero

Title:

Project Data

Project Name: Sala Cofre - Anatel

Designer: Richard Puig

Number:

Account:

Location:

Description:

Enclosure Information

Elevation: 1171 m (relative to sea level)
Atmospheric Correction Factor: 0.89

Enclosure Number:	1
Name:	Ambiente Principal
Enclosure Temperature...	
Minimum:	20.0 C
Maximum:	20.0 C
Maximum Concentration:	7.018 %
Design Concentration...	
Adjusted:	7.017 %
Minimum:	7.000 %
Minimum Agent Required:	210.0 kg
Width:	0.00 m
Length:	0.00 m
Height:	0.00 m
Volume:	429.00 cubic m
Non-permeable:	0.00 cubic m
Total Volume:	429.00 cubic m
Adjusted Agent Required:	210.5 kg
Number of Nozzles:	2

Enclosure Information

Elevation: 1171 m (relative to sea level)
Atmospheric Correction Factor: 0.89

Enclosure Number: 2
Name: Piso Falso
Enclosure Temperature...
Minimum: 20.0 C
Maximum: 20.0 C
Maximum Concentration: 7.170 %
Design Concentration...
Adjusted: 7.170 %
Minimum: 7.000 %
Minimum Agent Required: 23.0 kg
Width: 0.00 m
Length: 0.00 m
Height: 0.00 m

Volume: 46.80 cubic m
Non-permeable: 0.00 cubic m
Total Volume: 46.80 cubic m
Adjusted Agent Required: 23.5 kg
Number of Nozzles: 1

Agent Information

Agent: HFC-227ea / Propellant N2

Adjusted Agent Required: 234.0 kg
Cylinder Name: 295 kg. Cylinder, Upright
Cylinder Part Number: 70-156
Number of Main Cylinders: 1
Number of Reserve Cylinders: 0
Manifold: No Manifold
Pipe Take Off Direction: Up
Agent Per Cylinder: 234.0 kg
Fill Density: 0.876 kg / l
Cylinder Empty Weight: 207.0 kg
Weight, All Cylinders + Agent: 441.0 kg
Floor Area Per Cylinder: 0.20 square m
Floor Loading Per Cylinder: 2176 kg /square m

Pipe Network

Part 1 - Pipe			Pipe			
Description	Start	End	Type	Diameter	Length	Elevation
Main Cyl. X 1	0	1		80 mm	1.67 m	1.67 m
Pipe	1	2	40T	50 mm	0.83 m	0.83 m
Pipe	2	3	40T	50 mm	4.03 m	0.00 m
Pipe	3	4	40T	50 mm	1.36 m	0.00 m
Pipe	4	5	40T	50 mm	2.00 m	0.00 m
Pipe/E1-N2	5	6	40T	50 mm	0.20 m	-0.20 m
Pipe	4	7	40T	50 mm	2.00 m	0.00 m
Pipe/E1-N1	7	8	40T	50 mm	0.20 m	-0.20 m
Pipe	3	9	40T	25 mm	2.58 m	0.00 m
Pipe	9	10	40T	25 mm	2.75 m	-2.75 m
Pipe	10	11	40T	25 mm	2.58 m	0.00 m
Pipe	11	12	40T	25 mm	1.36 m	0.00 m
Pipe/E2-N1	12	13	40T	25 mm	0.10 m	0.10 m

Part 2 - Equivalent Length

Start	End	90	45	Thru	Side	Union	Other	Added	Total
0	1	0	0	0	0	0		0.00 m	1.98 m
1	2	0	0	0	0	0		0.00 m	0.82 m
2	3	1	0	0	0	0		0.00 m	5.70 m
3	4	0	0	1	0	0		0.00 m	2.44 m
4	5	0	0	0	1	0		0.00 m	5.43 m
5	6	1	0	0	0	0		0.00 m	1.89 m
4	7	0	0	0	1	0		0.00 m	5.43 m
7	8	1	0	0	0	0		0.00 m	1.89 m
3	9	0	0	0	1	0		0.00 m	4.33 m
9	10	1	0	0	0	0		0.00 m	3.60 m
10	11	1	0	0	0	0		0.00 m	3.44 m
11	12	1	0	0	0	0		0.00 m	2.23 m
12	13	1	0	0	0	0		0.00 m	0.94 m

Part 3 - Nozzles

Start	End	Flow	Name	Size	Type	Nozzle Area
0	1	234.0 kg				
1	2	234.0 kg				
2	3	234.0 kg				
3	4	210.5 kg				
4	5	105.2 kg				
5	6	105.2 kg	E1-N2	50 mm	360 Degree	779.29 square mm
4	7	105.3 kg				
7	8	105.3 kg	E1-N1	50 mm	360 Degree	736.39 square mm
3	9	23.5 kg				
9	10	23.5 kg				
10	11	23.5 kg				
11	12	23.5 kg				
12	13	23.5 kg	E2-N1	25 mm	360 Degree	221.81 square mm

Parts Information

Total Agent Required: 234.0 kg

Cylinder Name: 295 kg. Cylinder, Upright (Part: 70-156)

Number Of Cylinders: 1

Field1

Nozzle	Type	Diameter	Nozzle Area	Part Number
E1-N1	360 Degree	50 mm	736.39 square mm	80-058-3480
E1-N2	360 Degree	50 mm	779.29 square mm	80-058-3580
E2-N1	360 Degree	25 mm	221.81 square mm	80-055-1910

Nozzle	Drill Diameter	Drill Size
E1-N1	8.8392 mm	S
E1-N2	9.0932 mm	T
E2-N1	4.9149 mm	11

Pipe:	Type	Diameter	Length
	40T	25 mm	9.37 m
	40T	50 mm	10.62 m

List of 90 degree elbows:

4 - 25 mm

3 - 50 mm

List of Tees:

2 - 50 mm

System Acceptance

System Discharge Time: 9.2 seconds

Percent Agent In Pipe: 16.9%

Percent Agent Before First Tee: 6.3%

Enclosure Number: 1

Enclosure Name: Ambiente Principal

Minimum Design Concentration: 7.000%

Adjusted Design Concentration: 7.017%

Predicted Concentration: 7.006%

Maximum Expected Agent Concentration: 7.006% (At 20.0 C)

Nozzle	Minimum Agent Required	Adjusted Agent Required	Predicted Agent Delivered	Nozzle Pressure (Average)
E1-N1	105.0 kg	105.3 kg	102.4 kg	9.726 bar
E1-N2	105.0 kg	105.2 kg	107.7 kg	9.672 bar

Enclosure Number: 2

Enclosure Name: Piso Falso

Minimum Design Concentration: 7.000%

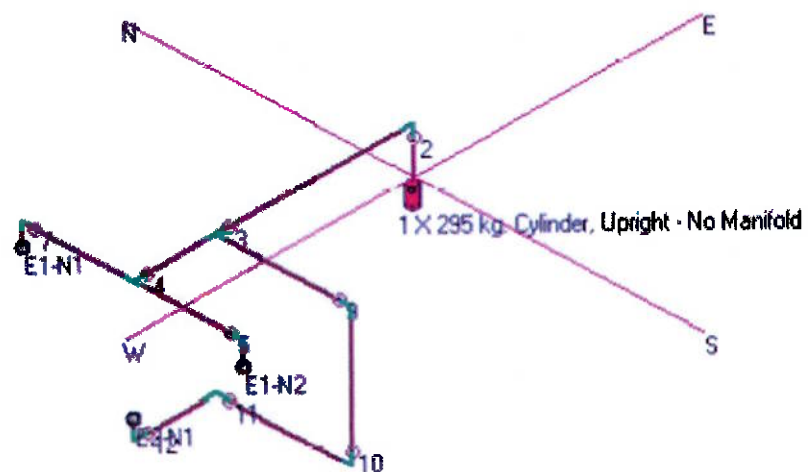
Adjusted Design Concentration: 7.170%

Predicted Concentration: 7.281%

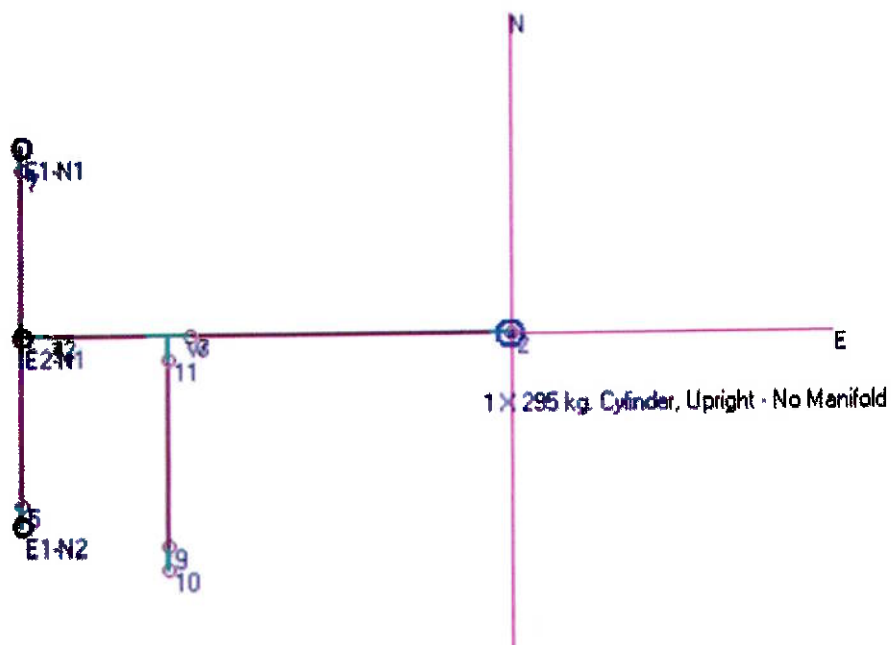
Maximum Expected Agent Concentration: 7.281% (At 20.0 C)

Nozzle	Minimum Agent Required	Adjusted Agent Required	Predicted Agent Delivered	Nozzle Pressure (Average)
E2-N1	23.0 kg	23.5 kg	23.9 kg	8.053 bar

Drawing View: 1



Drawing View: 5



Drawing View: 9

