

PROJETO DE GRADUAÇÃO

SISTEMA DE SUPRESSÃO DE INCÊNDIO COM AGENTE LIMPO: PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE PROJETO

Por,
Fabírcia Ribeiro Dias

Brasília, 30 de Novembro de 2011.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Mecânica

PROJETO DE GRADUAÇÃO

SISTEMA DE SUPRESSÃO DE INCÊNDIO COM AGENTE LIMPO: PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE PROJETO

POR,

Fabrcia Ribeiro Dias

Relatório submetido como requisito para obtenção
do grau de Engenheiro Mecânico.

Banca Examinadora

Prof. João Manoel Dias Pimenta
UnB/ ENM (Orientador)

Prof^a. Dianne Magalhães Viana
UnB/ ENM

Prof. Mário Benjamim Baptista de Siqueira
UnB/ ENM

Brasília, 30 de Novembro de 2011

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus que me guia em todos os momentos de minha vida, ao meu namorado Carlos Eduardo que me presenteia sempre com seu amor, a minha família que está me apoiando para que eu consiga concluir a minha graduação, aos meus colegas de trabalho, aos meus amigos que ajudaram direto ou indiretamente na conclusão do meu curso, ao Eng. Antônio Roberto que me incentivou para a escolha desse tema para o projeto de graduação e aos funcionários da Fike Latina que colaboraram com materiais e informações para elaboração deste trabalho. Serei eternamente grata por tudo que fizeram e estão fazendo por mim.

Fabrcia Ribeiro Dias

RESUMO

O objetivo deste trabalho é propor uma metodologia para elaboração de projetos de sistemas de supressão de incêndio com agente limpo. A motivação para o estudo deste tipo de sistema é a necessidade de utilizar agentes que sejam eficientes no combate ao fogo em questão de segundos, não liberem resíduos que possam danificar equipamentos e materiais, e que não ofereçam risco a saúde humana. Antes de propor a metodologia será feita uma revisão de conceitos básicos sobre incêndios, as principais características dos agentes limpos e de seu sistema de supressão ao fogo. Com auxílio de um fluxograma serão organizados todos os passos a serem tomados pelo projetista para dimensionar e projetar o sistema, além listar todos os documentos necessários para produção de um projeto executivo. Para aplicação desta metodologia, serão analisados quatro tipos diferentes de ambientes, que se houver viabilidade receberão um projeto de sistema de supressão a incêndio com agente limpo.

Palavras chave: incêndio, projeto, metodologia, agente limpo.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to propose a methodology for project design of fire suppression systems with clean agent. The motivation for the study of this type of system is the need to use agents which are efficient in combating fire in a matter of seconds, not release waste which can damage equipment and materials, and who do not provide risk to human health. Before proposing the methodology will be made a review of basic concepts about fires, the main features of clean agents and their fire suppression system. With the aid of a flowchart will be organized all the steps to be taken by the designer to scale and designing the system, in addition to list all documents necessary for the production of a project Executive. For the application of this methodology will be reviewed four different types of environments, that if any viability will receive a project of the fire suppression system with clean agent.

Keywords: fire, design, methodology, clean agent.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Tema em estudo e sua relevância	1
1.2 Revisão bibliográfica	2
1.3 Objetivos	4
1.4 Metodologia.....	4
1.5 Estrutura do relatório	5
2. SISTEMAS DE COMBATE A INCÊNDIO.....	7
2.1 Fenômeno do fogo	7
2.2 Pontos de temperatura.....	8
2.3 Propagação de calor	9
2.4 Classes de Incêndio	9
2.5 Métodos de extinção	10
2.6 Principais agentes de combate a incêndio	10
2.6.1 Água	10
2.6.2 Espuma.....	11
2.6.3 Pó Químico Seco	12
2.6.4 Dióxido de Carbono (CO ₂)	13
2.6.5 Água Nebulizada ou Atomizada	14
2.6.6 Compostos halogênicos.....	15
2.7 Sistemas de detecção e alarme	15
2.7.1 Detectores de Fumaça e Temperatura.....	16
2.7.2 Sistema de alarme	17
2.7.3 Sinalização Visual.....	17
3. SISTEMA DE SUPRESSÃO DE INCÊNDIO COM AGENTE LIMPO	19
3.1 Agentes limpos.....	19
3.1.1 Agente Limpo IG-55.....	21
3.1.2 Agente limpo HFC-125	21
3.1.3 Agente limpo HFC-227	22

3.1.4	Agente limpo HFC-236	22
3.1.5	Agente limpo HFC-23	22
3.1.6	Agente limpo FK 5-1-12	23
3.2	Equipamentos	23
3.2.1	Recipientes de Armazenamento	23
3.2.2	Acessórios do cilindro	24
3.2.3	Válvulas	27
3.2.4	Tubos e conexões.....	27
3.2.5	Difusores.....	28
3.3	Manutenção.....	29
4.	METODOLOGIA PROPOSTA.....	30
4.1	ASPECTOS GERAIS	30
4.2	Visita ao ambiente.....	31
4.3	Verificação de viabilidade.....	31
4.4	Coleta dos Dados principais.....	32
4.5	Decisões de projeto.....	32
4.6	Projeto básico.....	33
4.6.1	Concentração de Projeto	33
4.6.2	Quantidade de Agente	34
4.6.3	Área de Cobertura do Difusor	35
4.6.4	Distribuição dos Difusores	36
4.6.5	Altura do Teto x Nível de Difusores.....	37
4.6.6	Máxima Diferença de Elevação	38
4.6.7	Obstruções na Descarga dos Difusores	38
4.6.8	Relação de Divisão	38
4.7	Cálculos de Projeto	40
4.7.1	Fator de Projeto para “Tê”	40
4.7.2	Fator de Correção por Altitude.....	41
4.7.3	Tempo de Permanência do Agente.....	41
4.7.4	Temperatura de Armazenamento dos Cilindros	41

4.7.5	Taxa de Fluxo dos Difusores.....	41
4.7.6	Instalação dos Difusores.....	42
4.8	Limitações de projeto	44
4.8.1	Percentual do Agente na Tubulação	44
4.8.2	Localização do Primeiro Tê.....	44
4.8.3	Tempo de Chegada do Agente.....	45
4.8.4	Tempo de Esgotamento do Agente	45
4.9	Projeto Executivo.....	46
5.	CASOS DE ESTUDO.....	47
5.1	Sala de Processamento de Dados	47
5.2	Sala de Acervo Darcy e Berta – Memorial Darcy Ribeiro (Beijódromo).....	48
5.4	Biblioteca pública.....	48
5.5	Estoque de mercadorias.....	49
6.	PROJETO – SALA DE PROCESSAMENTO DE DADOS	50
6.1	Dados Principais.....	50
6.2	Decisões de Projeto	51
6.3	Projeto Inicial da Rede de Tubulação.....	51
6.4	Cálculos de Projeto	53
6.5	Projeto Executivo.....	54
6.5.1	Desenhos em planta	54
6.5.2	Memorial de Cálculo	54
6.5.3	Memorial Descritivo	57
6.5.4	Lista de materiais.....	58
6.5.5	Manual de Operação e Manutenção.....	58
7.	PROJETO – ACERVO DARCY E BERTA	60
7.1	Dados Principais.....	60
7.2	Decisões de Projeto	61
7.3	Projeto Inicial da Rede de Tubulação.....	61
7.4	Cálculos de Projeto	62
7.5	Projeto Executivo.....	64
7.5.1	Desenhos em planta	64

7.5.2	Memorial de Cálculo	64
7.5.3	Memorial Descritivo	67
7.5.4	Lista de materiais.....	68
7.5.5	Manual de Operação e Manutenção.....	68
8.1	DADOS PRINCIPAIS	70
8.2	Decisões de Projeto	71
8.3	Projeto Inicial da Rede de Tubulação	71
8.4	Cálculos de Projeto	73
8.5	Projeto Executivo	74
8.5.1	Desenhos em planta	74
8.5.2	Memorial de Cálculo	74
8.5.3	Memorial Descritivo	77
8.5.4	Lista de materiais	78
8.5.5	Manual de Operação e Manutenção	79
9.	CONCLUSÕES	80
9.1	Recomendações Gerais	80
9.2	Conclusão Final.....	82
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
	ANEXOS	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Tetraedro do fogo	7
Figura 2.2 – Detalhe de uma tubulação com <i>splinker</i> (Central Gás, 2011).....	11
Figura 2.3 – Utilização de espuma mecânica em uma operação de combate a incêndio (Carros de Bombeiro, 2010).....	12
Figura 2.4 – Extintores de pó químico seco sendo utilizados na supressão de um foco de incêndio (Diálogo Diário de Saúde e Segurança, 2011)	13
Figura 2.5 – Cilindros envazados com CO ₂ e suas ligações com a tubulação de um sistema fixo (Altaseg, 2011).....	14
Figura 2.6 – Dispensador utilizado no sistema de Água Nebulizada (HP, 2009).....	14
Figura 2.7 – Extintor carregado com agente halogênico (OJ Extintores, 1990)	15
Figura 2.8 – a) Detector de fumaça, b) Detectores de calor respectivamente (HP, 2009)	16
Figura 2.9 – Placas utilizadas no sistema de sinalização visual (Ample Sistemas, 2011)	18
Figura 3.1 – Cilindro adequado para o envase de agente limpo (Fike Latina, 2011)	23
Figura 3.2 – Cilindro para armazenamento de agentes limpos e seus acessórios (Fike Latina, 2011).....	24
Figura 3.3 – Acessórios instalados na saída do cilindro (Fike Latina, 2011).....	25
Figura 3.4 – a) Montagem da válvula, b) Componentes da válvula de impulsão. (Fike Latina, 2011).....	26
Figura 3.5 – Pino atuador e sua montagem, respectivamente (Fike Latina, 2011)	26
Figura 3.6 – Manômetro instalado na saída do cilindro (Fike Latina, 2011).....	27
Figura 3.7 – Difusor com furação em 360° (Fike Latina, 2011).....	28
Figura 4.1 – Fluxograma da metodologia de projeto	30
Figura 4.2 – Distribuição dos difusores do tipo 360° (Fike Latina, 2011).....	36
Figura 4.3 – Distribuição dos difusores do tipo 180° (Fike Latina, 2011).....	37
Figura 4.4 – Arranjo “ <i>back to back</i> ” (Fike Latina, 2011).....	37
Figura 4.5 – Máximas diferenças de elevações entre o cilindro e os difusores (Fike Latina, 2011).....	38
Figura 4.6 – Distribuição do tipo bullhead (Fike Latina, 2011).....	39
Figura 4.7 – Distribuição do tipo Side Thru (Fike Latina, 2011).....	39
Figura 4.8 – Montagem correta das ramificações de saída das distribuições Side Thru e Bullhead, respectivamente (Fike Latina, 2011).....	39
Figura 4.9 – Ramificação de entrada de distribuição Bullhead montada na posição vertical	

(Fike Latina, 2011)	40
Figura 4.10 – Posições de instalação e fixação da rede de tubulação (Fike Latina, 2011)	42
Figura 4.11 – Representação do tempo de chegada do líquido do primeiro ao último difusor (Fike Latina, 2011)	45
Figura 4.12 - Representação do tempo de esgotamento do líquido do primeiro ao último difusor (Fike Latina, 2011).....	45
Figura 6.1 – Representação do ambiente com suas medidas laterais	50
Figura 6.2 – Representação da planta do ambiente com o ponto de posicionamento do cilindro	51
Figura 6.3 – Representação do ambiente com o rascunho inicial da tubulação.....	52
Figura 6.4 – Isométrico do posicionamento dos componentes do sistema	57
Figura 7.1 – Representação do ambiente com suas medidas laterais.....	60
Figura 7.2 – Representação do ambiente com o posicionamento do cilindro.....	61
Figura 7.3 – Representação da rede de tubulação no ambiente	62
Figura 7.4 – Representação isométrica da rede de tubulação	67
Figura 8.1 – Representação do ambiente com suas medidas laterais.....	60
Figura 8.2 – Representação do ambiente com o posicionamento do cilindro.....	61
Figura 8.3 – Representação da rede de tubulação no ambiente	62
Figura 8.4 – Representação isométrica da rede de tubulação	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Concentrações recomendadas segundo a classificação do risco de incêndio	34
Tabela 4.2 – Multiplicadores de concentração do agente.....	34
Tabela 4.3 – Áreas de cobertura dos difusores	36
Tabela 4.4 – Posicionamento dos difusores em relação ao teto e ao longo da parede	36
Tabela 4.5 – Nível de difusores requeridos em relação à altura do teto.....	37
Tabela 4.6 – Máxima diferença de elevação entre os difusores e a saída do cilindro	38
Tabela 4.7 – Fator de projeto para a quantidade de tês utilizados.....	40
Tabela 4.8 – Fator de correção por altitude	41
Tabela 4.9 – Taxa de fluxo nos difusores	42
Tabela 6.1 – Resultados encontrados para os cálculos do agente limpo	53
Tabela 6.2 – Resultados dos cálculos para os cilindros principal e reserva	53
Tabela 6.3 – Resultados dos cálculos para dimensionamento da tubulação	54
Tabela 6.4 – Resultados dos cálculos para dimensionamento dos difusores	54
Tabela 6.5 – Dimensionamento das tubulações.....	56
Tabela 6.6 – Dimensionamento dos difusores.....	56
Tabela 6.7 – Características dos componentes	57
Tabela 7.1 – Cálculo da concentração máxima e quantidade de agente.....	63
Tabela 7.2 – Dimensionamento dos cilindros principal e reserva.....	63
Tabela 7.3 – Dimensionamento da rede de tubulação	63
Tabela 7.4 – Dimensionamento dos difusores.....	63
Tabela 7.5 – Dimensionamento das tubulações.....	66
Tabela 7.6 – Dimensionamento dos difusores.....	66
Tabela 8.1 – Cálculo da concentração máxima e quantidade de agente.....	63
Tabela 8.2 – Dimensionamento dos cilindros principais e reservas.....	63
Tabela 8.3 – Dimensionamento da rede de tubulação	74
Tabela 8.4 – Dimensionamento dos difusores.....	74
Tabela 8.5 – Dimensionamento das tubulações.....	66
Tabela 8.6 – Dimensionamento dos difusores.....	66

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolos Latinos

V	Volume	[m ³]
M	Massa	[kg]
C	Concentração	
t	Temperatura	[°C]
Q	Vazão	[m ³ /s]
P	Pressão	[bar]
S	Área	[m ²]
D	Diâmetro	[mm]
v	Velocidade	[m/s]

Símbolos Gregos

v	Volume específico	[m ³ /kg]
---	-------------------	----------------------

Siglas

<i>NPFA</i>	National Fire Protection Association
<i>ODP</i>	Ozone Depletion Potential
<i>GWP</i>	Global Warning Potential
<i>FM</i>	Factory Mutual Research Corp.
<i>UL</i>	Underwriters Laboratory Inc.
<i>NOAEL</i>	Non Observed Adeverse Effects Level
<i>LOAEL</i>	Lowest Observed Adeverse Effects Level
<i>TI</i>	Tecnologia da Informação
<i>AHJ</i>	American Heat Journal
<i>IBGE</i>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

1. INTRODUÇÃO

1.1 TEMA EM ESTUDO E SUA RELEVÂNCIA

No período pré-histórico o homem descobriu como produzir o fogo. Desde então passou a utilizá-lo em benefício próprio, aproveitando suas características em atividades como: preparo de alimentos, aquecimento, processos de fabricação de ferramentas, criação de máquinas de geração a vapor, dentre outras.

Mas ao mesmo tempo o homem descobriu que a grande energia gerada durante o processo precisava ser controlada de maneira eficiente, pois quando ele perdia o controle sobre as proporções das chamas, elas causavam danos e perdas irreparáveis, a partir daí surge o conceito de incêndio. Então foi necessário começar a se pensar em maneiras de evitar e combater estes incêndios, visando a proteção dos seres vivos, e dos bens materiais.

Os incêndios são um risco ao bem estar de uma sociedade. Quando espaços físicos de empresas, comércio ou outras organizações são atingidos pelo fogo, cerca de 20% delas desaparecem definitivamente, segundo dados de seguradoras brasileiras (Pereira e Araujo Junior, 2006). Trazendo perdas financeiras e materiais, e causando um possível desemprego de pessoas que trabalhavam diretamente ou indiretamente para aquela organização. Outro efeito derivado do acidente, é o tratamento de pessoas que sofreram queimaduras ou foram intoxicadas pela fumaça, que são longos e acabam por restringir a vida pessoal e profissional das vítimas. Quando não há ainda a ocorrência de vítimas fatais, onde os efeitos são ainda mais propagados a familiares e dependentes. Segundo dados, cerca de 4.000 pessoas morriam no Brasil por ano na década de 90 em decorrência dos incêndios (Pereira e Araujo Junior, 2006), que também causam prejuízos a área patrimonial, quando ocorrem em bibliotecas, sistemas de arquivo, acervos, museus, igrejas, órgãos públicos, locais tombados pelo patrimônio históricos e outros locais do gênero, pois a perda de documentos e dados importantes, patrimônio intelectual, objetos históricos. Causando uma perda irreparável para a história de uma sociedade.

Nos dias atuais, a maioria de todos os dados necessários ao funcionamento de sistemas automatizados, dependem de computadores para serem processados. Incêndios em locais em que ocorrem esses processamentos podem levar a parada de bancos, sistemas de informação, sistemas de transporte, comércio, levando o caos a toda sociedade que depende de tais dados.

Portanto os impactos sociais e econômicos gerados após um incêndio são amplos e de consequências malélicas, em alguns casos devastadores. Então há sempre a necessidade e a preocupação em se investir e pesquisar o assunto a fim de criar formas de preveni-lo, e caso não seja possível, de combatê-lo no menor tempo possível, reduzindo as perdas.

Uma dessas técnicas criada, recentemente, é o sistema de combate a incêndio que utiliza agente

limpo, que surgiu a partir do aprimoramento de técnicas mais antigas, surtindo melhores resultados que elas, pois utiliza novas tecnologias e atende melhor as exigências do mercado e da sociedade, preocupados em diminuir a quantidade de ocorrências de grandes incêndios. Agentes limpos são gases que podem estar presentes em sistemas fixos ou móveis, e quando liberados tem a capacidade de reduzir a concentração de oxigênio em um ambiente fechado, levando a extinção do fogo.

Em sistemas fixos o agente limpo fica armazenado em cilindros e é liberado através de tubulações e difusores no ambiente e em sistemas móveis pode ser armazenado em extintores. As principais vantagens deste agente são de não deixar resíduos, combater as chamas em poucos segundos e principalmente, permitir que os seres vivos que não consigam evacuar o ambiente durante o incêndio tenham um tempo considerável para sair sem que o agente lhe cause danos à saúde.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta revisão visa apresentar os trabalhos publicados sobre este assunto. Dentre estes trabalhos serão citados trabalhos acadêmicos, artigos, apresentação sobre projetos realizados por empresas especializadas, manuais e normas que regulamentam os agentes limpos. Apresentando os resultados encontrados e quais ainda podem ser buscados, a fim de determinar os objetivos deste presente trabalho.

Treyger (2009) apresenta um trabalho sobre como pode ser projetado um sistema de combate a incêndio em uma área com infra-estrutura de TI. Aborda itens como a necessidade de instalação de um sistema de detecção de incêndio com tecnologia avançada, a fim de iniciar o combate ao fogo o quanto antes, pois os equipamentos na área tem alto valor agregado e o incêndio neles se espalha rapidamente, destruindo seus componentes eletrônicos sensíveis. E para este tipo de combate são propostos alguns agentes e sistemas adequados para toda a infra-estrutura, entre eles os agentes limpos.

O trabalho cita alguns dos tipos de agentes limpos, suas composições químicas, como extinguem o fogo e suas concentrações mínimas de projeto para utilizá-los. Mas não apresenta uma comparação entre estes agentes e qual deles apresentaria a melhor performance naquele ambiente. Não são mostrados como é feita a instalação e quais são os componentes principais do sistema, apenas mostra como fica a disposição do sistema montado no ambiente. O trabalho utiliza como tema principal o projeto para um sistema de combate a incêndio com agente limpo, mas não apresenta nenhuma metodologia para o desenvolvimento deste projeto. Apenas garante que os agentes limpos já foram testados em ambientes reais e são eficientes em tais sistemas.

Senecal (2010) apresenta um trabalho específico sobre agentes limpos, mas o foco principal é abordar como ocorre as reações químicas responsáveis pela extinção do fogo. Apresenta as formulações químicas destas reações e como ocorre a redução da concentração de oxigênio no ambiente.

Mas o trabalho apresenta estas reações para o uso de agentes limpos do tipo gases inertes. Portanto alguns dos principais tipos utilizados no mundo não são temas do trabalho, que, além disso, não apresenta como estes agentes podem ser aplicados em um projeto.

A norma NFPA 2001 (NPFA, 2004) é um dos trabalhos mais completo sobre o assunto, pois abrange todos os tipos de agentes limpos e seus parâmetros de utilização no sistema, regulamentados e padronizados. Mostra as principais especificações técnicas dos agentes, quais são os procedimentos básicos e as limitações de um projeto, e quais riscos de incêndio podem ser atendidos. Algumas metodologias de cálculo de concentração de agente para um ambiente também são apresentadas, além da padronização de equipamentos que podem ser utilizados na instalação.

Apesar de abranger as principais informações necessárias para elaboração de um projeto e características dos agentes, a norma é apenas elucidativa. Ela enumera os parâmetros que devem ser seguidos e quais são seus padrões, mas não nos fornece uma metodologia completa, por isso ela deve ser apenas uma referência a ser utilizada pelo projetista durante a elaboração dos cálculos, memoriais e plantas do sistema. Nela não contém referenciais de como e onde os sistemas podem ser aplicados de maneira eficiente. Apesar de ser uma normalização americana, acaba sendo a referência para os projetos brasileiros, tendo que ser adaptada por cada projetista a realidade de nosso país.

Roque (2007) apresenta vários sistemas fixos de combate a incêndio que podem ser instalados em ambientes fechados, dentre eles um que utiliza um tipo de agente limpo. Apresenta quais são os métodos de extinção que cada agente utiliza para extinguir o fogo. Este trabalho apresenta apenas um agente limpo e não cita nada sobre como desenvolver um projeto e instalar o sistema para aquele determinado ambiente.

A empresa Sepreve (2011) apresenta um texto específico sobre os agentes limpos. Seu método de extinção do fogo, a importância de alguns equipamentos, quais ambientes são adequados para instalação do sistema e quais são as concentrações de projeto. Apesar de apresentar estes cálculos de concentrações em ambientes reais, os parâmetros de projeto apresentados se limitam a concentração de acordo com os volumes e não considera todos os cálculos para determinar como essa quantidade de agente aplicada a um sistema será eficiente no combate a incêndio.

A empresa RCC Incêndios (2011) trata sobre os agentes limpos como a melhor solução para substituir sistemas que utilizavam agentes supressores do fogo nocivos à camada de ozônio. Portanto foca em características ambientais dos agentes limpos, além de seus efeitos sobre a saúde humana, mostrando que eles são inofensivos desde que respeitadas às concentrações de projeto. Apresentam os locais onde podem ser aplicados, os materiais e equipamentos que podem ser utilizados na instalação e alguns parâmetros a serem utilizados para os cálculos. Mas não fornece quais são os dados que devem ser seguidos para a estruturação deste projeto.

O manual P/N 06-431 (2010) da Fike Corporation contém informações para projeto, instalação e manutenção de um sistema que utiliza um dos principais agentes comercializado no mundo. Utiliza

como base, projetos de sistemas engenheirados e seus parâmetros. Mostrando especificações e limitações para todos os equipamentos que devem ser utilizados.

Por isso acaba não apresentando os cálculos necessários para elaboração de um sistema em que o projetista poderá utilizar apenas os cálculos manuais, limitando seu uso apenas como base para projetos que dependem de um software para fazer todos os cálculos necessários. Os valores tabelados ou de referências apresentados são apenas para um tipo de agente, o HFC-125.

1.3 OBJETIVOS

Após a análise de trabalhos publicados sobre o tema e os resultados encontrados, pôde-se determinar quais serão os objetivos deste trabalho e como seus resultados podem ser utilizados para o desenvolvimento de novos projetos.

Este trabalho pretende apresentar uma metodologia para projetos de combate a incêndio que utilizam agentes limpos. Nesta metodologia serão apresentadas características dos agentes, cálculos, fatores de correção, limites de projeto, padrões de norma e valores tabelados necessários para se elaborar um projeto de sistema de combate a incêndio que utiliza agente limpo. Também serão mostrados quais documentos necessitam ser elaborados pelos projetistas para produzir um projeto executivo. Para exemplificação serão analisados casos de estudo em alguns tipos de ambientes para demonstrar a viabilidade da aplicação deste sistema, nos ambientes em que houver esta viabilidade a metodologia de projeto será aplicada por completo.

1.4 METODOLOGIA

O relatório está dividido de acordo com a seguinte metodologia: Primeiramente apresenta uma revisão sobre os conceitos do fogo, como ocorre a propagação das chamas e do calor durante o processo, e quais são os fenômenos físicos dos métodos de extinção. Será feita uma exposição do funcionamento de vários agentes supressores e sistemas em que eles possam ser aplicados, destacando as características e a importância de sistemas auxiliares, como o de detecção e alarme de incêndio, para melhorar a eficiência da prevenção e do combate ao fogo.

Uma apresentação sobre os agentes limpos é feita para demonstrar a motivação em propô-los como objeto de estudo para desenvolvimento de sistemas seguros e com grandes vantagens financeiras e tecnológicas. Através de pesquisas em documentos de fabricantes será elaborado um descritivo dos principais equipamentos a serem utilizados na instalação da infra-estrutura e como proceder com rotinas de manutenção.

As normas que regulamentam o sistema e seus agentes limpos foram estudadas para desenvolvimento de uma metodologia de projeto. O relatório apresentará os cálculos, parâmetros a

serem utilizados e quais são as limitações de projeto.

Como objetivo final será feito um levantamento de alguns ambientes que poderiam abrigar um sistema com agente limpo como exemplo. Citar os riscos de incêndio contidos no ambiente e verificar a possibilidade e a necessidade de instalação de um método de proteção segura que não deixa resíduos. Nos ambientes em que o sistema é viável será aplicada a metodologia de projeto sendo apresentados os resultados e todos os documentos necessários para demonstrar como o sistema será instalado e como deverá funcionar em tal ambiente.

1.5 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

Uma revisão sobre os conceitos básicos sobre os incêndios será feita no capítulo 2 deste trabalho. Nele serão abordados conceitos como o fenômeno do fogo, como ele se propaga e como funcionam os métodos de extinção. Depois da exposição destes assuntos, são apresentados os principais agentes de supressão do fogo utilizados no mundo, além do agente limpo, e exemplos de sistemas em que eles são aplicados. Além de apresentar as principais funções e a importância de se instalar sistemas de detecção e alarme de incêndio.

No capítulo 3 são apresentadas as principais características do agente limpo, como é feita a classificação destes, quais são os mais utilizados e em quais casos eles são mais eficientes. A seguir são mostrados os equipamentos e materiais utilizados na instalação de um sistema com agente limpo, com suas principais especificações e condições de uso. Para concluir, uma breve descrição de como é a disposição desta instalação e como ela funcionará.

Uma metodologia de projeto de acordo com os padrões de normas será apresentada no capítulo 4. Serão apresentados cálculos, parâmetros e limitações, que são utilizadas para desenvolver um projeto de forma eficiente, e como ele deve ser estruturado para ser entregue ao cliente para as instalações.

Casos de estudo serão apresentados no capítulo 5 para cinco tipos diferentes de ambiente que envolve riscos de incêndio das classes atendidas pelos agentes limpos. Em seguida serão feitas análises econômicas e técnicas para selecionar quais dos ambientes terá viabilidade para receber o projeto.

Nos capítulos 6, 7 e 8 será aplicada a metodologia de projeto para os ambientes que tem viabilidade técnica e econômica de receber o sistema de supressão de incêndio com agente limpo. Neles serão demonstradas todas as informações acerca dos ambientes, as decisões do projetista, os dimensionamentos necessários e todos os documentos que deverão estar contidos em um projeto executivo.

Para finalizar será apresentada a conclusão deste trabalho, atendendo aos objetivos iniciais. Nos anexos serão apresentados: o cronograma das atividades desenvolvidas durante as etapas de trabalho, dos Projetos de Graduação 1 e 2, as referências utilizadas para a pesquisa e desenvolvimento deste

relatório, e tabelas com informações contidas na norma de referência para a metodologia. Também estarão anexados a este relatório, os desenhos técnicos das plantas de projeto desenvolvidas para cada caso de estudo viável.

2. SISTEMAS DE COMBATE A INCÊNDIO

A prevenção de incêndios deve ser preocupação dos órgãos públicos competentes e da sociedade organizada, pois a ocorrência destes provocará prejuízo a todos.

No Brasil existem instruções técnicas, normas e legislação relacionadas à segurança contra incêndios, sendo que parte das normas utilizadas é originária da National Fire Protection Association (NFPA) dos Estados Unidos da América e normas européias – de estudos e normatização da prevenção, proteção, combate, educação, públicas relacionados a incêndios, atendimentos com produtos perigosos e atividades de pronto-socorro e salvamentos.

Tem-se como hipótese inicial que os estudos relacionados à segurança contra incêndios devem ser fundamentados em princípios de química, física e matemática, tendo em vista a origem do problema, ou seja, o fogo. E este poderá contribuir para o surgimento dos incêndios, sendo, portanto, necessários estudos específicos sobre medidas para prevenção, combate e extinção destes sinistros.

2.1 FENÔMENO DO FOGO

Para que ocorra o fenômeno do fogo, é necessária a presença de quatro elementos:

- Combustível;
- Comburente;
- Calor;
- Reação em cadeia.

Os quatro elementos são dispostos de tal maneira que formam um tetraedro, de forma que nenhum destes elementos pode ficar de fora, como pode ser visto na Figura 2.1 –.

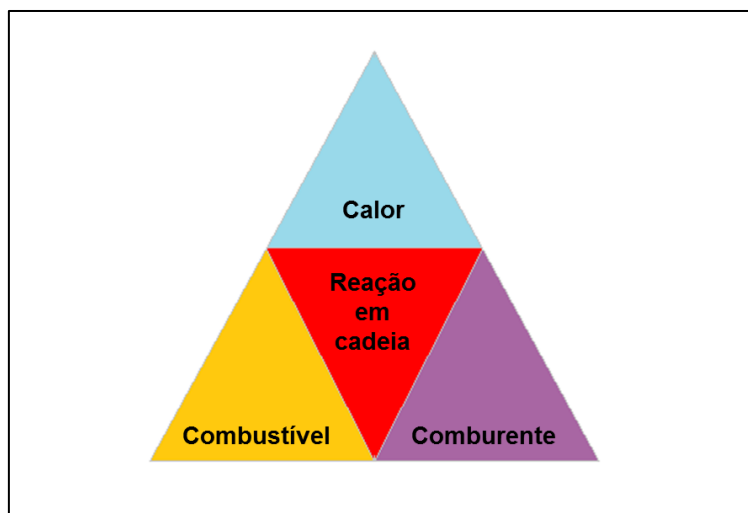


Figura 2.1 – Tetraedro do fogo

O combustível pode ser definido como qualquer substância que tem a propriedade de queimar, que pode entrar em combustão. O combustível pode ser sólido (madeira, papel, etc.), líquido (gasolina, querosene, etc.) ou gasoso (gás liquefeito de petróleo – GLP, gás natural veicular – GNV, etc.).

Comburente é o elemento que alimenta a reação química, sendo mais comum o oxigênio presente no ar, cuja concentração percentual é de 21%. Quando a porcentagem do oxigênio do ar do ambiente passa de 21% para a faixa compreendida entre 17% e 15%, a queima torna-se mais lenta, notam-se brasas e não mais chamas. Quando o oxigênio contido no ar do ambiente atinge concentração menor que 14%, não há combustão.

O calor é definido como uma fonte de energia que se transfere de um sistema para outro, por diferença de temperaturas. O calor pode ter como fonte a energia elétrica, o cigarro aceso, o atrito entre objetos e até mesmo a concentração de luz do sol através de uma lente.

A reação em cadeia é uma sequência que ocorre no incêndio. Um combustível, ao se aquecer, libera vapores combustíveis que, em contato com uma fonte externa de calor, entram em combustão. A combustão aquece mais o combustível, liberando mais vapores combustíveis, gerando assim uma combustão maior. Essa reação em cadeia continuará até que não haja mais vapores combustíveis para serem liberados do material combustível.

2.2 PONTOS DE TEMPERATURA

Todos os materiais combustíveis possuem três pontos de temperatura para o caso de um incêndio. Essas temperaturas estão definidas, respectivamente, da menor para a maior, como ponto de fulgor, ponto de combustão e ponto de ignição, e são importantes para o estudo do incêndio.

Ponto de fulgor é a temperatura mínima na qual os materiais liberam vapores combustíveis que, ao entrarem em contato com uma fonte externa de calor, se inflamam. Devido à pequena quantidade de vapores combustíveis, as chamas não se mantêm, apagando-se imediatamente.

Ponto de combustão é a temperatura mínima na qual os materiais liberam vapores combustíveis que, ao entrarem em contato com uma fonte externa de calor, se inflamam. Devido à quantidade maior de vapores combustíveis e ao fato de a temperatura já estar mais alta, ao se retirar a fonte externa de calor, as chamas se mantêm.

Ponto de ignição é a temperatura mínima na qual os materiais liberam vapores combustíveis que, simplesmente ao entrarem em contato com o comburente, se inflamam, não sendo necessária a presença de uma fonte externa de calor.

2.3 PROPAGAÇÃO DE CALOR

O incêndio se propaga em virtude da transmissão do calor liberado pelo mesmo, para outra parte do combustível ainda não incendiado, ou até mesmo para outro corpo combustível distante, também não incendiado. Isto poderá ocorrer sob três formas: Condução, Convecção e Irradiação.

Considerando que o oxigênio está presente em toda atmosfera terrestre, que é vital à vida humana, e o combustível está envolvendo os diversos ambientes no dia a dia do ser humano, teremos praticamente em todos os lugares uma situação onde só carecerá da elevação de temperatura para se ter um incêndio, daí a grande importância do controle do calor na prevenção e combate a incêndios.

O calor será transmitido por condução quando há fogo na ponta de uma estrutura, o calor se transmitirá através dela até atingir algum combustível de fácil ignição que esteja em contato com a estrutura ou próximo dela, iniciando outro foco de incêndio.

A transferência de calor por convecção irá ocorrer em um ambiente quando o ar quente liberado pelas chamas subirá através de passagens e aberturas, como por exemplo, túneis de elevadores, e não encontrando uma saída fácil, se acumulará no local, aquecendo os combustíveis que ali se encontram, até que um deles entre em ignição.

A transmissão de calor por radiação ocorre quando o calor liberado por uma chama irradia através de janelas, portas e divisórias fabricadas em materiais transparentes, como o vidro, e então aquecem os combustíveis localizados no outro ambiente até criar um novo foco de incêndio.

2.4 CLASSES DE INCÊNDIO

Os incêndios são divididos em quatro classes, A, B, C e D, de acordo com as características dos materiais que estão queimando.

- Classe A:

São incêndios que envolvem combustíveis sólidos comuns (geralmente de natureza orgânica) e ainda tem como características queimar em razão do seu volume (queimam em superfície e profundidade) e deixar resíduos fibrosos (cinzas).

- Classe B:

São incêndios envolvendo líquidos inflamáveis, graxas e gases combustíveis. É caracterizado por não deixar resíduos e queimar apenas na superfície exposta (queimam só em superfície).

- Classe C:

Qualquer incêndio envolvendo combustíveis energizados. Alguns destes combustíveis (aqueles que não possuem algum tipo de armazenador de energia) podem se tornar classe A ou B se forem desligados da rede elétrica.

- Classe D:

Incêndios resultantes da combustão de metais pirofóricos, são ainda caracterizados pela queima em altas temperaturas e reagirem com alguns agentes extintores (principalmente a água). Exemplos: sódio, magnésio, alumínio em pó, titânio, etc.

2.5 MÉTODOS DE EXTINÇÃO

Para se definir o melhor sistema de combate a um incêndio, deve-se primeiramente conhecer os três métodos de combate existentes atualmente: o abafamento, o resfriamento e a retirada do material.

O abafamento consiste em eliminar o comburente do local, ou reduzi-lo a uma concentração percentual menor ou igual a 14%.

O resfriamento consiste em eliminar o calor do combustível, diminuindo assim a reação em cadeia.

A retirada do material consiste em retirar o material que está queimando ou o material que ainda não queimou, evitando assim a transmissão do calor.

2.6 PRINCIPAIS AGENTES DE COMBATE A INCÊNDIO

A seguir são apresentados os agentes de combate a incêndios mais utilizados no mundo, além dos agentes limpos. Mostrando sua forma de supressão do fogo, suas características, vantagens e desvantagens. Exemplificando porque nos casos de ambientes fechados os sistemas que os utilizam podem ser substituídos por um sistema que fazem o combate com agente limpo, sendo assim mais eficientes.

2.6.1 Água

É considerada o principal agente supressor de fogo. Isto se deve a sua abundância no ambiente e a possibilidade de ser empregada em diversas formas, podendo assim ser aplicada em diversas classes de incêndio. Para extinguir o fogo a água age principalmente por resfriamento e por abafamento. Pode ser utilizada em métodos que a utilizam em forma de jato pleno, mas pode ser aplicada também em forma de jato através de chuveiros automáticos. Esta última forma apresenta resultados mais eficazes pois é capaz de absorver o calor em uma velocidade muito maior, diminuindo a temperatura do ambiente podendo assim extinguir o fogo.

Apesar de ser considerada o agente supressor “universal”, a água não pode ser utilizada na maioria dos incêndios que envolvam eletricidade, por ser um excelente condutor de energia, fazendo com que o incêndio tome maiores proporções e traga risco a pessoas que estejam dentro do ambiente. E mesmo quando os equipamentos elétricos ou eletrônicos estejam desligados, a aplicação da água danifica os

componentes dos aparelhos. Podendo levar até a perda total, causando um imenso prejuízo. Esse agente causa danos ao ser utilizado em ambientes que tenham livros, acervos, obras de arte, pois a água irá danificar as peças. Esses danos todos acabam sendo de grandes proporções pois quando o agente é utilizado, principalmente na forma de jato pleno, o seu poder de alcance é amplo, acabando por atingir áreas que ainda nem foram atingidas pelo fogo, causando perdas no ambiente não só pelo fogo, mas também pela aplicação do agente extintor.

As principais formas de aplicação a jato pleno são hidrantes, mangotinhos e extintores. E na forma de chuveiros automáticos, através de um sistema fixo que utiliza *sprinklers*, como mostrado na figura 2.2.



Figura 2.2 – Detalhe de uma tubulação com *sprinkler* (Central Gás, 2011)

2.6.2 Espuma

Este agente é derivado da água, é formado por bolhas de ar ou de gás, em solução aquosa, e é capaz de flutuar sobre os combustíveis devido a sua baixa densidade. Por isso a espuma é destinada ao combate a incêndio em combustíveis líquidos.

É capaz de extinguir o fogo através do processo de abafamento, pois a espuma forma uma camada sobre o combustível líquido, isolando-o do contato com o ar. Como leva em sua composição a água, ela atua secundariamente no resfriamento do combustível. Pode ser formada através de uma reação química ou de um processo mecânico, formando assim a espuma química e espuma mecânica.

A espuma química é formada por soluções aquosas de bicarbonato de sódio e sulfato de alumínio, que ao se misturarem e entrarem em contato com o oxigênio, sofrem uma reação química, formando a espuma. Esta forma já não é mais tão utilizada, pois a espuma mecânica é mais econômica e de fácil utilização no combate a incêndio.

A espuma mecânica é formada pela mistura de água, um Líquido Gerador de Espuma (LGE) e ar. O LGE é misturado à água através de um proporcionador, sendo dosado de 1% a 6%, dependendo do tipo de fogo e do tipo de espuma que se quer criar. Na figura 2.3 é apresentado um veículo ferroviário de um Corpo de Bombeiros que utiliza espuma mecânica para combate a incêndios.



Figura 2.3 – Utilização de espuma mecânica em uma operação de combate a incêndio (Carros de Bombeiro, 2010)

O agente apresenta um excelente resultado no combate a incêndio de classes A e B, sendo usado largamente na extinção do fogo em parques de combustíveis, refinarias e distribuidoras. Não pode ser utilizado em incêndios de classe C, pois como é derivado da água, há a mesma restrição quanto ao uso em ambientes em que há risco elétrico. Portanto apresenta as mesmas desvantagens que a água, no seu uso na supressão de incêndios.

2.6.3 Pó Químico Seco

Este agente é formado por finíssimas partículas sólidas, não abrasivas e não tóxicas. Suprimem o incêndio através dos processos de abafamento e da quebra de reação em cadeia. Pode ser utilizado de forma eficaz em incêndios das quatro principais classes, para cada uma delas há um tipo de pó químico seco específico, conforme as seguintes categorias:

Pó ABC – composto a base de fosfato de amônio, sendo chamado de polivalente, pois atua nas classes A, B e C;

Pó BC – à base de bicarbonato de sódio ou de potássio, indicados para incêndios classes B e C;

Pó D – usado especificamente na classe D de incêndio, sendo a sua composição variada, pois cada metal pirofórico terá um agente específico, tendo por base a grafita misturada com cloretos e carbonetos.

As principais desvantagens em se utilizar o método é que ele pode provocar asfixia se inalado em excesso, por isso, o uso, torna-se pouco recomendado em ambientes com ocupação humana. Contamina o ambiente, sujando e danificando aparelhos e equipamentos, levando até a perda total

destes. Ao ser aplicado, cria uma barreira de pó, que dificulta a visualização e a fuga de pessoas que possam estar no ambiente. E como abrange uma grande área, gastasse muito tempo e dinheiro para a limpeza do ambiente após o incidente. Na figura 2.4 é mostrado o uso de extintores de pó químico seco para o combate a um foco de incêndio em uma área aberta.



Figura 2.4 – Extintores de pó químico seco sendo utilizados na supressão de um foco de incêndio (Diálogo Diário de Saúde e Segurança, 2011)

2.6.4 Dióxido de Carbono (CO₂)

Este agente é um gás inerte e não condutor de eletricidade. A supressão com este agente ocorre pela diminuição da concentração de oxigênio no ambiente quando o gás é liberado e pela redução da fase de vapor do combustível devido ao abaixamento de temperatura. É utilizado no combate a incêndio principalmente em ambientes fechados, pois em locais abertos se dissipa rapidamente.

O sistema se mostra muito eficiente na supressão de incêndios das classes B e C, principalmente os que envolvem riscos elétricos, pois possui alta rigidez dielétrica e é um agente que não deixa resíduos nos materiais e equipamentos onde é aplicado. Para incêndios da classe A, não apresenta tão bom desempenho pois apaga somente na superfície.

As grandes desvantagens em se utilizar o sistema de combate com dióxido de carbono é que a aplicação do gás deve ser feito em ambientes fechados não habitados. Pois a concentração necessária para se extinguir o fogo (cerca de 40%), causa asfixia no ser humano e diminui a visibilidade. Podendo levar à morte as pessoas que estiverem no recinto. O outro aspecto é que há uma grande preocupação na redução de gás carbônico emitido no mundo, pois ele, juntamente com o monóxido de carbono, são os grandes responsáveis pelo efeito estufa. Este agente também não é recomendado em ambientes que abriga obras de arte, pois o gás causa escurecimento da tela, causando um grande dano ao patrimônio.

Este agente é utilizado principalmente em extintores portáteis e em configurações fixas instaladas

nos ambientes. Em um sistema basicamente composto por cilindros envazados com CO₂, tubulações e difusores que dispersaram o gás pelo ambiente, extinguindo o fogo, como o exemplo mostrado na figura 2.5.



Figura 2.5 – Cilindros envazados com CO₂ e suas ligações com a tubulação de um sistema fixo (Altaseg, 2011)

2.6.5 Água Nebulizada ou Atomizada

Este agente consiste em água submetida a altas pressões (12 a 34,5 bar) que é forçada através de bocais para que saia em forma de gotículas extremamente pequenas. Permanecem no ar executando a mesma função das gotas grandes aspergidas pelos sprinklers. Exercendo a função de absorver o calor, impedindo que as chamas se propagem.

Pode ser utilizado em incêndios das classes A e B de forma eficaz e, principalmente, pode ser utilizado na extinção de incêndios em líquidos inflamáveis viscosos, pois o efeito de resfriamento que a água proporcionará na superfície de tais líquidos, impedirá a liberação de seus vapores inflamáveis. E sua vantagem em relação ao sistema comum de aspersão com água, é que não oferece risco de danificar equipamentos eletrônicos. Mas ainda sim não combatem incêndios da classe C, pois tem como principal componente a água.

O sistema para utilizar a água nebulizada é fixo e deve conter uma bomba de alta pressão na linha hidráulica do sistema de aspersão, e deve utilizar bocais especiais, como o mostrado na figura 2.6.



Figura 2.6 – Dispensor utilizado no sistema de Água Nebulizada (HP, 2009)

2.6.6 Compostos halogênicos

Este agente é um gás do grupo conhecido como CFC. O sistema que utiliza esse gás é do tipo fixo ou por extintores, como mostrado na figura 2.7. Suprime o incêndio utilizando o seguinte método, ao ser liberado no ambiente reduz a quantidade de oxigênio a níveis necessários para a extinção do fogo e garantindo a sobrevivência do ser humano presente no ambiente, mantendo a quantidade mínima de oxigênio para a respiração.



Figura 2.7 – Extintor carregado com agente halogênico (OJ Extintores, 1990)

É um agente que não deixa resíduos, portanto pode ser instalado em ambientes com equipamentos elétricos e eletrônicos. Excelente para combate a incêndios das classes A, B e C. Utiliza o mesmo método de combate a incêndio e sistemas de instalações parecidas com os métodos que utilizam agentes limpos. Mas não pode ser considerado como um, pois este agente contribui de forma efetiva para a destruição da camada de ozônio. Sendo considerado nocivo ao meio ambiente. Por isso, após acordos ambientais assinados por diversos países, teve seu comércio proibido, e conseqüentemente todos os sistemas já existentes tiveram que ser substituídos por outros gases. Atualmente, praticamente, não existem mais instalações com esse gás.

2.7 SISTEMAS DE DETECÇÃO E ALARME

Os sistemas de detecção e alarme são instalados em conjunto com um sistema de combate a incêndio, para garantir um combate eficiente e rápido de um sinistro.

O sistema de detecção é importante para detectar o menor sinal de aumento brusco na temperatura ou de fumaça. Assim esta informação é processada e confirmada por todos os detectores instalados no ambiente e assim um sinal pode ser enviado ao sistema de alarme e para o sistema de controle do sistema de combate, para que ele possa ser acionado.

O sistema de alarme funciona com duas principais formas de sinalização, a sonora e a visual. A sinalização sonora é instalada no ambiente para comunicar às pessoas que há um princípio de incêndio e que por questões de segurança, o ambiente deve ser desocupado naquele instante. E acionar as brigadas de incêndios que elas devem auxiliar nessa evacuação e devem ficar apostos para certificar

que o sistema fixo está funcionando de forma eficiente. E no caso de não funcionamento ou da necessidade de uso de dispositivos móveis de combate, eles devem entrar em ação antes da chegada de uma equipe do Corpo de Bombeiros.

A sinalização visual informa preventivamente a todos que passam pelo ambiente que ali há um sistema de combate a incêndio e qual é o tipo de agente utilizado. E quais devem ser os procedimentos a serem tomados por ele assim que soar um alarme de incêndio e onde há rotas de fuga e saídas de emergência. Informa quanto tempo pode se permanecer no ambiente após o acionamento do sistema, caso não haja uma evacuação prévia. Esta sinalização é obrigatória e regulamentada por normas brasileiras.

2.7.1 Detectores de Fumaça e Temperatura

São dispositivos instalados no ambiente para a detecção de sinais de fumaça, ou elevações bruscas de temperatura. Ao detectar alguns destes sinais, os dispositivos enviarão os dados a uma central de alarme. E nos casos onde há um sistema de combate a incêndio previamente instalado, os dispositivos também enviarão o sinal para a liberação do agente supressor do fogo.

Podem ser instalados onde há sistemas fixos ou em qualquer ambiente, afim de que ao ser acionada a central de alarme, possa se procurar métodos para a extinção do incêndio antes que ele se propague. Quanto maior o ambiente, maior deve ser o número de detectores instalados, para que se aumente o raio de detecção, e assim mais rápido possa acontecer o processo.

Deverão ser resistentes a possíveis mudanças normais de temperatura, à umidade e corrosão e a vibrações mecânicas. O fabricante deve informar o tipo de detector e seus principais parâmetros de atuação. Na figura 2.8 são mostrados exemplos de detectores de fumaça e de calor.

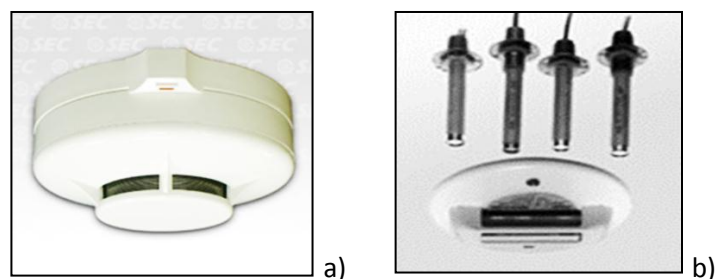


Figura 2.8 – a) Detector de fumaça, b) Detectores de calor respectivamente (HP, 2009)

Os dispositivos podem ser detectores:

- Térmicos, que respondem a aumentos da temperatura;
- De fumaça, sensíveis a produtos de combustíveis e/ou pirólise suspenso na atmosfera;
- De gás, sensíveis aos produtos gasosos de combustão e/ou pirólise;
- De chama, que respondem as radiações emitidas pelas chamas.

2.7.2 Sistema de alarme

O sistema deve conter dois tipos de acionamento:

- Manual: através de botoeiras devidamente dispostas e sinalizadas.
- Automático: que deve estar ligado também ao dispositivo de acionamento de sistema de combate.

O sistema manual deverá através do acionamento das botoeiras, disparar um sinal sonoro que deve ser audível em todo o ambiente a fim de iniciar a evacuação e para avisar que o sistema de combate ao incêndio será acionado.

O sistema automático, utilizado praticamente em todos os ambientes que dispõem de sistemas fixos instalados, deve conter um quadro de comando que conterà os seguintes dispositivos e funções como:

- Receber, indicar e registrar o sinal de perigo enviado pelo detector;
- Dar o alarme automático no pavimento afetado pelo fogo;
- Controlar o funcionamento do sistema;
- Dispositivos que permitam ligar automaticamente os retornos de todos os circuitos de detecção, de modo a manter em operação todos os seus elementos, mesmo que estes circuitos estejam interrompidos, durante todo o tempo que a falha subsistir;
- Dispositivos destinados a comandar a operação dos dampers em caso de incêndio, quando aplicável;
- Instrumentos destinados ao controle de corrente contínua;
- Dispositivos destinados a acionar toda a indicação sonora, setorizada e geral;
- Indicação de fuga à terra;
- Indicação visual e sonora de falta de alimentação em corrente alternada e contínua;
- Fonte de alimentação de energia elétrica, que deve garantir em quaisquer circunstâncias o funcionamento do sistema.

2.7.3 Sinalização Visual

A sinalização visual de emergência é obrigatória e é utilizada para informar e guiar as pessoas que estiverem nos ambientes atingidos pelos incêndios, ou nos ambientes adjacentes. Serve para que através das informações passadas os ocupantes possam evitar ações que venham a provocar um sinistro, diminuindo a probabilidade de ocorrência. Mas principalmente é utilizada para no caso de ocorrência de incêndio como ocupantes devem proceder. Alguns das placas e avisos utilizados são

mostrados na figura 2.9.

O primeiro objetivo conta com sinalizações que buscam alertar para os riscos potenciais e requerer ações que contribuam para a segurança contra incêndio. O segundo contém informações que tem como função: informar se há sistema de combate fixo no local, indicar a localização dos equipamentos de combate caso não haja sistema fixo, orientar as ações de combate, indicar as rotas de fuga e os caminhos a serem seguidos.

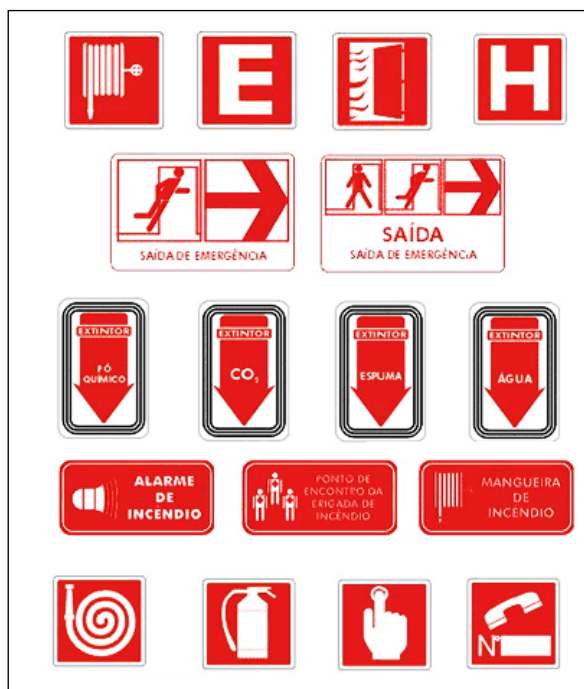


Figura 2.9 – Placas utilizadas no sistema de sinalização visual (Ample Sistemas, 2011)

As sinalizações podem ser divididas quanto as seguintes categorias:

- Sinalização de alerta, cuja função é alertar para áreas e materiais com potencial de risco;
- Sinalização de comando, cuja função é requerer ações que condições adequadas para a utilização das rotas de fuga;
- Sinalização de proibição, cuja função é proibir ações capazes de conduzir ao início do incêndio;
- Sinalização de condições de orientação e salvamento, cuja função é indicar as rotas de saída e ações necessárias para o seu acesso;
- Sinalização dos equipamentos de combate, cuja função é indicar a localização e os tipos dos equipamentos de combate.

3. SISTEMA DE SUPRESSÃO DE INCÊNDIO COM AGENTE LIMPO

Segundo estudos médicos realizados pela EPA (Environmental Protection Agency) comprovaram que a taxa de oxigênio em um ambiente deve ser de no mínimo 10% para garantir a sobrevivência do ser humano presente nele. E para extinguir um incêndio a concentração de oxigênio deve ser reduzida a níveis menores que 14%. Unindo essas duas necessidades, notamos que para se combater um incêndio de forma efetiva e ao mesmo tempo evitar que as pessoas que estão presentes no ambiente corram risco de vida pela redução de oxigênio no ambiente, chegamos a um valor aproximado de 12 % de taxa de oxigênio para que as duas condições possam ser satisfeitas.

Esta concentração é utilizada no método de combate a incêndio utilizando agente limpo. O gás utilizado como agente supressor é descarregado no ambiente, de forma a reduzir a concentração de oxigênio a níveis próximos de 12%, sendo assim eficiente na extinção do fogo, e preservando a vida das pessoas expostas a descarga do agente dentro de um tempo limite de segurança para que possa haver a retirada das pessoas do local.

Em 2001, a Associação Americana de Proteção e Combate a Incêndio desenvolveu um padrão para definir agentes limpos. São gases isolantes elétricos que não deixam resíduos. Estes agentes podem ser halocarbonos ou gases inertes.

3.1 AGENTES LIMPOS

Os agentes limpos especificados pela norma NFPA 2001 podem ser divididos em duas classes, os halocarbonos e os gases inertes.

Os agentes halocarbonos são os que contém como componentes principais um ou mais compostos orgânicos contendo elementos como flúor, cloro, bromo ou iodo.

E os gases inertes são aqueles que contém como componentes principais gases como hélio, neônio, argônio ou nitrogênio. Estes agentes são compostos por uma mistura destes gases, e pode conter como componente secundário o dióxido de carbono.

Todos estes agentes são utilizados para extinguir riscos de incêndio das classes A, B e C. Não podendo ser utilizados em riscos envolvendo produtos químicos ou misturas de substâncias químicas, que são capazes de rápida ignição, na falta de oxigênio, como por exemplo, nitrato de celulose e pólvora. E em metais reativos como lítio, zircônio, sódio, urânio, potássio, plutônio, magnésio e titânio

Em relação às questões ambientais estes ambientes estes agentes apresentam grandes vantagens que os levarão a serem os substitutos dos compostos halogênicos (Halon) que foi banido pelo Protocolo de Montreal. Nos caso dos gases inertes o seu índice de depleção da camada de ozônio é

nulo ($ODP^1=0$), e o índice do efeito de aquecimento global do gás também nulo ($GWP^2=0$). Isso ocorre, pois os elementos que compõem estes gases existem naturalmente na atmosfera terrestre só que em concentrações diferentes. Por isso após o uso destes gases inertes não há necessidade de recolhimento do agente, pois ele pode ser liberado de forma segura na atmosfera.

Já os compostos halocarbonos possuem também índices de depleção da camada de ozônio nulos ($ODP=0$), mas todos eles possuem índices de efeito de aquecimento global expressivos ($GWP\neq 0$), o que contribui para o aquecimento global. Estes danos são minimizados com a grande capacidade do agente em combater o incêndio rapidamente e com pouca quantidade em relação aos gases inertes. Se há esta extinção de forma rápida, uma menor quantidade deste gás é liberado na atmosfera. Outra característica importante é que estes agentes se dissipam após alguns anos na atmosfera, aproximadamente 30 anos. O que é pouco em relação à quantidade de tempo que a maioria dos agentes poluidores do mundo levam para se desfazer, além de que a quantidade de sistemas disparados em um ano no mundo é muito irrisória então libera uma quantidade de agente muito pequena. Mas por uma consciência ambiental eficiente as normas recomendam a recuperação do agente, para reciclagem ou destruição.

Por isso estes gases são utilizados nos projetos de *retrofitting*³ de sistemas que utilizavam agentes halogênicos. Este novo agente pode ser adaptado para funcionar com a mesma estrutura do anterior, podendo ser aproveitada toda a rede de tubulação, apenas requerendo a troca dos difusores. Este fator auxilia mais no incentivo para que as pessoas que mantinham o sistema com o uso do Halon, o substituíssem pelo agente limpo sem gastar muito.

Uma das características mais importantes destes agentes são os benefícios que os levam a serem utilizados em ambientes com equipamentos de alto valor agregado, sem deixar resíduos ao ser liberado. Sem correr o risco de danificar equipamentos e materiais que estejam no ambiente e nem foram atingidos pelo fogo. E principalmente sem oferecer risco as pessoas, pois a sinalização instalada e o bom senso sugerem uma fuga assim que um incêndio é detectado. Em alguns casos, tanto pelo número de pessoas, quanto pela distância das rotas de fuga, uma evacuação não é feita antes que o sistema de supressão de fogo seja acionado. Se isto ocorre quando é utilizado um agente limpo, não há obscurecimento do local durante e após a aplicação no caso de alguns agentes, facilitando o processo de evacuação. E principalmente não causa sufocamento, permitindo que as pessoas que fiquem

¹ ODP - (Ozone Depletion Potential) - Expressa o potencial de uma determinada substância em causar danos à camada de ozônio. Trata-se de uma medida relativa ao potencial de destruição do CFC-11 ($ODP=1$). Quanto maior o ODP, mais agressiva é a substância.

² GWP - (Global Warming Potential) - É o potencial de determinados produtos em causar o aquecimento da camada atmosférica do planeta (efeito-estufa). É uma medida relativa ao potencial do CO_2 ($GWP=1$), calculada para um horizonte de 100, 500 e 1000 anos. Quanto maior o valor, maior a contribuição negativa para o efeito-estufa, considerando a contribuição direta e indireta.

³ Retrofitting - É um termo utilizado principalmente em engenharia para designar o processo de modernização de um sistema já considerado ultrapassado ou fora de norma.

expostas a descarga do gás não sofram nenhum tipo de dano a saúde e tenham oxigênio suficiente para respirar durante o tempo necessária para sair do ambiente. Todos eles passaram por testes e foram aprovados (baixa toxicidade e sensibilidade cardíaca) para ocupação humana sem causar riscos à saúde, dentro de um tempo limite especificado, conforme tabelas.

Existem hoje no mercado 14 tipos de agentes limpos, destes, 4 são os mais utilizados no mundo para a supressão de incêndio (IG-55, HFC-227, HFC-125 e FK 5-1-12). A seguir são apresentadas algumas características específicas de cada um deles.

3.1.1 Agente Limpo IG-55

Este agente, do tipo gás inerte, é um gás composto por 50% de Nitrogênio e 50% de Argônio, gases normalmente encontrados na atmosfera terrestre, apenas em concentrações diferentes. A atmosfera normal contém 78% de Nitrogênio, 21% de Oxigênio, 1,0% de Argônio e 0,03% de Dióxido de Carbono.

Pelas suas características físicas, em função de tratar-se de uma mistura gasosa, não pode ser utilizado em extintores portáteis. Pela mesma razão, não é recomendado para aplicações localizadas, a menos que se trate de equipamentos confinados. Sendo um agente que atua por um princípio físico (diluição do oxigênio), e não químico, na extinção do incêndio, as concentrações de IG-55 são superiores às dos agentes químicos (entre 34% e 50%). O que causa um grande aumento na quantidade de gás a ser utilizado para a proteção de um ambiente em relação a outros agentes. E seu tempo de descarga também se torna bem maior que nos agentes halocarbonos, aproximadamente 60 segundos.

3.1.2 Agente limpo HFC-125

O HFC-125 é um gás comprimido inodoro, incolor e liquidificado. Tem duas principais aplicações no mercado, como fluido refrigerante em sistemas de refrigeração e ar condicionado e como agente supressor de fogo. É envazado e armazenado nos cilindros no estado líquido. Não deixa nenhum resíduo e extingue o fogo por uma combinação química e por mecanismos físicos. É liberado no estado de vapor incolor e por isso não obscurece a visão. A mínima concentração de projeto é de 8% de agente. E o tempo de descarga é de no máximo 10 segundos. Possui índice de GWP=2.800.

É um agente químico com alto poder de extinção do princípio de incêndio, alta performance hidráulica, o que ocasiona uma redução sensível na quantidade requerida do gás e nos diâmetros das tubulações, proporcionando uma rede hidráulica com maior flexibilidade de adequação ao layouts a serem protegidos. Por isso é muito vantajoso para a proteção de ambientes com grandes volumes.

O agente mais utilizado em sistemas instalados no mundo ainda é o HFC-227, mas o número de projetos com o uso do HFC-125 vem crescendo no mercado por causa de algumas vantagens que este

agente tem em comparação ao outro. Apesar de absorverem a mesma porcentagem de calor da reação química que ocorre durante o incêndio, a quantidade de agente a ser utilizada de HFC-125 em um ambiente específico (0,4412 kg/m³ a 20°C), em relação a de HFC-227 (0,5483 kg/m³ a 20°C) sofre uma redução de 20%, utilizando a concentração mínima de projeto. Além de que o HFC-227 é um dos principais fluidos refrigerantes utilizados no mundo na área de refrigeração industrial. E com isso sua venda está sendo liberada em pequenas cotas quando ele for destinado para a área de supressão de incêndio, por isso já está sendo necessário se pensar em soluções alternativas que tenham sua venda mais destinada a esta área, como no caso do HFC-125.

3.1.3 Agente limpo HFC-227

É um agente extintor gasoso, que têm aplicações na área de supressão de incêndio e na área de refrigeração como fluido refrigerante. É envazado e armazenado nos cilindros no estado líquido. Extingui incêndios pela interrupção das reações químicas em cadeia. Além disso, o agente absorve calor da reação, aproximadamente 67 %, acelerando ainda mais o processo de supressão. Seu ponto de ebulição é de -15,6 °C, o que torna o seu uso adequado em sistemas de inundação total à temperatura ambiente.

A concentração mínima de projeto para que o gás seja utilizado em espaços ocupados é de 7% por unidade de volume. Seu tempo de descarga no ambiente é inferior a 10 segundos. E seu índice GWP é de 2.050. E o tempo que o agente deve permanecer no ambiente logo após a descarga é 19% menor que o tempo de permanência do HFC-125.

3.1.4 Agente limpo HFC-236

É um agente utilizado em extintores portáteis e em sistemas fixos de inundação total. Pode ser aplicado em outros tipos de supressão, em que outros agentes não seriam tecnicamente adequados, devido às suas propriedades químicas, físicas ou devido a segurança dos mesmos.

Suas aplicações típicas são em ambientes comerciais, industriais e militares, como em hospitais, proteção de equipamentos, aviação e laboratórios.

3.1.5 Agente limpo HFC-23

Este agente possui propriedades que lhe permitem ser aplicado onde são necessárias altas concentrações de agente para extinção, onde há um espaço grande a ser protegido, ou em locais com temperaturas abaixo de 0°C. O produto também é utilizado para inertização de misturas combustíveis.

Suas aplicações típicas são salas de bombas, plataformas de óleo e em áreas de alto risco de inflamabilidade.

3.1.6 Agente limpo FK 5-1-12

Este agente limpo do tipo halocarbono, tem características de extinção semelhantes ao HFC-227 e HFC-125. A diferença é que não precisa ser transportado ou armazenado sob pressão, facilitando sua recarga. E tem a menor vida útil na atmosfera entre todos os halocarbonos, apenas 5 dias.

3.2 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos que serão utilizados no sistema são praticamente iguais para todos os tipos de agentes. Modificando apenas parâmetros como dimensões, pressões de trabalho, padrões de instalação, utilização de agentes pressurizadores e outros.

Especificar os equipamentos é necessário para tomar decisões importantes do projeto que serão necessários ao cálculo.

3.2.1 Recipientes de Armazenamento

O agente deve ser armazenado em recipientes projetados para assegurar o limite de temperatura permitido para a estocagem do agente como o mostrado na figura 3.1, se esta temperatura for ultrapassada um dispositivo de alívio de pressão será acionado. Este processo de armazenagem é feita em cilindros que são envazados na indústria com o agente e, no caso da maioria dos halocarbonos, uma porcentagem de nitrogênio que será responsável pela pressurização que irá ser necessária para liberação do fluido para a tubulação.

No processo de envase a densidade de preenchimento e o nível de pressurização deve seguir um intervalo especificado pelo fabricante do agente. E durante a inserção do gás que, estará na forma líquida no caso dos halocarbonos, o acréscimo de envase deve ser feito num intervalo de 200 gramas, segundo as normas brasileiras. O acionamento do sistema que levará a liberação do gás pode ser feito de modo manual, pneumático ou elétrico. Sendo este último mais utilizado nos sistemas atuais.

Os cilindros deverão ter uma placa de identificação permanente que indicará no caso dos agentes halocarbonos, a nomenclatura do agente, o peso bruto, tara do cilindro e nível de pressurização. E nos recipientes de gases inertes, a composição do agente, o nível de pressurização do cilindro e o volume nominal do agente, na figura 3.2 são apresentados o cilindro e seus componentes acessórios.

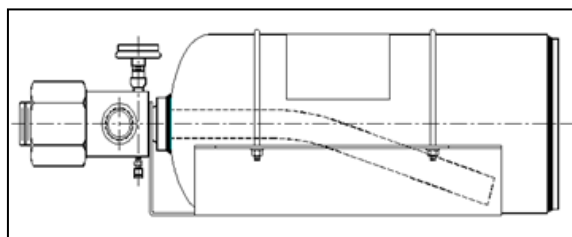


Figura 3.1 – Cilindro adequado para o envase de agente limpo (Fike Latina, 2011)

A seguir é apresentada uma instalação típica de um cilindro e seus acessórios.

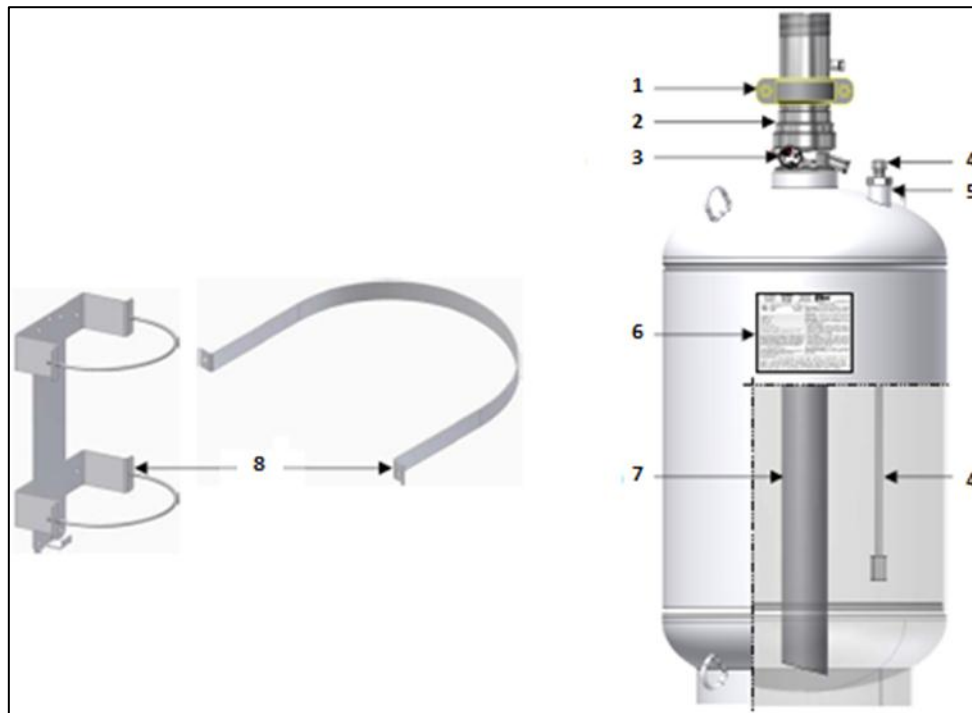


Figura 3.2 – Cilindro para armazenamento de agentes limpos e seus acessórios (Fike Latina, 2011)

Sendo,

Item 1 – Acoplamento

Item 2 – Válvula de Impulsão

Item 3 – Manômetro

Item 4 – Indicador de Nível (LLI)

Item 5 – Conexão do LLI

Item 6 – Placa de Identificação (com os dados fornecidos pelo fabricante)

Item 7 – Sifão

Item 8 – Abraçadeira de Montagem

Item 9 – Niple

3.2.2 Acessórios do cilindro

Para a interligação do cilindro com o sistema de detecção de incêndio e com a tubulação que distribuirá o agente é feita através de componentes instalados em seu interior ou na abertura de saída do gás.

O niple e o acoplamento são utilizados para conectar o cilindro a rede de tubulação. Deve resistir à

pressão de trabalho do nitrogênio que é envazado juntamente com o agente no cilindro. E a conexão a rede de tubulação deve ser finalizada com a utilização de luva ou união. O esquema de montagem dos elementos no cilindro é mostrado na figura 3.3.



Figura 3.3 – Acessórios instalados na saída do cilindro (Fike Latina, 2011)

Sendo,

Item 1 – Conexão com a tubulação de descarga por meios de luva ou união

Item 2 – Adaptador Niple de ¼” NPT

Item 3 – Acoplamento Vitaulic

Item 4 – Saída de descarga – *Impulse Valve*

Na saída de descarga do agente no cilindro é instalada uma válvula de impulsão, que é responsável por liberar o agente para a rede de tubulação no momento do acionamento do sistema. Ela é composta por um corpo cilíndrico de aço que se acopla através de uma rosca na saída do cilindro, um disco de ruptura, pino atuador, porta de enchimento e válvula agulha. Estes dois últimos elementos são utilizados para o envase do agente, sendo que a porta de enchimento é o local onde é conectado o dispositivo de recarga e a válvula agulha impede que o volume inserido retorne para o exterior. Já o disco de ruptura é instalado no interior do corpo cilíndrico da válvula fechando a comunicação entre o cilindro e a rede de tubulação. E o pino é responsável por atuar no disco de ruptura gerando um ponto de fragilidade iniciando a passagem do agente. A abertura plena do disco é gerada pelo fluxo de saída do agente limpo. Na figura 3.4 são mostrados um esquema de como é feita a montagem da válvula e como fica sua disposição depois de acoplada no cilindro.

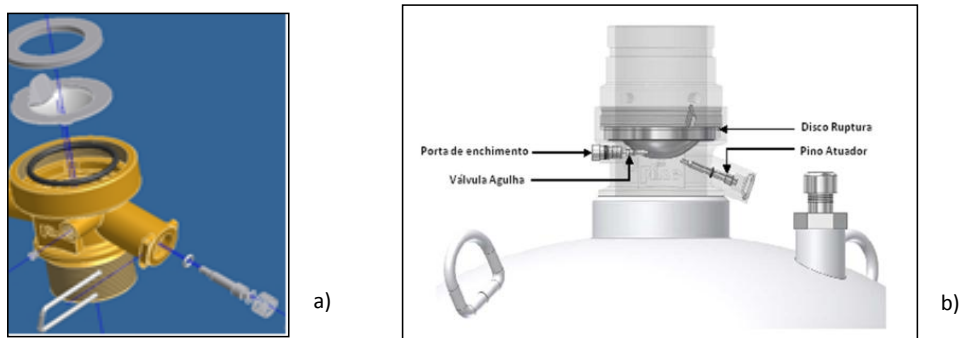


Figura 3.4 – a) Montagem da válvula, b) Componentes da válvula de impulsão. (Fike Latina, 2011)

O pino atuador que é responsável por criar o ponto de fragilidade no disco de ruptura é acionado através de um sistema de atuação elétrica ou manual. Este sistema de operação conta com um botão de acionamento que empurra o pino contra o disco de ruptura, uma trava de segurança que impede que o sistema seja acionado por acidente no momento errado. No caso do sistema de acionamento manual, o botão de acionamento deve ser pressionado pelo operador, iniciando o processo de liberação do agente. Este tipo de acionamento é pouco utilizado, pois ultimamente quase todos os sistemas utilizam detecção e acionamento elétricos. Neste caso, o botão de acionamento é pressionado contra o disco através do envio de um sinal enviado por um operador elétrico instalado no sistema, que por sua vez está interligado eletronicamente ao sistema de detecção do incêndio. O sistema elétrico traz algumas vantagens importantes em relação ao sistema manual: o atuador pode ser rearmável, sem necessidade de troca deste sistema a cada acionamento do agente; não é necessário um atuador de nitrogênio; é de fácil operação e o kit de reparo é de baixo custo; e não é necessário inverter o cilindro para fazer a recarga ou a pressurização do agente limpo ou do nitrogênio. O pino atuador e sua montagem são mostrados na figura 3.5.

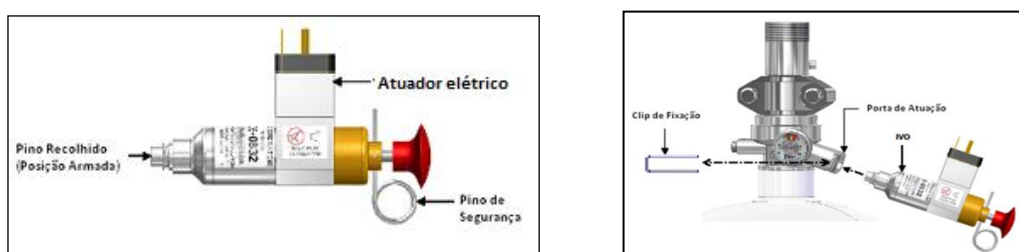


Figura 3.5 – Pino atuador e sua montagem, respectivamente (Fike Latina, 2011)

Os sensores são responsáveis por avisar ao sistema de controle que a pressão no interior do cilindro está abaixo ou acima da indicada para o perfeito funcionamento do sistema. Os sensores são necessários porque eles enviam o sinal imediatamente comunicando a diferença para que os reparos sejam feitos no menor tempo possível. Pois se a pressão estiver acima da esperada, o sistema corre o risco de acionar a qualquer momento, mesmo sem a ocorrência de princípio de incêndio, causando transtornos no local de descarga, e levando ao desperdício de carga do agente. E a pressão estiver abaixo, o sistema pode não funcionar da maneira correta quando acionado, assim o agente corre o

risco de não ter pressão suficiente para chegar a todos os difusores, não tendo concentração de agente suficiente para a supressão completa do fogo.

O manômetro é instalado na saída do cilindro e indica a pressão a que estão submetidos o agente limpo e o nitrogênio. Este manômetro é específico para cada agente, pois ele trabalha dentro de uma faixa específica de pressão, como o mostrado na figura 3.6.



Figura 3.6 – Manômetro instalado na saída do cilindro (Fike Latina, 2011)

O indicador de nível é um item opcional, que pode ser instalado no interior do cilindro através de um orifício específico, e indica para o sistema de controle o nível de agente envasado. É importante para detectar a diminuição do nível, podendo ser feita uma checagem para detectar um possível vazamento que possa comprometer o funcionamento do sistema.

3.2.3 Válvulas

As válvulas que serão instaladas na rede são de retenção e seletoras. Todas devem ser aprovadas ou indicadas para o uso pretendido, segundo a norma. Todas as válvulas, juntas, o-rings, vedações e outros componentes devem ser construídos de materiais que sejam compatíveis com o agente limpo a ser utilizado.

Devem ser protegidas com ações químicas e mecânicas, ou qualquer outro dano que possa danificar seu funcionamento. Por isso deverão ser revestidas ou serem fabricadas com materiais anti-corrosão, dependendo do ambiente em que ficará instalada.

A válvula de retenção é instalada quando há mais de um cilindro instalado na mesma rede. No caso de haver um disparo acidental de um deles, a válvula evita que haja o disparo dos outros cilindros também.

3.2.4 Tubos e conexões

Todos os tubos e conexões a serem utilizadas em combate a incêndio com agente limpo deverão estar em conformidade com os requisitos descritos na norma da NFPA 2001. A rede de tubulação deve ser de material incombustível e ter características físicas e químicas de tal forma que garanta sua

integridade estrutural prevista com segurança. Em ambientes corrosivos, deve se utilizar materiais especiais ou revestimentos anti-corrosivos. A espessura da tubulação deve ser calculada utilizando os requisitos presentes na norma ASME B31.1. A pressão interna utilizada para os cálculos não deve ser inferior, ao maior da pressão normal de carregamento do agente limpo a 21°C. E a 80% da pressão máxima no recipiente do agente, a uma temperatura de armazenamento igual ou superior a 55°C. O projeto também deve ser adaptado para obedecer à condição de que o valor da pressão mínima de tubulação não deve ser inferior às pressões especificadas nas tabelas X e Y para as condições mostradas.

A rede de tubulação deve ser fabricada em tubos de aço conforme a norma ASTM A 120. Não podendo ser fabricada em ferro fundido, aço carbono ASTM A 1020, e não metálicos. E quando houver necessidade de uso de tubos flexíveis ou mangueiras, incluindo conexões, o material deve ser aprovado para a faixa de pressão de trabalho.

3.2.5 Difusores

Os difusores de descarga recebem sua furação de acordo com o agente limpo que será utilizado. Depois desta primeira seleção outros critérios devem ser utilizados, como a características de fluxo, a área de cobertura, limites de altura e pressões mínimas. Portanto os difusores são específicos para cada projeto. Estas características também devem ser levadas em conta para a escolha do material de fabricação dos difusores. No caso de uso em ambientes corrosivos, deveram ser fabricados ou revestidos de materiais especiais.

Dependendo do local onde serão instalados os difusores podem ter furações que são distribuídas em 360°, quando se deseja um fluxo de agente em toda a área ao redor do difusor, como mostrado na figura 3.7. E em 180°, quando se deseja um fluxo em apenas metade da área. Este último tipo é utilizado quando o difusor é instalado próximo a paredes ou a objetos que impedem o fluxo. Fazendo a furação em apenas 180° nesses casos, faz com que o gás não seja liberado em um local onde poderá atingir uma grande área, evitando desperdícios.

Os difusores utilizados comercialmente têm as seguintes especificações. Quando são do tipo 360°, tem seis orifícios e do tipo 180°, tem sete orifícios. A pressão mínima é de 6,6/ 5,5 bar. O material de fabricação é o alumínio, e estão disponíveis nos seguintes tamanhos: 10, 15, 20, 25, 32,40 e 50 milímetros.



Figura 3.7 – Difusor com furação em 360° (Fike Latina, 2011)

3.3 MANUTENÇÃO

Alguns procedimentos de manutenção preventiva devem ser seguidos para garantir o bom funcionamento e a segurança do sistema. Os procedimentos de manutenção corretiva podem ser minimizados quando há um sistema de controle interligado nos equipamentos. Pois ao detectar um problema nos primeiros dias, ele pode ser sanado de forma rápida, antes que se propague.

Sobre rotinas preventivas que devem ser aplicadas as principais são a verificação do manômetro do cilindro para detectar vazamentos ou para reconhecer quando o cilindro está submetido a temperaturas de armazenamento fora da faixa determinada. Causando mudanças na pressão a que o agente está sendo submetido. A verificação de válvulas, conexões e principalmente das tubulações para detecção de possíveis vazamentos deve ser feitas obrigatoriamente. Pois quando há vazamentos o sistema não funcionará da forma correta quando acionado, pois não há pressão suficiente para distribuição do agente da maneira correta. Os difusores devem estar sempre desobstruídos nos pontos de saída do agente, portanto é importante uma inspeção visual para evitar o acúmulo de qualquer elemento nos furos que possa impedir a dispersão correta do agente limpo. Além de verificar se o sistema de controle, detecção e alarme está ligado e funcionando corretamente.

As rotinas corretivas onde principalmente quando há vazamentos ou temperaturas de armazenamento fora da faixa correta. Este sistema necessita de manutenção preventivas que sejam cumpridas nas datas corretas. E manutenções corretivas que devem ser feitas o mais rápido possível logo após detectado o problema. Pois este sistema se difere e muito da maioria que é instalado em um ambiente pois ele fica durante muito tempo sem ser utilizado. Todos os responsáveis por gerenciar um local onde está instalado um sistema de combate a incêndio esperam que ele nunca precise ser acionado, mas quando isso precisa ocorrer, todos esperam que ele funcione corretamente. Pois se não houver eficiência na supressão de fogo, haverá grandes prejuízos financeiros e vidas podem ser colocadas em risco. Então a manutenção é a única garantia que pode se ter que um sistema sem atividades a anos, funcione corretamente.

Os projetistas da área recomendam que sistemas instalados e não utilizados a mais de três anos, devem passar por um acionamento programado como parte das atividades de manutenção. Deve ser feito para testar o funcionamento correto principalmente da rede de tubulação e dos difusores. E para realizar um procedimento de limpeza da parte interna dos tubos que podem estar sofrendo com a corrosão.

4. METODOLOGIA PROPOSTA

4.1 ASPECTOS GERAIS

A metodologia de projeto a ser apresentada neste trabalho segue a norma NFPA 2001. O objetivo deste capítulo é servir como um guia de como um projeto com este sistema pode ser desenvolvido, por isso foi elaborado um fluxograma, apresentado na figura 4.1, que organiza os passos que deverão ser seguidos e em qual ordem. Em cada uma das etapas deste fluxograma é mostrado um número de seção e um título, estas informações são referentes a uma seção apresentada neste capítulo que explicará cada uma destas etapas e mostrará o que o projetista deverá realizar em cada uma delas. Apresentando como resultado final um projeto executivo.

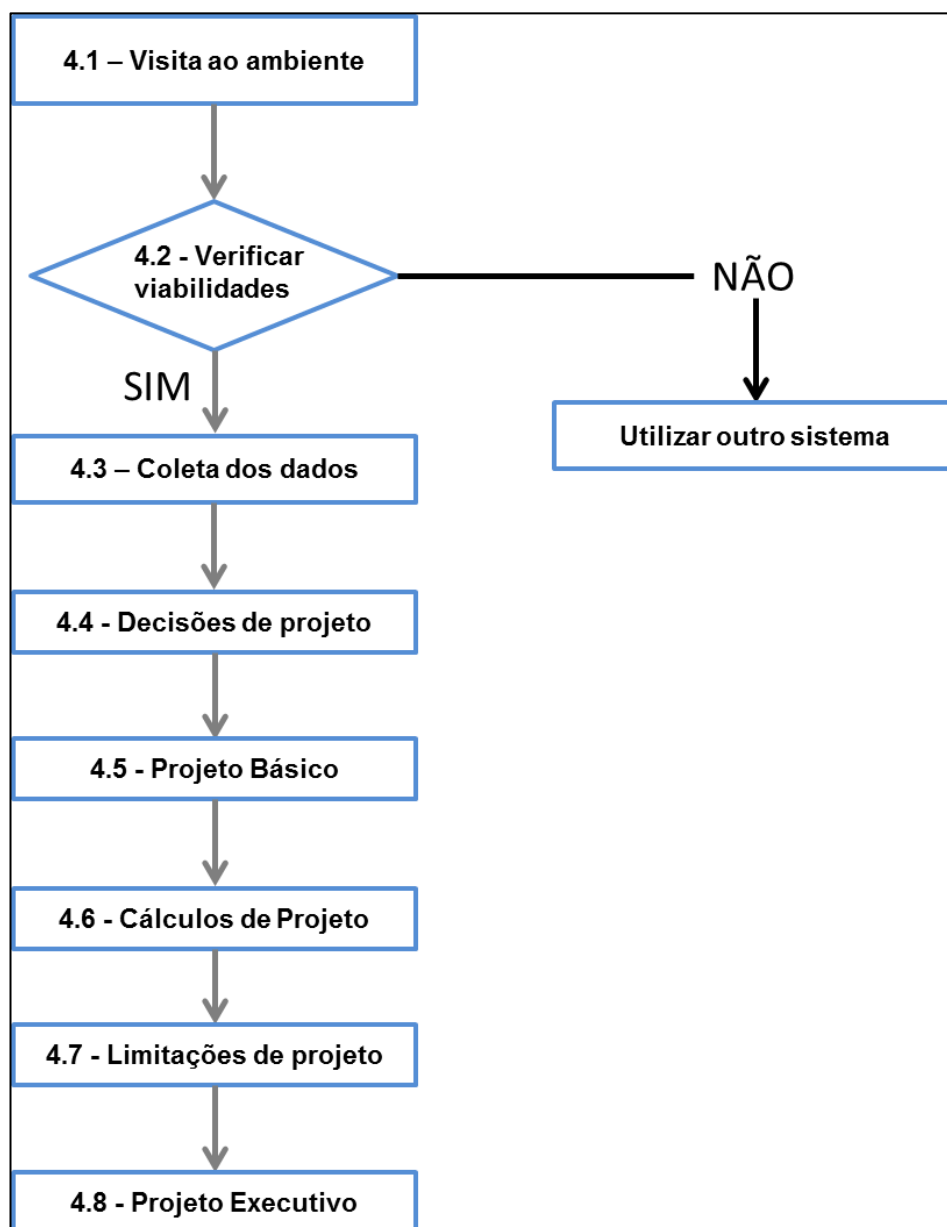


Figura 4.1 – Fluxograma da metodologia de projeto

4.2 VISITA AO AMBIENTE

O primeiro passo para aplicação da metodologia é uma visita ao ambiente no qual se planeja instalar o sistema de combate a incêndio, para verificar os seguintes aspectos:

- Quais atividades são desenvolvidas no ambiente;
- Se o ambiente é ocupado ou não;
- Quais bens devem ser protegidos;
- Se há e qual tipo de mobília;
- Se há e qual o tipo de equipamento;
- Se é possível garantir que o ambiente esteja totalmente fechado caso haja necessidade de acionamento do sistema.

4.3 VERIFICAÇÃO DE VIABILIDADE

Neste passo será analisado se as condições técnicas para o bom funcionamento do sistema podem ser cumpridas naquele ambiente e se há viabilidade econômica para esta instalação.

4.3.1 Viabilidade Técnica

No caso das condições técnicas o que deve ser observado primeiramente é se há a garantia de que o ambiente estará completamente fechado no caso de ocorrência de incêndio, pois não poderá haver entrada de ar exterior no momento em que o agente limpo estiver sendo aplicado para combater as chamas. O agente limpo reduz a concentração de oxigênio que já está no ambiente, se houver uma entrada de ar exterior a quantidade de agente calculado para o ambiente não será capaz de combater completamente as chamas. Outra condição técnica a ser cumprida é a análise da concentração de agente limpo necessária a combater o risco de incêndio daquele ambiente. Quanto mais essa concentração aumenta, menor é o tempo que o ser humano poderá ficar exposto ao agente. Se está concentração for maior que 11,3 %, o ambiente não poderá ser ocupado.

Após a análise dessas condições, se pelo menos uma não for cumprida, o sistema com agente limpo deve ser descartado.

4.3.2 Viabilidade Econômica

Para o estudo de viabilidade econômica primeiramente deve se considerar o valor dos bens a serem protegidos e se em termos técnicos outro sistema se aplicará àquele ambiente trazendo resultados semelhantes. Se o ambiente é não ocupado e se não haverá grandes prejuízos ocasionados

por resíduos que ficarão na mobília e nos equipamentos após a liberação de outros agentes de combate a incêndio que não sejam limpos, pode-se avaliar qual é o sistema que trará melhores benefícios econômicos ao cliente. O sistema que utiliza agente limpo em comparação a outros sistemas, tem um custo de instalação mais alto, mas ao comparar a redução de gastos que ele propicia ao cliente, sua relação custo-benefício é uma das melhores.

Portanto no caso da análise de viabilidade econômica as contas devem ser feitas levando em consideração a relação custo-benefício deste sistema e de outros que oferecem condições técnicas, ficando a cargo do cliente escolher se o sistema é viável ou não em relação a seu capital de investimento disponível para a instalação. Diferentemente da viabilidade técnica, a viabilidade econômica não descarta o sistema apenas por um não cumprimento de uma condição, essa decisão é tomada apenas após a avaliação do cliente, pois ele é quem decide quais são seus objetivos que o levaram querer instalar tal sistema.

4.4 COLETA DOS DADOS PRINCIPAIS

Após a confirmação da viabilidade de projeto, o ambiente deve ser novamente visitado para coleta de novas informações técnicas, sendo as principais listadas abaixo:

- Dimensões principais do ambiente;
- Pé direito;
- Quais são os equipamentos;
- Quais são os móveis;
- Se não há nenhum obstáculo físico dentro do ambiente que interfira na distribuição correta do agente;
- O local os cilindros de armazenamento do agente poderão ser instalados;
- Se há forro ou piso e quais suas alturas.

Lembrando que um mesmo sistema pode atender diferentes ambientes com a mesma rede de tubulação.

4.5 DECISÕES DE PROJETO

Estas decisões iniciais de projeto são necessárias para elaboração da disposição inicial da rede de tubulações e difusores. Portanto essas decisões são:

- Quais classes de incêndio se enquadram os riscos do ambiente;
- Qual será a posição correta dos cilindros de armazenamento;

- Haverá quantas redes de tubulação no projeto;
- A rede de tubulação será instalada no piso ou no teto;
- Qual o agente limpo selecionado.

No capítulo 3, as características dos componentes do sistema foram detalhados e devem ser consultadas para maiores esclarecimentos a respeito destas decisões de projeto que envolvem cilindros, tubulações e difusores.

4.6 PROJETO BÁSICO

Este projeto básico consiste em elaborar um layout inicial da disposição da rede de tubulação, cilindros e difusores no ambiente. Este layout será em forma de um diagrama unifilar e será importante para etapa de cálculos, mas como não há necessidade de apresentá-lo ao cliente, poderá ser desenhado sem preocupação de dimensões corretas de tubulações, podendo ser feito até a mão livre, ficando a critério do projetista.

Nesta etapa o projetista utilizará uma planta do ambiente com a indicação das dimensões e do pé-direito que possibilitarão o cálculo do volume do ambiente, deve ser descontado do cálculo total o volume de obstáculos fixos significativos, como vigas e paredes. A partir dos riscos a serem atendidos poderá se determinar a concentração de agente, que aplicada no volume do ambiente poderá se determinar a quantidade de agente necessária. E assim poderá se iniciar o traçado para a tubulação, observando onde há obstáculos físicos a fim de posicionar os difusores em locais onde atenderão completamente o ambiente. Para a ramificação da tubulação deverá se observar como é feito a divisão da quantidade de agente para cada ramal, só a partir desse passo ficará possível determinar qual será a posição provisória dos difusores, quantos serão e de qual tipo.

Lembrando que está etapa é provisória e servirá para guiar os cálculos a serem feitos e para se ter uma idéia inicial de como ficará instalado o sistema. Esta distribuição poderá sofrer modificações após os cálculos devido as limitações de projeto que devem ser impostas.

4.6.1 Concentração de Projeto

Para determinação da concentração mínima de projeto, deve-se levar em conta qual a classificação do risco de incêndio, se é classe A, B ou C. Se o risco for A ou C, a norma padroniza esta concentração mínima. Se o sistema for acionado automaticamente esta concentração é menor do que quando o sistema é acionado manualmente. Para incêndios de risco classe B, a concentração varia de acordo com o produto a que o gás seja exposto.

Na tabela abaixo são apresentados valores estilizados em projetos que utilizam o agente limpo HFC-125.

Tabela 4.1 – Concentrações recomendadas segundo a classificação do risco de incêndio

Classificação do Risco	% Concentração	Notas
Classes A e C	8,0%	Sistema de Detecção e Controle Automático de descarga do agente
Classes A e C	8,2%	Recomendação dos fabricantes, quando múltiplos riscos forem protegidos por um único estoque de agente
Classes A e C	8,7%	Ativação manual, sem sistemas de Detecção e Controle de descarga do agente
Classe B (Heptano)	11,3%	Para concentrações de outros produtos Classe B, consultar tabela de concentração de produtos

A concentração máxima de projeto depende se o ambiente é um espaço ocupado ou não. Para espaços ocupados, pode ser normalmente ocupado ou não por pessoas. Para eles deverá ser utilizada a concentração de no máximo 11,5%. Lembrando que o tempo máximo de exposição humana não deve exceder 5 minutos, para qualquer agente limpo.

Quando o espaço não é ocupado, não há uma limitação para a concentração permitida.

4.6.2 Quantidade de Agente

Para o levantamento da quantidade de agente necessária primeiramente deve ser feito o cálculo do volume do ambiente, calculado em m³. Pode ser descontado deste cálculo qualquer item que seja sólido, permanente e não removível do espaço físico, como vigas. De preferência, descontar apenas itens com volumes significativos, por questões de tempo ou por acabarem por não interferir na quantidade de gás. Também deve ser acrescido qualquer volume aberto no espaço a ser protegido, como dutos sem dampers, áreas adjacentes, etc.

Alguns multiplicadores de concentração devem ser inseridos no cálculo, levando em conta a mais baixa temperatura ambiente esperada, se há proteção de múltiplos riscos e o tipo de acionamento do sistema. Os parâmetros mostrados no quadro são para o uso em projetos com o agente limpo HFC-125.

Tabela 4.2 – Multiplicadores de concentração do agente.

	Concentração de agente	Temperatura	Multiplicador
Sistema Automático – 10 segundos de descarga	8,00%	20 ° C	0,4412
Único Agente protegendo múltiplos riscos	8,20%	20 ° C	0,4530
Sistema Manual – 10 segundos de descarga	8,70%	20 ° C	0,4835

Portanto para se determinar a concentração de agente utilizamos as fórmulas apresentadas abaixo, retiradas da norma NFPA 2001 (NFPA, 2004):

- Para agentes limpos tipo halocarbonos

$$M = \frac{V}{v} \left(\frac{C}{100 - C} \right) \quad (1)$$

Onde,

M = Quantidade de massa de agente limpo

V = volume líquido de risco, calculado como o volume total do ambiente menos o volume das estruturas fixas impermeáveis

v = volume específico do vapor superaquecido de agente limpo a 1 atmosfera e da temperatura, t

C = concentração de agente limpo (%)

t = temperatura mínima do volume a ser protegido

Lembrando que os níveis de concentração são determinados para a máxima temperatura.

- Para agentes limpos tipo gás inerte

$$V = 2,303 \left(\frac{v_s}{v} \right) \log_{10} \left(\frac{100}{100 - C} \right) \quad (2)$$

onde:

V = volume de gás inerte adicionado às condições normais de 1,013 bar, 21 ° C por unidade de volume do ambiente

v_s = volume específico de gás inerte, agente a 21 ° C e 1.013 bar

v = volume específico de gás inerte

t = temperatura mínima do ambiente

C = concentração de gás inerte (%)

4.6.3 Área de Cobertura do Difusor

Para determinar a quantidade de difusores que serão utilizados para a cobertura total de um ambiente, devem ser utilizados os valores tabelados para a área de abrangência de acordo com o diâmetro e tipo de distribuição da furação. Para se selecionar o tipo de difusores deve se observar a área a ser atendida e analisar previamente qual disposição de difusores resultaria em um menor quantidade de difusores e principalmente um menor comprimento possível da rede de tubulação. Para

isso deve se observado os raios de abrangência quanto as dimensões do ambiente.

Tabela 4.3 – Áreas de cobertura dos difusores

	Tipo de difusor	Raio de abrangência	Altura do teto
DIFUSOR - 10 mm (3/8")	180°	6,93 m	0,30 a 4,90 m
	360°	4,5 m	0,30 a 4,90 m
DIFUSOR - 15 a 50 mm (1/2" a 2")	180°	13,92 m	0,30 a 4,90 m
	360°	9,04 m	0,30 a 4,90 m

Assim, o posicionamento destes difusores em relação ao teto e a parede devem respeitar as seguintes distâncias máximas.

Tabela 4.4 – Posicionamento dos difusores em relação ao teto e ao longo da parede

Distância Máxima	Difusor 180°	Difusor 360°
Abaixo do Teto	0,30 m	0,30 m
Longe da Parede	0,30 m	-

Para altura de tetos menores que 30cm, os raios de cobertura dos difusores devem sofrer 50% de redução. Apenas para difusores com furos de diâmetro 3/8", esses raios não precisam ser reduzidos.

4.6.4 Distribuição dos Difusores

A distribuição dos difusores com bocais de furação em 360° devem ser posicionados simetricamente dentro da área protegida, como mostra a figura 4.2. As áreas de cobertura devem se sobrepor o suficiente para cobrir “pontos cegos”.

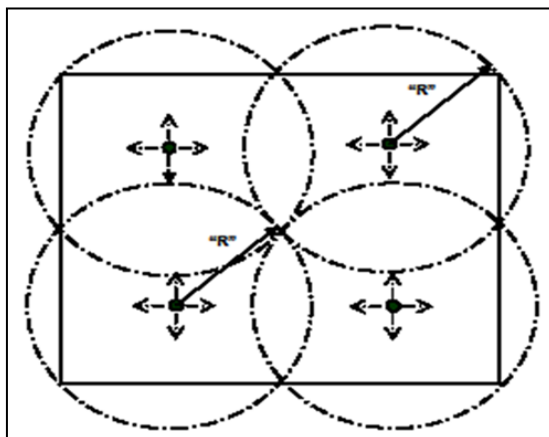


Figura 4.2 – Distribuição dos difusores do tipo 360° (Fike Latina, 2011)

Os difusores com bocais de furação em 180° devem ser posicionados simetricamente ao longo do perímetro, assim como mostrado na figura 4.3.

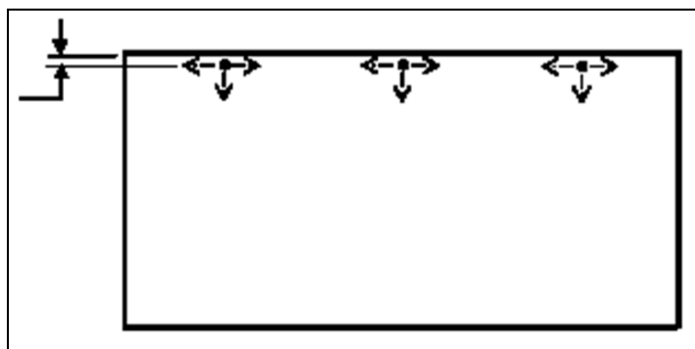


Figura 4.3 – Distribuição dos difusores do tipo 180° (Fike Latina, 2011)

O arranjo “back to back” podem ser utilizados para os difusores de bocais em 180°. Este arranjo permite que eles possam ser instalados a uma distância máxima de 0,30m entre eles. A quantidade e o fluxo de agente nos difusores devem ser as mesmas. O diâmetro da tubulação do tê até cada um dos difusores deve ser igual.

O layout deste arranjo é apresentado na figura 4.4.

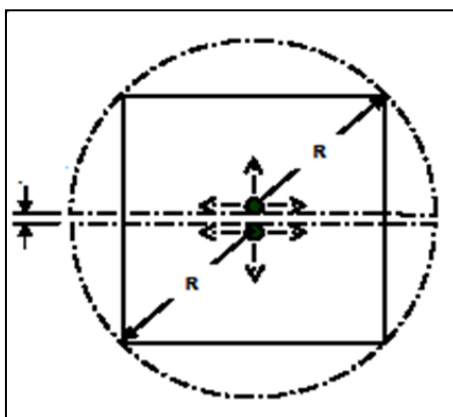


Figura 4.4 – Arranjo “back to back” (Fike Latina, 2011)

4.6.5 Altura do Teto x Nível de Difusores

Há uma limitação de altura segundo normas UL e FM. Quando o pé direito ultrapassa estas limitações das normas é necessário que a tubulação seja instalada em dois níveis, como é mostrado a seguir.

Tabela 4.5 – Nível de difusores requeridos em relação à altura do teto

Altura do Teto	Níveis de Difusores Requerido
0,30 m até 4,90 m	1
4,90 m até 9,75 m	2

4.6.6 Máxima Diferença de Elevação

A diferença entre a saída do cilindro e os difusores deve respeitar um limite máximo que deverá ser obedecido em aplicações que envolvem qualquer riscos de incêndio. A tabela abaixo mostra todas as alternativas de localização dos difusores em relação ao cilindro e a altura máxima permitida e a figura 4.5 apresenta quatro exemplos de como poder ser essa diferença de níveis.

Tabela 4.6 – Máxima diferença de elevação entre os difusores e a saída do cilindro

Localização dos difusores	Níveis de Difusores Requerido
Difusores localizados acima da saída do cilindro	9,10 m
Difusores localizados abaixo da saída do cilindro	9,10 m
Difusores localizados acima/abaixo da saída do cilindro	9,10 m

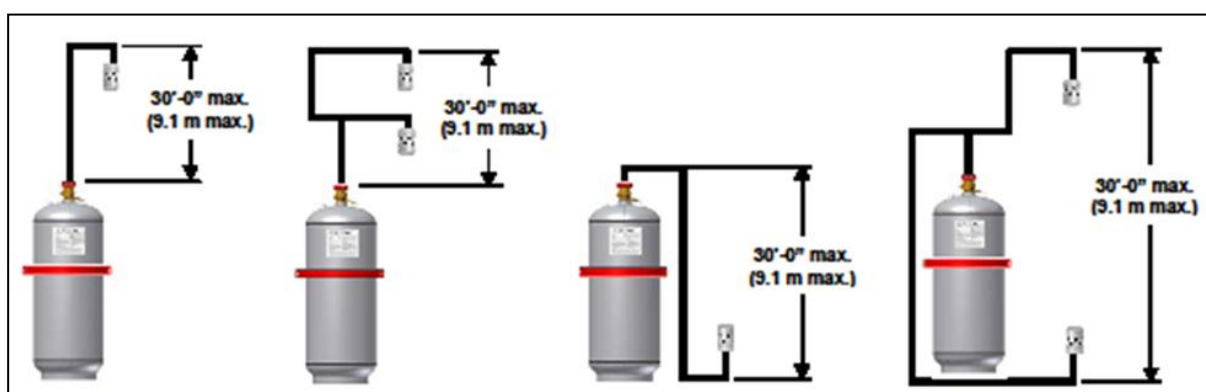


Figura 4.5 – Máximas diferenças de elevações entre o cilindro e os difusores (Fike Latina, 2011)

4.6.7 Obstruções na Descarga dos Difusores

Quando houver obstruções sólidas (paredes, divisórias, racks, equipamentos, etc.) que interferem no caminho da descarga do difusor, devem ser tratados como áreas distintas. Todos os difusores devem ser localizados de maneira que proporcionem um caminho de descarga claro para alcançar todos os extremos do espaço protegido.

4.6.8 Relação de Divisão

Para o projeto da rede de distribuição as ramificações e divisões nas tubulações devem respeitar porcentagens mínimas ou máximas de quantidade de agente que deve ser destinado a cada uma das ramificações.

Uma destas relações pode ser do tipo *Bullhead* em que quando há um tê instalado no fim da linha de distribuição, um dos lados receberá uma concentração máxima de 75% e o outro receberá uma concentração mínima de 25%, como mostrado na figura 4.6.

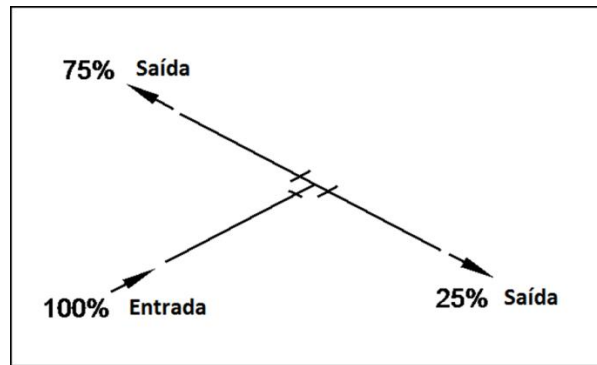


Figura 4.6 – Distribuição do tipo bullhead (Fike Latina, 2011)

A segunda relação do tipo *Side Thru* mostrada na figura 4.7, é utilizada quando há um cotovelo instalado na linha onde está vindo o agente. A ramificação que ficará instalada a 90° desta linha que receber uma concentração de agente que pode variar de 10% a 35%. E a ramificação que ficará instalada concêntrica a linha, receberá uma quantidade que varia de 65% a 90%.

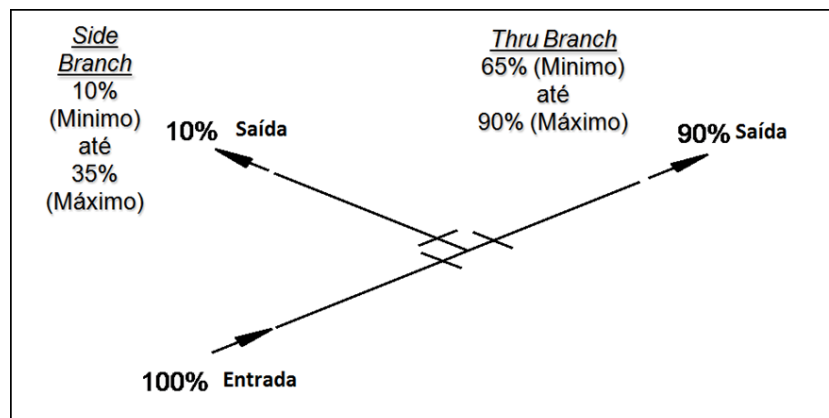


Figura 4.7 – Distribuição do tipo Side Thru (Fike Latina, 2011)

Nos dois tipos de divisões, as ramificações de saída devem ser montadas somente na posição horizontal, como mostrado na figura 4.8.

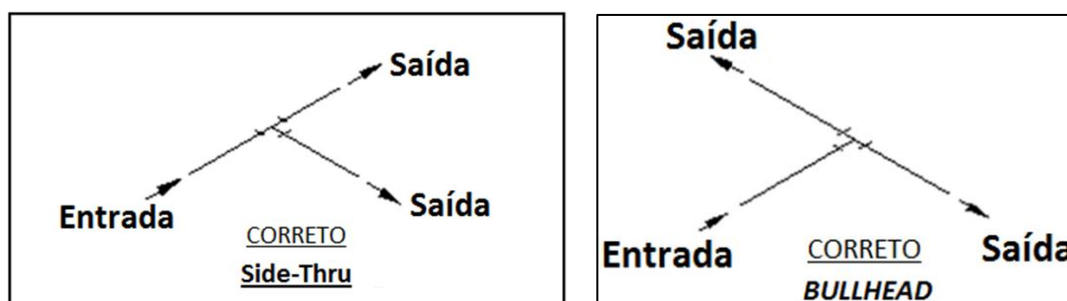


Figura 4.8 – Montagem correta das ramificações de saída das distribuições Side Thru e Bullhead, respectivamente (Fike Latina, 2011)

Já no caso das ramificações de entrada, o tipo *Bullhead* podem ser instaladas na posição vertical e horizontal, como mostra a figura 4.9. Mas no tipo *Side Thru* esta ramificação só pode ser instalada na horizontal.

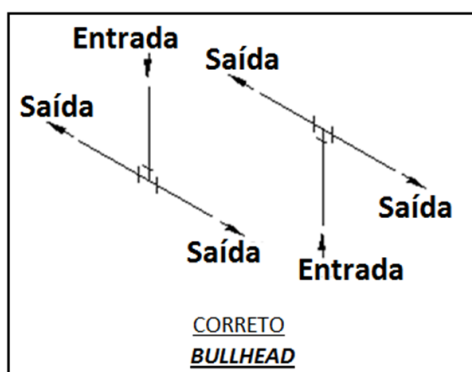


Figura 4.9 – Ramificação de entrada de distribuição Bullhead montada na posição vertical (Fike Latina, 2011)

4.7 CÁLCULOS DE PROJETO

Nesta etapa deve se conhecer todas as fórmulas, fatores de correção, dados do fabricante e valores tabelados necessários para elaborar o memorial de cálculo do projeto e poder assim especificar os equipamentos a serem utilizados.

4.7.1 Fator de Projeto para “Tê”

Para a ramificação da rede de tubulação para a distribuição do agente no ambiente são utilizadas conexões do tipo “Tê”. Quando um único estoque de agente está sendo usado para proteger múltiplos riscos, um fator de correção de projeto é aplicado a quantidade de gás quando há mais de quatro tês instalados na rede. Portanto, a partir de cinco tês um adicional de 1% de agente é exigido. E a cada unidade acrescida além desta, mais 1% é acrescido. Como mostra a tabela mostrada na norma NPFA 2001:

Tabela 4.7 – Fator de projeto para a quantidade de tês utilizados.

Quantidade - Tê	Fator de projeto
0 - 4	0,00
5	0,01
6	0,02
7	0,03
8	0,04
9	0,05
10	0,06
11 - 12	0,07
13	0,08
14 - 15	0,09
16	0,10
17 -18	0,11
19	0,12

4.7.2 Fator de Correção por Altitude

Um fator de correção também será aplicado levando em conta a altitude da cidade ou da região onde se localiza a construção que abriga ao ambiente a ser contemplado pelo sistema.

Tabela 4.8 – Fator de correção por altitude

Altitude (km)	Fator de Correção
-0,92	1,11
0,00	1,00
0,61	0,93
1,83	0,78
3,05	0,66

4.7.3 Tempo de Permanência do Agente

A concentração mínima de projeto para um espaço protegido com agente, deve ser mantida por um período de tempo especificado pelo AHJ (American Heat Journal). Isso deve ocorrer para garantir que não haverá uma reignição, pois alguns materiais combustíveis correm o risco de ainda estarem em temperaturas elevadas suficientes para o ressurgimento de uma chama.

4.7.4 Temperatura de Armazenamento dos Cilindros

As limitações quanto a temperatura de armazenamento do cilindro deve ser respeitada afim de que a integridade estrutural dos componentes do sistema seja garantida, evitando acidentes. Por isso, é recomendado que o ambiente de armazenamento seja fechado, sem exposição extrema e com alguns tipos de ventilação. Para evitar temperaturas elevadas ou extremamente baixas.

Para um cilindro que contém o agente HFC-125, a temperatura deve estar no intervalo entre 0°C e 48°C.

4.7.5 Taxa de Fluxo dos Difusores

Para a determinação da taxa de fluxo dos difusores, primeiramente deve-se garantir a estanquidade do ambiente. Pequenas perdas, por espaços desprezíveis em relação ao volume total como frestas de portas não precisam ser consideradas. Mas não poderá haver grandes aberturas no momento em que o agente é liberado, porque senão a redução na concentração de oxigênio nunca será efetiva. Por isso, para a solução deste problema, são utilizados dampers motorizados, interligados ao sistema de acionamento do agente para garantir que o ambiente não esteja em contato com o ar exterior.

O tempo de descarga considerado deve estar dentro da faixa de 6 a 10 segundos. Assim de acordo com o diâmetro da furação do difusor é possível tabelar o fluxo mínimo e máximo. Que, se possível, deve ser verificado através de softwares de cálculo.

Tabela 4.9 – Taxa de fluxo nos difusores

Diâmetro (mm)	Fluxo mín. de projeto (kg/s)	Fluxo máx. de projeto (kg/s)
10	0,34	0,85
15	0,59	1,46
20	1,10	2,75
25	1,87	4,68
32	3,36	8,40
40	4,65	11,63
50	7,83	19,58

Quando os difusores estiverem instalados em forros falsos ou operações em delicadas, onde o alto fluxo de gás pode deslocar objetos ou afetar processos, o fluxo máximo recomendado deve ser limitado a 7,7Kg/s.

4.7.6 Instalação dos Difusores

Os difusores podem ser instalados no teto ou no piso do ambiente. Para a instalação no teto é necessário o uso de um forro e para o piso deve-se utilizar a estrutura de piso falso.

Os suportes, onde devem ser fixados, são mostrados na figura 4.10.

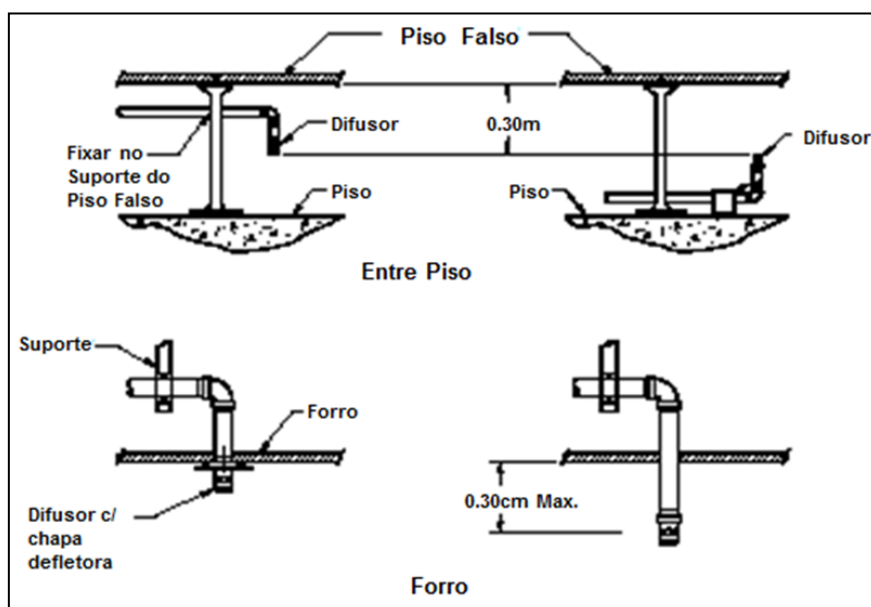


Figura 4.10 – Posições de instalação e fixação da rede de tubulação (Fike Latina, 2011)

4.7.7 Cálculo computacional

Neste sistema o projetista deve utilizar um software específico para o agente limpo selecionado para atender ao projeto, e que respeite a norma NFPA 2001. Os cálculos dos diâmetros de tubulação, pressão do cilindro e orifícios dos difusores são solucionados automaticamente pelo programa, mas para isto o projetista deve informar os seguintes dados: dimensões do ambiente, os volumes sólidos que devem ser descontados, concentração mínima do agente, temperatura e elevação do ambiente, número de difusores que foi estimado no projeto inicial e o tipo de furação, quantas redes de tubulação se deseja utilizar e o número de cilindros.

Ao incluir os dados, o programa fornecerá as informações completas sobre a tubulação, cilindros e difusores de forma otimizada. O software também proporciona ao projetista uma tela em que se pode elaborar um isométrico baseado no projeto inicial, e a partir dele, o programa informa ao projetista se sua rede de tubulação obedece a todos os limites de projeto: percentual de agente na tubulação, localização do primeiro tê, tempos de chegada e esgotamento do líquido.

Um relatório é gerado automaticamente com todas os dados e valores necessários para elaboração do projeto executivo e todas as especificações técnicas dos componentes para elaboração do memorial descritivo do sistema.

Para este trabalho será utilizado um software específico que auxilia os cálculos de projeto apenas para o uso do agente limpo HFC-125. Este software é o Ecaro 25 e foi criado pela empresa Fike Corporation.

4.7.8 Cálculo Manual

Para os cálculos deve se utilizar os mesmos dados informados ao sistema anterior. A quantidade de agente deve ser calculada para o volume específico e os fatores de correção devem ser aplicados. Com esta quantidade é possível realizar a seleção do cilindro adequado nos manuais de fabricantes, e a partir deles obter os dados que serão usados nos cálculos de vazões, pressões de trabalho, dentre outros.

Assim pode-se calcular o diâmetro da tubulação que se liga a saída do cilindro, e através de aplicações de valores como vazões, tempos de chegada do agente nos difusores e o total para a descarga. Poderemos estimar o diâmetro das tubulações das ramificações através das Eqs. 3 e 4.

$$D = \sqrt{\frac{Q \times P_0 \times 4}{V \times P \times \pi}} \quad (3)$$

$$V = \frac{Q \times P_0}{S \times P} \quad (4)$$

Onde:

D_{\min} : Diâmetro mínimo da tubulação (m);

V: Velocidade (m/s);

Q: Vazão (m^3/s);

P_0 : Pressão atmosférica (bar);

S: Área da secção interna da tubulação (m^2);

P: Pressão absoluta inicial (bar).

Deve ser descontados valores de perdas de carga nos tês e conexões para determinação dos comprimentos equivalentes.

A partir das taxas de fluxo apresentadas em tabelas é possível determinar o diâmetro da furação nos difusores, levando em consideração o tempo máximo para o esgotamento do líquido. Respeitando os valores tabelados, fazendo todas as considerações necessárias e cumprindo as limitações de projeto, o sistema pode ser calculado por este método. Só não pode ser otimizado com a mesma precisão do cálculo computacional.

4.8 LIMITAÇÕES DE PROJETO

As limitações de projeto devem ser impostas para garantir o bom funcionamento de todo o sistema e afim de otimizar a rede de tubulação.

4.8.1 Percentual do Agente na Tubulação

Um dos limites a serem respeitados no projeto é o percentual do agente na tubulação. Esta limitação está definida como a quantidade de agente na forma líquida que permanece na rede de tubulação durante a descarga e não pode ultrapassar 51% do total do peso de agente que estava envazado no cilindro.

Esta limitação é imposta para assegurar que a quantidade de nitrogênio envazada juntamente com o agente no cilindro seja suficiente para expelir o agente entre 6 e 10 segundos, após o acionamento do sistema.

4.8.2 Localização do Primeiro Tê

A distância mínima entre o cilindro e a posição de instalação do primeiro tê na rede de tubulação tem que permitir uma queda de pressão de 4% ao longo desta distância.

Esta limitação é definida para assegurar a distribuição correta do agente no primeiro tê.

4.8.3 Tempo de Chegada do Agente

O tempo requerido para o agente ser distribuído do difusor mais próximo do cilindro ao mais distante tem um valor máximo específico para cada agente limpo. No caso do halocarbonos, o tempo é de 1 segundo. E nos gases inertes este tempo aumenta para 10 segundos.

Isto é necessário para que a quantidade em cada difusor de agente seja entregue de maneira correta e o sistema funcione eficientemente, um exemplo é apresentado na figura 4.11.

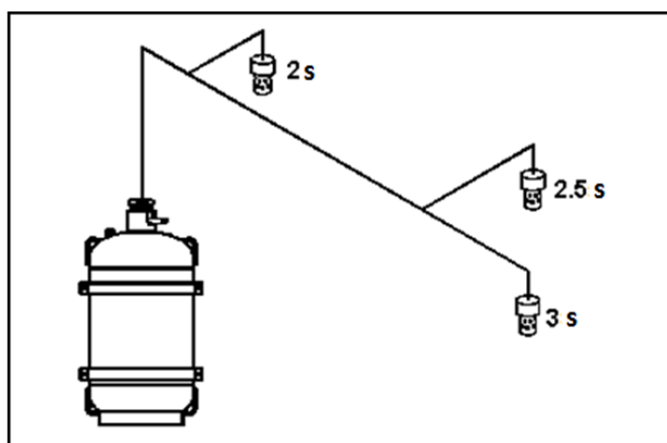


Figura 4.11 – Representação do tempo de chegada do líquido do primeiro ao último difusor (Fike Latina, 2011)

4.8.4 Tempo de Esgotamento do Agente

Há uma limitação definida para o tempo requerido para o agente esgotar no difusor mais próximo do cilindro ao mais distante. Este tempo varia para cada agente, sendo que o do HFC-125 é de 2,1 segundos.

Isto é necessário para que a quantidade em cada difusor de agente seja entregue de maneira correta e o sistema funcione eficientemente, um exemplo é apresentado na figura 4.12.

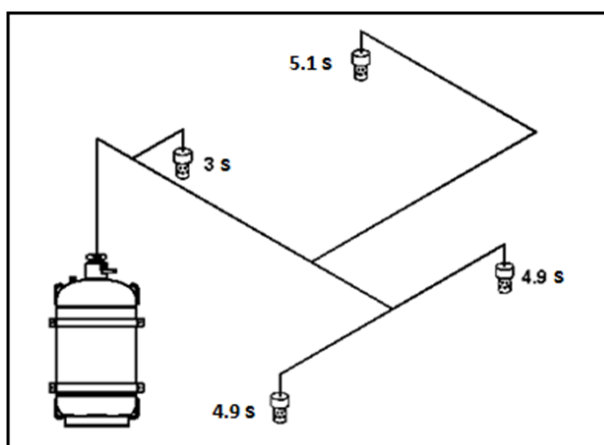


Figura 4.12 - Representação do tempo de esgotamento do líquido do primeiro ao último difusor (Fike Latina, 2011)

4.9 PROJETO EXECUTIVO

Um programa de CAD deve ser utilizado para elaboração das plantas com toda a rede de tubulação e difusores, utilizando a disposição mais eficiente, fazendo a interface com os sistemas já instalados, como sistema de ar condicionado, de iluminação e mostrando como os elementos serão fixados. Além de demarcar o local correto de armazenamento dos cilindros e como será sua instalação típica. Portanto os desenhos técnicos que deverão ser elaborados para o projeto executivo são: a planta baixa do ambiente, desenhos em corte e de detalhes. O número de desenhos em corte e detalhes a serem elaborados vão depender do ambiente que será atendido.

Deverão ser elaborados: um memorial de cálculo contendo todas as decisões de projeto, cálculo e resultados obtidos; um memorial descritivo que consta a descrição de como o sistema está instalado naquele determinado ambiente e suas características; uma lista de materiais com a descrição de todos os equipamentos e materiais instalados e um manual de operação e manutenção que deverá ser entregue ao cliente, contendo informações a respeito do uso correto dos equipamentos, instruções sobre o acionamento do sistema, e quais devem ser as rotinas de manutenção e como proceder no caso de manutenções corretivas.

5. CASOS DE ESTUDO

Com a especificação dos agentes limpos e a metodologia desenvolvida, pode ser feita a aplicação desta em casos selecionados. Os ambientes a serem analisados foram selecionados segundo as classificações de risco de incêndio nas quais o uso do agentes limpos é uma solução eficiente. Cada um dos projetos será avaliado primeiramente quanto a viabilidade técnica e econômica, se estas condições forem atendidas a metodologia será aplicada por completo.

O primeiro caso a ser estudado é uma sala de processamento de dados normalmente ocupada que armazena equipamentos eletrônicos de alto valor agregado e de importância estratégica para a instituição onde estão instalados. O segundo caso é uma sala de acervo com obras literárias de grande importância histórica para o país, e também é um local normalmente ocupado. O terceiro caso é uma sala de máquinas de refrigeração que são utilizadas para manter uma câmara frigorífica que conserva alimentos perecíveis. O quarto caso é de uma biblioteca pública onde há uma circulação livre dos visitantes. O último caso é um ambiente utilizado para estocar mercadorias de uma pequena loja comercial, com uma pequena área útil, não ocupada e com mercadorias em que não há valor alto agregado.

Neste capítulo serão analisadas duas etapas do fluxograma, a visita ao ambiente e a verificação das viabilidades.

5.1 SALA DE PROCESSAMENTO DE DADOS

Este ambiente a ser estudado envolve principalmente riscos de incêndio da classe C. O ambiente contemplado com o projeto, comporta uma sala de processamento de dados semelhante as existentes em grandes instituições financeiras. Neste haverá vários equipamentos eletrônicos que alto valor agregado que não podem sofrer danos por resíduos liberados por outros sistemas de combate de incêndio. Além disso, como se trata de uma instituição financeira de importância estratégica para as finanças do país inteiro, o ambiente deve retomar suas atividades normais no mais curto espaço de tempo e o menor número de equipamentos deve ser afetado pelo sinistro e as pessoas que trabalham neste ambiente devem estar seguras caso a evacuação do ambiente não possa ser feita antes do início do processo de supressão do fogo.

Após uma análise das viabilidades técnicas e econômicas é possível concluir que este ambiente pode ser atendido pelo sistema com agente limpo. Todas as exigências técnicas são cumpridas e a relação custo/ benefício é positiva, pois o ambiente armazena equipamentos de alto valor agregado e de grande importância econômica.

5.2 SALA DE ACERVO DARCY E BERTA – MEMORIAL DARCY RIBEIRO (BEIJÓDROMO)

Este ambiente comporta peças que envolvem principalmente riscos de incêndio da classe A. O acervo é composto principalmente por livros e cópias físicas de documento de autoria do antropólogo Darcy Ribeiro, fundador da Universidade de Brasília. Por serem obras de valor inestimável, necessitam de um sistema que combata um incêndio rapidamente, evitando que ele destrua esse material e que não deixe nenhum resíduo que possa sujar e até danificar os documentos e livros que não foram atingidas pelo fogo.

Outro aspecto importante que torna interessante a instalação de um sistema com agente limpo é que o local é público e atrai pessoas interessadas em conhecer as obras do antropólogo. Então é necessário que as pessoas possam estar seguras durante a aplicação do agente, caso não haja uma evacuação prévia.

Após uma análise das viabilidades técnicas e econômicas é possível concluir que este ambiente pode ser atendido pelo sistema com agente limpo. Todas as exigências técnicas podem ser cumpridas e o custo/ benefício compensa pois o ambiente guarda obras de valor imensurável para a história do país que devem ser conservadas com todo cuidado possível.

5.3 SALA DE MÁQUINAS DE REFRIGERAÇÃO QUE UTILIZAM HIDROCARBONETO

Os riscos de incêndio neste ambiente são principalmente da classe B, pois nele se localiza um sistema de refrigeração com um chiller que utiliza como fluido refrigerante um hidrocarboneto. Este ambiente representa uma sala de máquinas que controla um sistema de grande porte, portanto os equipamentos envolvidos tem alto valor agregado e não podem ficar muito fora de uso, pois ele atende uma instalação que depende essencialmente do sistema para continuar funcionando normalmente.

Após uma análise das viabilidades técnicas e econômicas é possível concluir que este ambiente pode ser atendido pelo sistema com agente limpo. Todas as exigências técnicas podem ser cumpridas e o custo/ benefício compensa, pois o ambiente armazena equipamentos de refrigeração utilizados para resfriamento de câmaras frigoríficas que armazenam alimentos não perecíveis, e deve se evitar ao máximo qualquer desperdício de alimento causando pela parada do equipamento.

5.4 BIBLIOTECA PÚBLICA

Neste ambiente os principais riscos de incêndio são da classe A, pois são livros e mobiliário fabricado em madeira. A biblioteca tem como principal forma de ventilação grande janelas de vidro que tem sua abertura regulada manualmente. Este ambiente é normalmente ocupado e há uma grande

circulação de pessoas diferentes ao longo do dia, e cada uma delas tem liberdade para abrir e fechar as janelas a seu gosto, por isso se torna impossível controlar quais e quantas janelas estarão abertas.

Então este ambiente não atende a todas as viabilidades técnicas necessárias a instalação do sistema que utiliza agentes limpos, pois é impossível garantir que o ambiente estará totalmente fechado no caso de um incêndio. Apesar da biblioteca contar com um grande número de obras literárias que podem sofrer danos com resíduos de outros sistemas e ser normalmente ocupado, o sistema de combate a incêndio com agente limpo seria ineficiente nesse caso, pois haveria entrada de ar exterior no momento da descarga no agente e a quantidade projetada não conseguiria extinguir o fogo.

5.5 ESTOQUE DE MERCADORIAS

Este ambiente é utilizado para estocar mercadorias que são comercializadas em uma loja de médio porte e os riscos de incêndio envolvidos são principalmente da classe A. O ambiente é pequeno, aproximadamente 25 m², não é normalmente ocupado, as mercadorias estocadas não são de grande valor agregado e estão guardadas em caixas, o que evita que elas sejam danificadas por resíduos de agentes de combate a incêndio. Ao realizar uma análise preliminar já se identifica a inviabilidade econômica do uso de sistema com agente limpo.

Alguns dos fatores que pesam para que a solução com agentes limpos não seja a mais compensatória para o cliente são: as mercadorias não são de alto valor agregado, não serão tão danificadas com os resíduos, a área do ambiente é pequena, facilitando o controle das chamadas com uso de extintores, por exemplo, e o ambiente não é normalmente ocupado. Portanto para esse cliente não compensa investir em um sistema de maior valor de instalação porque as consequências de um incêndio neste ambiente possivelmente não valem o investimento.

6. PROJETO – SALA DE PROCESSAMENTO DE DADOS

No capítulo anterior iniciou-se a aplicação da metodologia proposta para projetos de sistemas de supressão de incêndio com agentes limpos. A aplicação foi feita até o passo onde são feitas as análises de viabilidades técnicas e econômicas. Dos cinco ambientes analisados apenas três cumpriam os requisitos das viabilidades. Os capítulos 6, 7 e 8 darão continuidade à aplicação da metodologia para estes casos de estudo.

6.1 DADOS PRINCIPAIS

Nesta etapa será coletado os dados básicos para iniciar o projeto do sistema com agente limpo. Estes dados estão listados abaixo:

Na figura 6.1 é mostrado uma representação do ambiente com suas dimensões que possibilitam o cálculo da área:

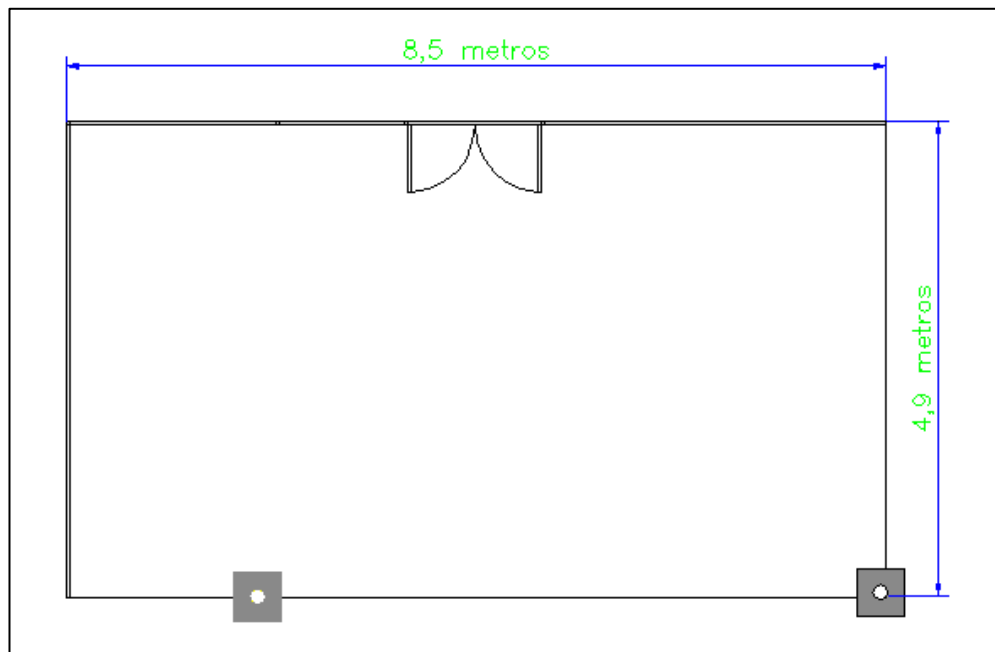


Figura 6.1 – Representação do ambiente com suas medidas laterais

- Área total do ambiente: 41,80 m²
- Altura do pé direito: 3,00 m
- Os equipamentos instalados são eletrônicos e elétricos, principalmente grandes computadores e painéis elétricos;
- A mobília é composta principalmente por mesas e cadeiras utilizadas pelos operadores e técnicos

que trabalham no ambiente;

- Não há obstáculos físicos como vigas ou paredes que possam afetar a distribuição correta do agente, e os racks onde ficam armazenadas os componentes eletrônicos não tem altura máxima suficiente para afetar a descarga do agente;

- Os cilindros ficarão instalados no interior do ambiente em um local a ser indicado nas decisões de projeto;

- Classe de incêndio dos riscos a serem protegidos: A e C;

- O forro instalado tem altura de 0,70 metros e cobre todo o ambiente.

6.2 DECISÕES DE PROJETO

O agente a ser utilizado neste ambiente será do tipo halocarbono.

A rede de tubulação deste ambiente será instalada no teto, pois ela poderá ficar instalada acima do forro não ficando a vista, apenas os difusores. Apesar dos equipamentos a serem protegidos estarem instalados no piso, a altura do pé direito não é tão grande permitindo que o tempo que o agente levará para chegar aos equipamentos é extremamente pequeno, levando em conta a velocidade de descarga.

Os cilindros que serão instalados dentro do ambiente, ficarão na posição indicada na representação da planta do ambiente mostrada na figura 6.2.

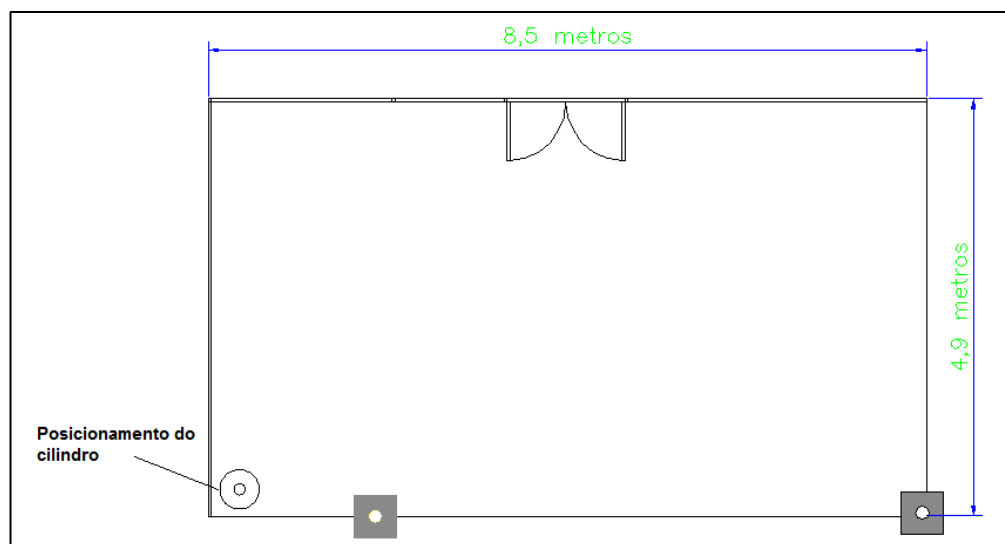


Figura 6.2 – Representação da planta do ambiente com o ponto de posicionamento do cilindro

6.3 PROJETO INICIAL DA REDE DE TUBULAÇÃO

Nesta etapa será elaborado o rascunho inicial da rede de tubulação, mas antes disso é necessário realizar alguns cálculos:

- Volume total do ambiente: Área total do ambiente x Altura do pé direito = 125,3 m³;
- Não há nenhum volume fixo significativo que deve ser subtraído do volume total;
- Concentração de agente: Será usado o valor de 8,2 % pois é um único agente protegendo múltiplos riscos;
- Devido a concentração de projeto, o multiplicador será de 0,4530 para determinar a quantidade de agente;

- Quantidade de agente: Volume total do ambiente x multiplicador = 56,76 kg;

A elaboração do rascunho foi feita levando em conta as seguintes escolhas do projetista:

- Após uma análise prévia quanto a geometria do ambiente, os difusores a serem utilizados serão do tipo 180°;
- Os difusores estarão distribuídos no arranjo “back to back”;
- Serão utilizados 2 difusores para atender o ambiente inteiro;
- Só haverá um nível de difusores em relação a altura do teto;
- Os difusores estarão a uma altura de 2,40 m da saída do cilindro, com o cilindro de altura 0,60 e os difusores instalados logo abaixo ao forro;
- A relação de divisão utilizada foi do tipo *Bullhead*, sendo que cada ramificação irá distribuir 50 % da quantidade de agente: $0,50 \times 56,76 \text{ kg} = 28,38 \text{ kg}$ de agente em cada ramificação.

A disposição do rascunho inicial é mostrado na representação da planta do ambiente da figura 6.3:

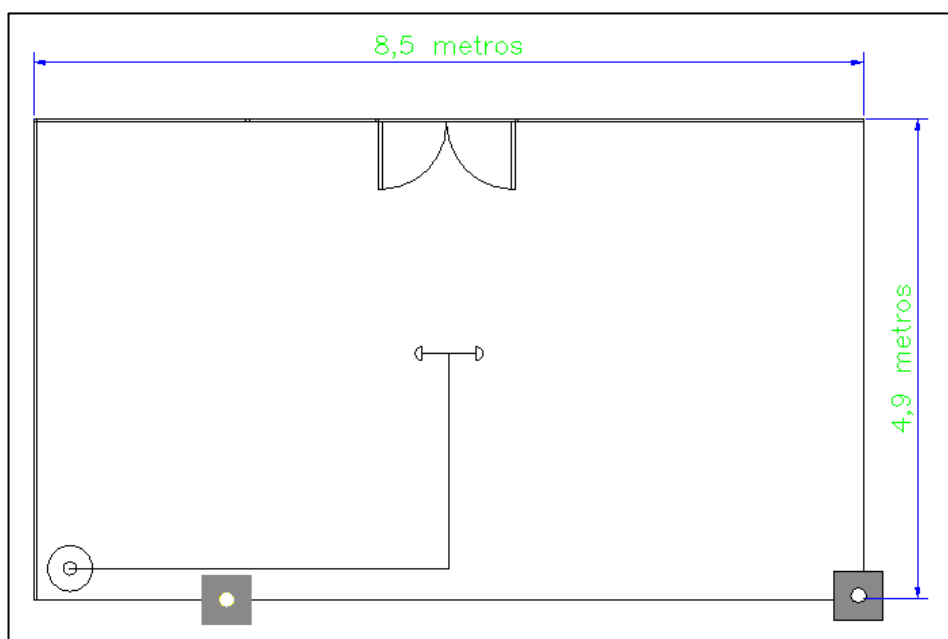


Figura 6.3 – Representação do ambiente com o rascunho inicial da tubulação

6.4 CÁLCULOS DE PROJETO

A seguir serão apresentados os cálculos que deverão ser feitos para aplicação de fatores de correção ou condições de projeto que levarão a determinação do diâmetro da rede de tubulação e se o posicionamento desta rede no rascunho inicial pode ser mantido ou deverá sofrer alguma alteração.

- Fator de projeto para “tê”: 0;

- O fator de correção de altitude adotado será o determinado na norma para a altitude de Brasília, onde estará localizado o ambiente. A altitude de Brasília varia de 1000 a 1200 metros acima do nível do mar segundo fontes do IBGE. A altitude deste ambiente é de 1080 metros acima do nível do mar.

- O tempo máximo para descarga do agente no ambiente será de 10 segundos.

- Este ambiente é atendido por sistema de ar condicionado para manter a temperatura ideal de funcionamento dos equipamentos eletrônicos, portanto a temperatura mínima é de 18° C e a máxima é 23°C;

- Serão instalados dois cilindros envazados com agente limpo um principal e outro reserva. Sendo que o cilindro reserva só será utilizado quando o principal estiver sem carga ou quando ocorrer algum imprevisto na ativação do cilindro principal;

- Todas os comprimentos de tubulação calculadas pelo projetista encontram-se apontadas nas tabelas 11 e 12.

Afim de otimizar os cálculos será utilizado um software específico para projetos de sistema de supressão de incêndios que utilizam agentes limpos. Aplicando todas as decisões e os cálculos já realizados no programa foi obtido um relatório com as seguintes conclusões:

Tabela 6.1 – Resultados encontrados para os cálculos do agente limpo

Máxima concentração de agente	8,23 % a 23°C
Quantidade de agente para cada difusor	28,38 kg

Tabela 6.2 – Resultados dos cálculos para os cilindros principal e reserva

Tipo de cilindro	Vertical de 150 libras
Tipo de <i>manifold</i>	Central (Cilindro principal a esquerda e cilindro reserva a direita)
Densidade do agente no interior do cilindro	827,6 kg/m ³
Peso do cilindro	82 kg
Área do cilindro	0,20 m ²

Tabela 6.3 – Resultados dos cálculos para dimensionamento da tubulação

Ponto Inicial	Ponto final	Comprimento	Diâmetro	Tipo	Conexão 90°	Comprimento equivalente	Pressão inicial	Pressão final	Taxa de fluxo
1	2	0,60 m	80 mm	SCH 40 T		10,64 m	1696 kPa	1689 kPa	5,1 kg/s
2	3	0,66 m	80 mm	SCH 40 T	1	3,00 m	1696 kPa	1689 kPa	5,1 kg/s
3	4	2,25 m	25 mm	SCH 40 T		3,85 m	1696 kPa	1496 kPa	5,1 kg/s
4	5	4,94 m	25 mm	SCH 40 T	2	6,54 m	1496 kPa	1172 kPa	5,1 kg/s
5	101	0,20 m	25 mm	SCH 40 T	1	2,60 m	1172 kPa	1145 kPa	2,5 kg/s
5	102	0,20 m	25 mm	SCH 40 T	1	2,60 m	1172 kPa	1145 kPa	2,5 kg/s

Tabela 6.4 – Resultados dos cálculos para dimensionamento dos difusores

Número	Diâmetro	Tipo	Diâmetro da furação
101	25 mm - SCH 40	180°	0,2570 polegadas
102	25 mm - SCH 40	180°	0,2570 polegadas

- Tempo total de descarga do agente: 9,73 s.

6.5 PROJETO EXECUTIVO

6.5.1 Desenhos em planta

As plantas que foram elaboradas estão apresentadas no Anexo 2, onde podem ser encontrados uma planta baixa e um desenho de corte.

6.5.2 Memorial de Cálculo

O sistema de Supressão de Incêndio tem por objetivo garantir proteção contra o fogo ao ambiente. O sistema foi projetado e dimensionado de modo a atender aos critérios descritos na norma NPFA 2001. Alguns critérios adotados estão listados abaixo:

- O fator de correção de altitude adotado será o determinado na norma para a altitude de Brasília, onde estará localizado o ambiente. A altitude de Brasília varia de 1000 a 1200 metros acima do nível do mar segundo fontes do IBGE. A altitude deste ambiente é de 1080 metros acima do nível do mar.

- O tempo máximo para descarga do agente no ambiente será de 10 segundos.

- Este ambiente é atendido por sistema de ar condicionado para manter a temperatura ideal de funcionamento dos equipamentos eletrônicos, portanto a temperatura mínima é de 18° C e a máxima é 23°C;

- Serão instalados dois cilindros envazados com agente limpo um principal e outro reserva. Sendo que o cilindro reserva só será utilizado quando o principal estiver sem carga ou quando ocorrer algum imprevisto na ativação do cilindro principal.

Os cálculos iniciais foram realizados manualmente. A otimização dos cálculos para dimensionamento do diâmetro da tubulação, dos difusores e seus orifícios, e dos cilindros foi feita com o uso do software Ecaro 25.

◆ DIMENSIONAMENTO

Para o cálculo das áreas e volumes de cada ambiente utilizamos como referência os seguintes desenhos:

- Desenho em planta da Sala de Processamento de Dados (Anexo 2);
- Desenho em corte da Sala de Processamento de Dados (Anexo 3).

Antes de dimensionar a tubulação e os difusores foram feitos os seguintes cálculos e tomadas algumas decisões de projeto. Todos esses valores e informações abaixo serão utilizados como dados de entrada para o software realizar o restante dos dimensionamentos:

- Área total do ambiente: 41,80 m²
- Altura do pé direito: 3,00 m
- Os equipamentos instalados são eletrônicos e elétricos, principalmente grandes computadores e painéis elétricos;
- A mobília é composta principalmente por mesas e cadeiras utilizadas pelos operadores e técnicos que trabalham no ambiente;
- Não há obstáculos físicos como vigas ou paredes que possam afetar a distribuição correta do agente, e os racks onde ficam armazenadas os componentes eletrônicos não tem altura máxima suficiente para afetar a descarga do agente;
- Os cilindros ficarão instalados no interior do ambiente em um local a ser indicado nas decisões de projeto;
- Classe de incêndio dos riscos a serem protegidos: A e C;
- O forro instalado tem altura de 0,70 metros e cobre todo o ambiente.
- Volume total do ambiente: Área total do ambiente x Altura do pé direito = 125,3 m³;
- Não há nenhum volume fixo significativo que deve ser subtraído do volume total;
- Concentração de agente: Será usado o valor de 8,2 % pois é um único agente protegendo múltiplos riscos;
- Devido a concentração de projeto, o multiplicador será de 0,4530 para determinar a quantidade de agente;
- Quantidade de agente: Volume total do ambiente x multiplicador = 56,76 kg;

A elaboração do rascunho foi feita levando em conta as seguintes escolhas do projetista:

- Após uma análise prévia quanto a geometria do ambiente, os difusores a serem utilizados serão do tipo 180°;

- Os difusores estarão distribuídos no arranjo “back to back”;

- Serão utilizados 2 difusores para atender o ambiente inteiro;

- Fator de projeto para “tê”: 0;

- Só haverá um nível de difusores em relação a altura do teto;

- Os difusores estarão a uma altura de 2,40 m da saída do cilindro, com o cilindro de altura 0,60 e os difusores instalados logo abaixo ao forro;

- A relação de divisão utilizada foi do tipo *Bullhead*, sendo que cada ramificação irá distribuir 50 % da quantidade de agente: $0,50 \times 56,76 \text{ kg} = 28,38 \text{ kg}$ de agente em cada ramificação.

A seguir são apresentados os resultados dos dimensionamentos da tubulação, do cilindro e dos difusores:

- Máxima concentração de agente: 8,23 % a 23°C;

- Quantidade de agente para cada difusor: 28,38 kg;

- Tipo de cilindro: Vertical de 150 libras;

- Tipo de manifold: Central (Cilindro principal a esquerda e cilindro reserva a direita);

- Densidade do agente no interior do cilindro: 827,6 kg/m³;

- Peso do cilindro: 82 kg;

- Área do cilindro: 0,20 m²;

Tabela 6.5 – Dimensionamento das tubulações

Ponto Inicial	Ponto final	Comprimento	Diâmetro	Tipo	Conexão 90°	Comprimento equivalente	Pressão inicial	Pressão final	Taxa de fluxo
1	2	0,60 m	80 mm	SCH 40 T		10,64 m	1696 kPa	1689 kPa	5,1 kg/s
2	3	0,66 m	80 mm	SCH 40 T	1	3,00 m	1696 kPa	1689 kPa	5,1 kg/s
3	4	2,25 m	25 mm	SCH 40 T		3,85 m	1696 kPa	1496 kPa	5,1 kg/s
4	5	4,94 m	25 mm	SCH 40 T	2	6,54 m	1496 kPa	1172 kPa	5,1 kg/s
5	101	0,20 m	25 mm	SCH 40 T	1	2,60 m	1172 kPa	1145 kPa	2,5 kg/s
5	102	0,20 m	25 mm	SCH 40 T	1	2,60 m	1172 kPa	1145 kPa	2,5 kg/s

Tabela 6.6 – Dimensionamento dos difusores

Número	Diâmetro	Tipo	Diâmetro da furação
101	25 mm - SCH 40	180°	0,2570 polegadas
102	25 mm - SCH 40	180°	0,2570 polegadas

- Tempo total de descarga: 9,73 s.

◆ CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS

Tabela 6.7 – Características dos componentes

Descrição dos componentes	Quantidade	Unidade
Tubo de aço carbono SCH 40 T, diâmetro 80 mm	1,26	m
Tubo de aço carbono SCH 40 T, diâmetro 25 mm	7,59	m
Cilindro de 150 lb, com saída na parte superior, posição vertical, diâmetro 50,81 cm e comprimento 60 cm.	2	un.
Difusores de alumínio de 25 mm de diâmetro SCH 40 T, do tipo 180° e orifícios de diâmetro 0,2570 polegadas.	2	un.
Conexão 90° de aço carbono com 25 mm de diâmetro SCH 40 T	4	un.
Tê de aço carbono com 25 mm de diâmetro SCH 40 T	1	un.

◆ ISOMÉTRICOS

Uma representação isométrica do posicionamento dos cilindros, tubulações e difusores é mostrada na figura 6.4.

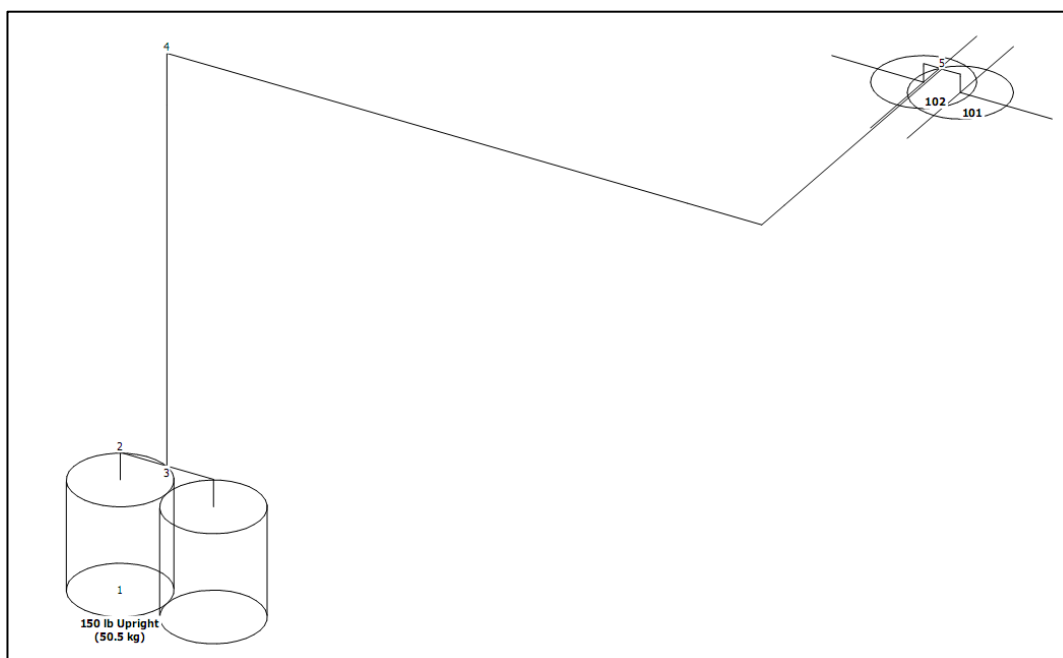


Figura 6.4 – Isométrico do posicionamento dos componentes do sistema

6.5.3 Memorial Descritivo

O presente relatório tem por objetivo apresentar o descritivo funcional do sistema de supressão de incêndio com agente limpo da Sala de Processamento de Dados.

♦ DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- Desenho em planta da Sala de Processamento de Dados (Anexo 2);
- Desenho em detalhe da Sala de Processamento de Dados (Anexo 3);
- Desenho em corte da Sala de Processamento de Dados (Anexo 4);

♦ DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema de supressão de incêndio com agente limpo tem por objetivo assegurar que o ambiente fique protegido contra o fogo. A descarga do agente durante uma situação de incêndio combaterá as chamas no tempo máximo de 10 segundos e preservará a integridade física dos ocupantes do local por até cinco minutos.

A estrutura do sistema será composta por dois cilindros de armazenamento do agente, uma rede de tubulação, dois difusores, além de todos os itens complementares para conexões da tubulação e do cilindro. Haverá um sistema de controle e alarme integrado ao sistema de acionamento do cilindro, sendo esses sistemas não especificados neste relatório.

O mecanismo de supressão do incêndio ocorre da seguinte forma: Os detectores detectam o início do fogo e enviam um sinal ao sistema de alarme, o sistema de alarme enviará um sinal ao sistema de controle que interligado ao sistema de acionamento do cilindro descarrega o agente para a tubulação. Após percorrer a tubulação o agente será distribuído no ambiente através das saídas localizadas nos difusores. Essa distribuição será realizada por dois difusores do tipo 180° que estarão instalados no centro do ambiente junto ao forro, que estarão posicionados de acordo com o arranjo “*back to back*”. O ambiente deverá ser mantida fechado durante todo o processo para garantir a eficiência do agente.

6.5.4 Lista de materiais

Descrição dos componentes	Quantidade	Unidade
Tubo de aço carbono SCH 40 T, diâmetro 80 mm	1,26	m
Tubo de aço carbono SCH 40 T, diâmetro 25 mm	7,59	m
Cilindro de 150 lb, com saída na parte superior, posição vertical, diâmetro 50,81 cm e comprimento 60 cm.	2	un.
Difusores de alumínio de 25 mm de diâmetro SCH 40 T, do tipo 180° e orifícios de diâmetro 0,2570 polegadas.	2	un.
Conexão 90° de aço carbono com 25 mm de diâmetro SCH 40 T	4	un.
Tê de aço carbono com 25 mm de diâmetro SCH 40 T	1	un.

6.5.5 Manual de Operação e Manutenção

O sistema será operado remotamente, sendo que seu acionamento será automático. Instalado juntamente com ele haverá um sistema de detecção, alarme e controle do acionamento. Portanto

deverá ser instalado no ambiente, detectores de incêndio interligados a um alarme que soará para dar o alerta aos ocupantes do ambiente. Estes detectores enviarão também um sinal ao sistema de controle que acionará automaticamente o operador da válvula de impulso, que ao ser acionada rompe o disco de ruptura que libera o agente limpo armazenado no cilindro.

Entre os dois cilindros, principal e reserva, haverá uma válvula instalada que os interligam. Essa válvula permite que apenas um cilindro seja acionado por vez. Se o cilindro principal for acionado e funcionar corretamente, o cilindro reserva não será acionado durante a operação de supressão do incêndio. A saída desta válvula é que se ligará a tubulação de descarga do agente. Após o agente passar pela tubulação ele será esgotado através dos orifícios dos difusores no ambiente.

No ambiente deverão ser instaladas placas de aviso informando sobre a presença do sistema e quais devem ser os procedimentos a serem tomados pelos ocupantes do ambiente. Ainda devem ser indicadas saídas de emergência e ser instalado um alarme sonoro. No caso de falha do sistema de acionamento, uma pessoa deverá estar treinada para acionar o sistema manualmente, acionando o botão que pressiona a válvula de impulso.

A respeito da manutenção do sistema, deverão ser programas rotinas de manutenções preventivas, sendo elas:

- Verificação do manômetro do cilindro para detectar vazamentos ou para reconhecer quando o cilindro está submetido a temperaturas de armazenamento fora da faixa determinada;
- Verificação de válvulas, conexões e principalmente das tubulações para detecção de possíveis vazamentos;
- Inspeção visual para evitar o acúmulo de qualquer elemento nos orifícios dos difusores que possa impedir a dispersão correta do agente limpo;
- Verificar se o sistema de controle, detecção e alarme está ligado e funcionando corretamente.

As manutenções corretivas devem ser feitas no menor tempo possível pois se ocorrer um incêndio, que é um fato imprevisível, o sistema tem que estar funcionando corretamente. Toda e qualquer manutenção deve ser realizada por técnicos especializados. E qualquer problema apresentado pelo cilindro deve ser informado ao fabricante para as devidas correções.

Recomenda-se que sistemas instalados e não utilizados a mais de três anos, devem passar por um acionamento programado como parte das atividades de manutenção. Deve ser feito para testar o funcionamento correto principalmente da rede de tubulação e dos difusores. E para realizar um procedimento de limpeza da parte interna dos tubos que podem estar sofrendo com a corrosão.

7. PROJETO – ACERVO DARCY E BERTA

O capítulo 7 dá continuidade a aplicação da metodologia de projeto para o sistema de supressão de incêndio com agente limpo para o caso de estudo do Acervo Darcy e Berta do Memorial Darcy Ribeiro em Brasília.

7.1 DADOS PRINCIPAIS

Nesta etapa será coletado os dados básicos para iniciar o projeto do sistema com agente limpo. Estes dados estão listados abaixo:

Na figura 7.1 é mostrado uma representação do ambiente com suas dimensões que possibilitam o cálculo da área:

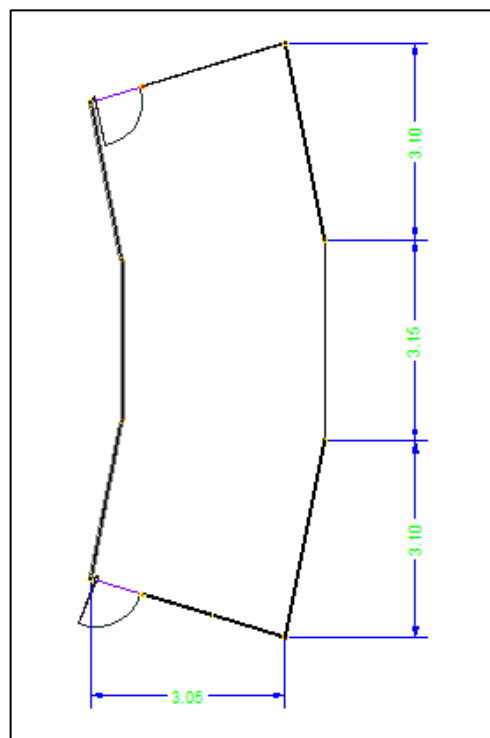


Figura 7.1 – Representação do ambiente com suas medidas laterais

- Área total do ambiente: 25,82 m²
- Altura do pé direito: 2,10 m
- O mobiliário do ambiente é composto basicamente por estantes repletas de livros e documentos da obra do antropólogo Darcy Ribeiro e da historiadora Berta Ribeiro;
- Não há obstáculos físicos como vigas ou paredes que possam afetar a distribuição correta do agente, as estantes onde ficam armazenados os livros não tem altura máxima suficiente para afetar a descarga do agente;

- Os cilindros ficarão instalados no interior do ambiente em um local a ser indicado nas decisões de projeto;

- Classe de incêndio dos riscos a serem protegidos: A.

7.2 DECISÕES DE PROJETO

O agente a ser utilizado neste ambiente será do tipo halocarbono.

A rede de tubulação deste ambiente será instalada no teto, pois ela poderá ficar instalada acima do forro não ficando a vista, apenas os difusores. Os cilindros que serão instalados dentro do ambiente, ficarão na posição indicada na representação da planta do ambiente mostrada na figura 7.2.

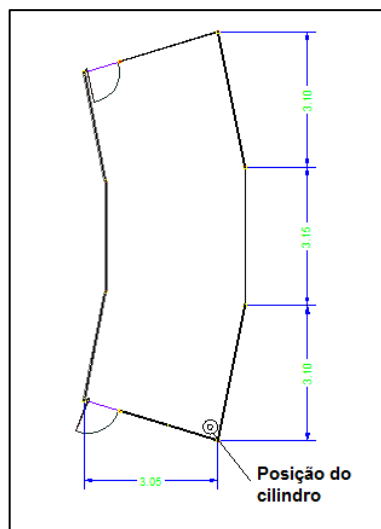


Figura 7.2 – Representação do ambiente com o posicionamento do cilindro

7.3 PROJETO INICIAL DA REDE DE TUBULAÇÃO

Nesta etapa será elaborado o rascunho inicial da rede de tubulação, mas antes disso é necessário realizar alguns cálculos:

- Volume total do ambiente: Área total do ambiente x Altura do pé direito = 54,22 m³;
- Não há nenhum volume fixo significativo que deve ser subtraído do volume total;
- Concentração de agente: Será usado o valor de 8,0 %, concentração mínima para um único risco;
- Devido a concentração de projeto, o multiplicador será de 0,4412 para determinar a quantidade de agente;
- Quantidade de agente: Volume total do ambiente x multiplicador = 23,92 kg;

A elaboração do rascunho foi feita levando em conta as seguintes escolhas do projetista:

- Após uma análise prévia quanto a geometria do ambiente, os difusores a serem utilizados serão um do tipo 180° e um do tipo 360°;
- Serão utilizados 2 difusores para atender o ambiente inteiro;
- Só haverá um nível de difusores em relação a altura do teto;
- Os difusores estarão a uma altura de 1,39 m da saída do cilindro, com o cilindro de altura 0,71 m e os difusores instalados logo abaixo ao forro;
- A relação de divisão utilizada foi do tipo *Side Thru*. A partir dos cálculos iniciais realizados a partir das áreas de abrangência, supõe que um dos difusores atenderá um terço do ambiente e o outro dois terços do ambiente. Um difusor do tipo 180° e outro do tipo 360°, respectivamente.

A disposição do rascunho inicial é mostrado na representação da planta do ambiente da figura 7.3:

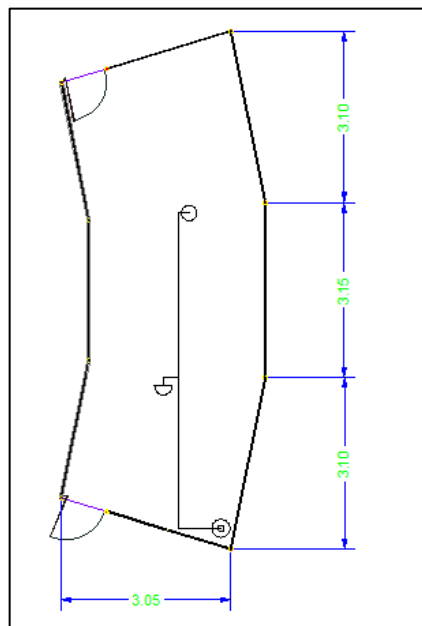


Figura 7.3 – Representação da rede de tubulação no ambiente

7.4 CÁLCULOS DE PROJETO

A seguir serão apresentados os cálculos que deverão ser feitos para aplicação de fatores de correção ou condições de projeto que levarão a determinação do diâmetro da rede de tubulação e se o posicionamento desta rede no rascunho inicial pode ser mantido ou deverá sofrer alguma alteração.

- Fator de projeto para “tê”: 0;
- O fator de correção de altitude adotado será o determinado na norma para a altitude de Brasília, onde estará localizado o ambiente. A altitude de Brasília varia de 1000 a 1200 metros acima do nível do mar segundo fontes do IBGE. A altitude deste ambiente é de 1022 metros acima do nível do mar.
- O tempo máximo para descarga do agente no ambiente será de 10 segundos.

- Este ambiente é atendido por sistema de ar condicionado para manter a temperatura ideal de funcionamento dos equipamentos eletrônicos, portanto a temperatura mínima é de 20° C e a máxima é 23°C;

- Serão instalados dois cilindros envazados com agente limpo um principal e outro reserva. Sendo que o cilindro reserva só será utilizado quando o principal estiver sem carga ou quando ocorrer algum imprevisto na ativação do cilindro principal.

Afim de otimizar os cálculos será utilizado um software específico para projetos de sistema de supressão de incêndios que utilizam agentes limpos. Aplicando todas as decisões e os cálculos já realizados no programa foi obtido um relatório com as seguintes conclusões:

Tabela 7.1 – Cálculo da concentração máxima e quantidade de agente

Máxima concentração de agente	8,15 % a 23°C
Quantidade de agente para difusor 180°	7,3 kg
Quantidade de agente para difusor 360°	14,2 kg

Tabela 7.2 – Dimensionamento dos cilindros principal e reserva

Tipo de cilindro	Vertical de 60 libras
Tipo de <i>manifold</i>	Central (Cilindro principal a esquerda e cilindro reserva a direita)
Densidade do agente no interior do cilindro	779,5 kg/m ³
Peso do cilindro	24 kg
Área do cilindro	0,06 m ²

Tabela 7.3 – Dimensionamento da rede de tubulação

Ponto Inicial	Ponto final	Comprimento	Diâmetro	Tipo	Conexão 90°	Conexão Thru	Conexão Side	Comprimento equivalente	Pressão inicial	Pressão final	Taxa de fluxo
1	2	0,71 m	25 mm	SCH 40 T				3,06 m	1765 kPa	1731 kPa	2,2 kg/s
2	3	0,42 m	25 mm	SCH 40 T	1			1,22 m	1731 kPa	1731 kPa	2,2 kg/s
3	4	1,25 m	20 mm	SCH 40 T			1	2,51 m	1731 kPa	1655 kPa	2,2 kg/s
4	5	3,00 m	20 mm	SCH 40 T	2			4,26 m	1655 kPa	1565 kPa	2,2 kg/s
5	101	3,10 m	15 mm	SCH 40 T	1	1		3,89 m	1565 kPa	1358 kPa	1,4 kg/s
5	102	0,20 m	10 mm	SCH 40 T	1		1	1,33 m	1565 kPa	1496 kPa	0,7 kg/s

Tabela 7.4 – Dimensionamento dos difusores

Número	Diâmetro	Tipo	Diâmetro da furação
101	10 mm - SCH 40	180°	0,1130 polegadas
102	15 mm - SCH 40	360°	0,1850 polegadas

- Tempo total de descarga do agente: 9,76 s.

7.5 PROJETO EXECUTIVO

7.5.1 Desenhos em planta

As plantas que foram elaboradas estão apresentadas no Anexo 1, onde podem ser encontrados uma planta baixa e um desenho de corte.

7.5.2 Memorial de Cálculo

O sistema de Supressão de Incêndio tem por objetivo garantir proteção contra o fogo ao ambiente. O sistema foi projetado e dimensionado de modo a atender aos critérios descritos na norma NPFA 2001. Alguns critérios adotados estão listados abaixo:

- O fator de correção de altitude adotado será o determinado na norma para a altitude de Brasília, onde estará localizado o ambiente. A altitude de Brasília varia de 1000 a 1200 metros acima do nível do mar segundo fontes do IBGE. A altitude deste ambiente é de 1022 metros acima do nível do mar.

- O tempo máximo para descarga do agente no ambiente será de 10 segundos.

- Este ambiente é atendido por sistema de ar condicionado para manter a temperatura ideal de funcionamento dos equipamentos eletrônicos, portanto a temperatura mínima é de 20° C e a máxima é 23°C;

- Serão instalados dois cilindros envazados com agente limpo um principal e outro reserva. Sendo que o cilindro reserva só será utilizado quando o principal estiver sem carga ou quando ocorrer algum imprevisto na ativação do cilindro principal.

Os cálculos iniciais foram realizados manualmente, a otimização dos cálculos para dimensionamento do diâmetro da tubulação, dos difusores e seus orifícios, e dos cilindros foi feita com o uso do software Ecaro 25.

♦ DIMENSIONAMENTO

Para o cálculo das áreas e volumes de cada ambiente utilizamos como referência os seguintes desenhos:

- Desenho em planta do Acervo Darcy e Berta (Anexo 4);

- Desenho em corte do Acervo Darcy e Berta (Anexo 5).

Antes de dimensionar a tubulação e os difusores foram feitos os seguintes cálculos e tomadas algumas decisões de projeto. Todos esses valores e informações abaixo serão utilizados como dados de entrada para o software realizar o restante dos dimensionamentos:

- Área total do ambiente: 25,82 m²

- Altura do pé direito: 2,10 m

- O mobiliário do ambiente é composto basicamente por estantes repletas de livros e documentos da obra do antropólogo Darcy Ribeiro e da historiadora Berta Ribeiro;

- Não há obstáculos físicos como vigas ou paredes que possam afetar a distribuição correta do agente, as estantes onde ficam armazenados os livros não tem altura máxima suficiente para afetar a descarga do agente;

- Os cilindros ficarão instalados no interior do ambiente em um local a ser indicado nas decisões de projeto;

- Classe de incêndio dos riscos a serem protegidos: A;

- O agente a ser utilizado neste ambiente será do tipo halocarbono;

- A rede de tubulação deste ambiente será instalada no teto, pois ela poderá ficar instalada acima do forro não ficando a vista, apenas os difusores. Os cilindros serão instalados dentro do ambiente;

- Volume total do ambiente: Área total do ambiente x Altura do pé direito = 54,22 m³;

- Não há nenhum volume fixo significativo que deve ser subtraído do volume total;

- Concentração de agente: Será usado o valor de 8,0 %, concentração mínima para um único risco;

- Devido a concentração de projeto, o multiplicador será de 0,4412 para determinar a quantidade de agente;

- Quantidade de agente: Volume total do ambiente x multiplicador = 23,92 kg;

A elaboração do rascunho foi feita levando em conta as seguintes escolhas do projetista:

- Após uma análise prévia quanto a geometria do ambiente, os difusores a serem utilizados serão um do tipo 180° e um do tipo 360°;

- Serão utilizados 2 difusores para atender o ambiente inteiro;

- Só haverá um nível de difusores em relação a altura do teto;

- Os difusores estarão a uma altura de 1,39 m da saída do cilindro, com o cilindro de altura 0,71 m e os difusores instalados logo abaixo ao forro;

- Fator de projeto para “tê”: 0;

- A relação de divisão utilizada foi do tipo *Side Thru*. A partir dos cálculos iniciais realizados a partir das áreas de abrangência, supõe que um dos difusores atenderá um terço do ambiente e o outro dois terços do ambiente. Um difusor do tipo 180° e outro do tipo 360°, respectivamente.

A seguir são apresentados os resultados dos dimensionamentos da tubulação, do cilindro e dos difusores:

- Máxima concentração de agente: 8,15 % a 23°C;
- Quantidade de agente para difusor 180°: 7,3 kg;
- Quantidade de agente para difusor 360°: 14,2 kg;
- Tipo de cilindro: Vertical de 60 libras
- Tipo de manifold: Central (Cilindro principal a esquerda e cilindro reserva a direita)
- Densidade do agente no interior do cilindro: 779,5 kg/m³
- Peso do cilindro: 24 kg
- Área do cilindro: 0,06 m²

Tabela 7.5 – Dimensionamento das tubulações

Ponto Inicial	Ponto final	Comprimento	Diâmetro	Tipo	Conexão 90°	Conexão Thru	Conexão Side	Comprimento equivalente	Pressão inicial	Pressão final	Taxa de fluxo
1	2	0,71 m	25 mm	SCH 40 T				3,06 m	1765 kPa	1731 kPa	2,2 kg/s
2	3	0,42 m	25 mm	SCH 40 T	1			1,22 m	1731 kPa	1731 kPa	2,2 kg/s
3	4	1,25 m	20 mm	SCH 40 T			1	2,51 m	1731 kPa	1655 kPa	2,2 kg/s
4	5	3,00 m	20 mm	SCH 40 T	2			4,26 m	1655 kPa	1565 kPa	2,2 kg/s
5	101	3,10 m	15 mm	SCH 40 T	1	1		3,89 m	1565 kPa	1358 kPa	1,4 kg/s
5	102	0,20 m	10 mm	SCH 40 T	1		1	1,33 m	1565 kPa	1496 kPa	0,7 kg/s

Tabela 7.6 – Dimensionamento dos difusores

Número	Diâmetro	Tipo	Diâmetro da furação
101	10 mm - SCH 40	180°	0,1130 polegadas
102	15 mm - SCH 40	360°	0,1850 polegadas

- Tempo total de descarga: 9,76 s.

♦ CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS

Tubo de aço carbono SCH 40 T, diâmetro 20 mm
Tubo de aço carbono SCH 40 T, diâmetro 15 mm
Tubo de aço carbono SCH 40 T, diâmetro 10 mm
Cilindro de 60 lb, com saída na parte superior, posição vertical, diâmetro 27,31 cm e comprimento 71,11 cm.
Difusor de alumínio de 10 mm de diâmetro SCH 40, do tipo 180° e orifícios de diâmetro 0,1130 polegadas.
Difusor de alumínio de 15 mm de diâmetro SCH 40, do tipo 360° e orifícios de diâmetro 0,1850 polegadas.
Conexão 90° de aço carbono com 20 mm de diâmetro SCH 40 T
Conexão 90° de aço carbono com 15 mm de diâmetro SCH 40 T
Conexão 90° de aço carbono com 10 mm de diâmetro SCH 40 T
Tê de aço carbono com 20 mm de diâmetro SCH 40 T

◆ ISOMÉTRICOS

Uma representação isométrica do posicionamento dos cilindros, tubulações e difusores é mostrada na figura 7.4.

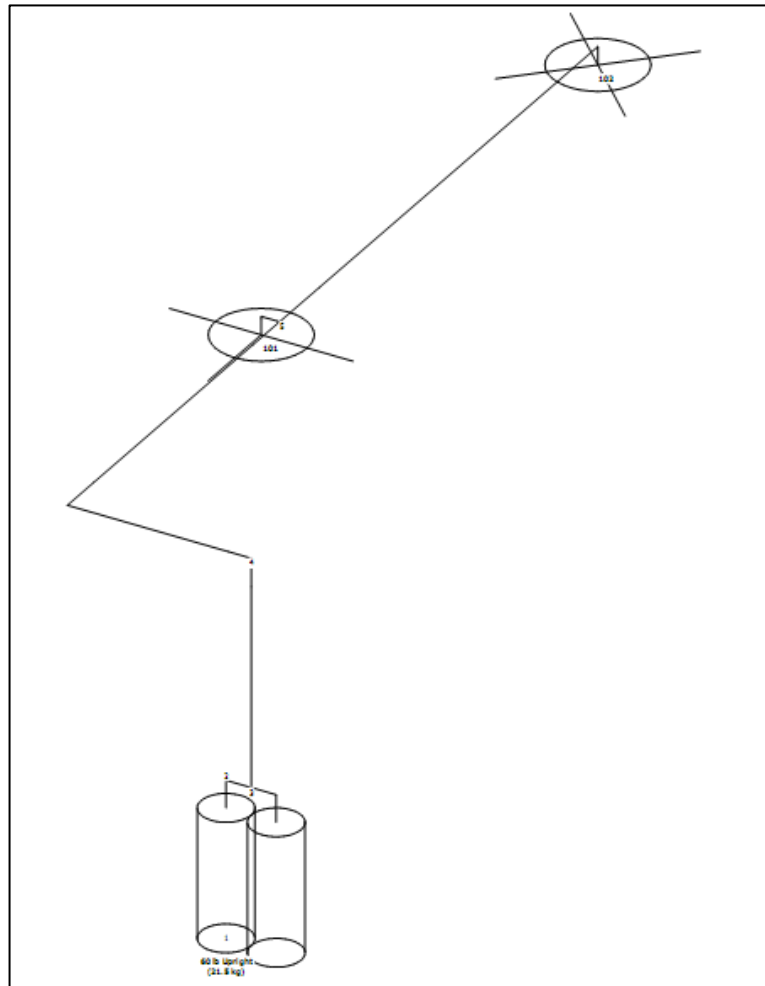


Figura 7.4 – Representação isométrica da rede de tubulação

7.5.3 Memorial Descritivo

O presente relatório tem por objetivo apresentar o descritivo funcional do sistema de supressão de incêndio com agente limpo da Sala de Processamento de Dados.

◆ DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- Desenho em planta do Acervo Darcy e Berta (Anexo 4).

◆ DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema de supressão de incêndio com agente limpo tem por objetivo assegurar que o ambiente fique protegido contra o fogo. A descarga do agente durante uma situação de incêndio combaterá as chamas no tempo máximo de 10 segundos e preservará a integridade física dos ocupantes do local por

até cinco minutos.

A estrutura do sistema será composta por dois cilindros de armazenamento do agente, uma rede de tubulação, dois difusores, além de todos os itens complementares para conexões da tubulação e do cilindro. Haverá um sistema de controle e alarme integrado ao sistema de acionamento do cilindro, sendo esses sistemas não especificados neste relatório.

O mecanismo de supressão do incêndio ocorre da seguinte forma: Os detectores detectam o início do fogo e enviam um sinal ao sistema de alarme, o sistema de alarme enviará um sinal ao sistema de controle que interligado ao sistema de acionamento do cilindro descarrega o agente para a tubulação. Após percorrer a tubulação o agente será distribuído no ambiente através das saídas localizadas nos difusores. Essa distribuição será realizada por dois difusores um do tipo 180° e outro 360° que estarão instalados a um terço do comprimento total do ambiente do cilindro e a dois terços do cilindro. A tubulação passará pelo teto, obedecendo a distribuição do tipo *Side Thru*. O ambiente deverá ser mantida fechado durante todo o processo para garantir a eficiência do agente.

A relação de divisão utilizada foi do tipo *Side Thru*. A partir dos cálculos iniciais realizados a partir das áreas de abrangência, supõe que um dos difusores atenderá um terço do ambiente e o outro dois terços do ambiente. Um difusor do tipo 180° e outro do tipo 360°, respectivamente.

7.5.4 Lista de materiais

Descrição dos componentes	Quantidade	Unidade
Tubo de aço carbono SCH 40 T, diâmetro 20 mm	4,25	m
Tubo de aço carbono SCH 40 T, diâmetro 15 mm	3,10	m
Tubo de aço carbono SCH 40 T, diâmetro 10 mm	0,10	m
Cilindro de 60 lb, com saída na parte superior, posição vertical, diâmetro 27,31 cm e comprimento 71,11 cm.	2	un.
Difusor de alumínio de 10 mm de diâmetro SCH 40 , do tipo 180° e orifícios de diâmetro 0,1130 polegadas.	1	un.
Difusor de alumínio de 15 mm de diâmetro SCH 40, do tipo 360° e orifícios de diâmetro 0,1850 polegadas.	1	un.
Conexão 90° de aço carbono com 20 mm de diâmetro SCH 40 T	2	un.
Conexão 90° de aço carbono com 15 mm de diâmetro SCH 40 T	1	un.
Conexão 90° de aço carbono com 10 mm de diâmetro SCH 40 T	1	un.
Tê de aço carbono com 20 mm de diâmetro SCH 40 T	1	un.

7.5.5 Manual de Operação e Manutenção

O sistema será operado remotamente, sendo que seu acionamento será automático. Instalado juntamente com ele haverá um sistema de detecção, alarme e controle do acionamento. Portanto deverá ser instalado no ambiente, detectores de incêndio interligados a um alarme que soará para dar o alerta aos ocupantes do ambiente. Estes detectores enviarão também um sinal ao sistema de controle

que acionará automaticamente o operador da válvula de impulso, que ao ser acionada rompe o disco de ruptura que libera o agente limpo armazenado no cilindro.

Entre os dois cilindros, principal e reserva, haverá uma válvula instalada que os interligam. Essa válvula permite que apenas um cilindro seja acionado por vez. Se o cilindro principal for acionado e funcionar corretamente, o cilindro reserva não será acionado durante a operação de supressão do incêndio. A saída desta válvula é que se ligará a tubulação de descarga do agente. Após o agente passar pela tubulação ele será esgotado através dos orifícios dos difusores no ambiente.

No ambiente deverão ser instaladas placas de aviso informando sobre a presença do sistema e quais devem ser os procedimentos a serem tomados pelos ocupantes do ambiente. Ainda devem ser indicadas saídas de emergência e ser instalado um alarme sonoro. No caso de falha do sistema de acionamento, uma pessoa deverá estar treinada para acionar o sistema manualmente, acionando o botão que pressiona a válvula de impulso.

A respeito da manutenção do sistema, deverão ser programas rotinas de manutenções preventivas, sendo elas:

- Verificação do manômetro do cilindro para detectar vazamentos ou para reconhecer quando o cilindro está submetido a temperaturas de armazenamento fora da faixa determinada;
- Verificação de válvulas, conexões e principalmente das tubulações para detecção de possíveis vazamentos;
- Inspeção visual para evitar o acúmulo de qualquer elemento nos orifícios dos difusores que possa impedir a dispersão correta do agente limpo;
- Verificar se o sistema de controle, detecção e alarme está ligado e funcionando corretamente.

As manutenções corretivas devem ser feitas no menor tempo possível pois se ocorrer um incêndio, que é um fato imprevisível, o sistema tem que estar funcionando corretamente. Toda e qualquer manutenção deve ser realizada por técnicos especializados. E qualquer problema apresentado pelo cilindro deve ser informado ao fabricante para as devidas correções.

Recomenda-se que sistemas instalados e não utilizados a mais de três anos, devem passar por um acionamento programado como parte das atividades de manutenção. Deve ser feito para testar o funcionamento correto principalmente da rede de tubulação e dos difusores. E para realizar um procedimento de limpeza da parte interna dos tubos que podem estar sofrendo com a corrosão.

8. PROJETO – SALA DE MÁQUINAS DE REFRIGERAÇÃO

O capítulo 8 dá continuidade a aplicação da metodologia de projeto para o sistema de supressão de incêndio com agente limpo para o caso de estudo da Sala de Máquinas de Refrigeração que utilizam hidrocarboneto.

8.1 DADOS PRINCIPAIS

Nesta etapa será coletado os dados básicos para iniciar o projeto do sistema com agente limpo. Estes dados estão listados abaixo:

Na figura 8.1 é mostrado uma representação do ambiente com suas dimensões que possibilitam o cálculo da área:

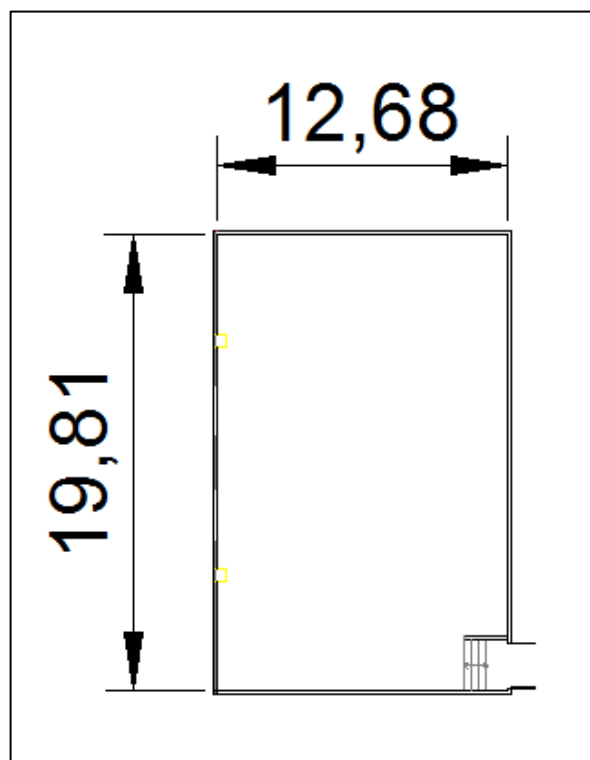


Figura 8.1 – Representação do ambiente com suas medidas laterais

- Área total do ambiente: 251,19 m²
- Altura do pé direito: 3,10 m
- No ambiente estão instalados chillers que atendem sistemas de refrigeração, rede de tubulação em aço que liga os equipamentos ao restante do sistema de refrigeração e bombas elétricas;
- Não há obstáculos físicos como vigas ou paredes que possam afetar a distribuição correta do

agente. Os únicos obstáculos que existem no ambiente é a tubulação do sistema de refrigeração, mas suas dimensões não comprometem a descarga do agente;

- Os cilindros ficarão instalados no interior do ambiente em um local a ser indicado nas decisões de projeto;

- Classe de incêndio dos riscos a serem protegidos: B.

8.2 DECISÕES DE PROJETO

O agente a ser utilizado neste ambiente será do tipo halocarbono.

A rede de tubulação deste ambiente será instalada no teto, como se trata de uma sala de máquinas em que não há forro e outras tubulações já estão expostas, a tubulação de incêndio também ficará exposta. Os cilindros que serão instalados dentro do ambiente e ficarão na posição indicada na representação da planta do ambiente mostrada na figura 8.2, lembrando que a posição mostrada é apenas ilustrativa pois neste caso haverá mais de um cilindro.

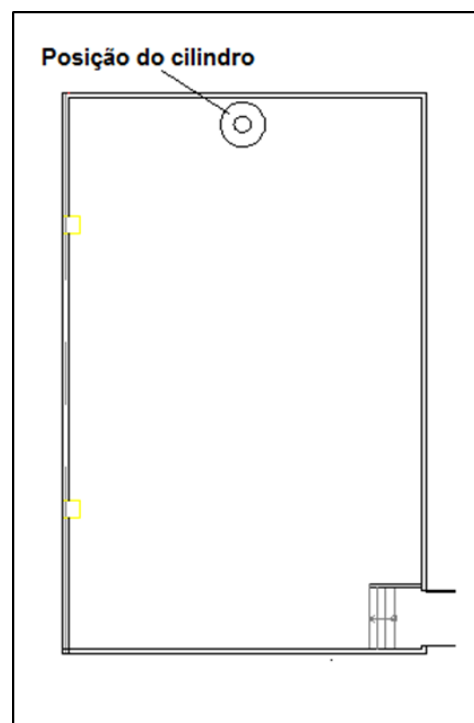


Figura 8.2 – Representação do ambiente com o posicionamento do cilindro

8.3 PROJETO INICIAL DA REDE DE TUBULAÇÃO

Nesta etapa será elaborado o rascunho inicial da rede de tubulação, mas antes disso é necessário realizar alguns cálculos:

- Volume total do ambiente: Área total do ambiente x Altura do pé direito = 778,69 m³;

- Não há nenhum volume fixo significativo que deve ser subtraído do volume total;

- Concentração de agente: Será usado o valor de 11,3 %, pois se caso ocorra o incêndio e haja um vazamento do hidrocarboneto a quantidade seja suficiente;

- Quantidade de agente: Volume total do ambiente x multiplicador = 443,50 kg;

A elaboração do rascunho foi feita levando em conta as seguintes escolhas do projetista:

- Após uma análise prévia quanto a geometria do ambiente, os difusores a serem utilizados serão do tipo 180°;

- Serão utilizados 3 difusores para atender o ambiente inteiro;

- Só haverá um nível de difusores em relação a altura do teto;

- Os difusores estarão a uma altura de 1,25 m da saída do cilindro, com o cilindro de altura 1,24 m e os difusores instalados logo abaixo do teto;

- A relação de divisão utilizada foi do tipo *Bullhead* e *Side Thru*. A partir dos cálculos iniciais realizados das áreas de abrangência dos difusores a melhor distribuição foi o primeiro difusor atendendo a um terço do ambiente ramificado por uma divisão *Side Thru*, e os outros dois difusores localizados a dois terços do comprimento do ambiente em relação ao cilindro dispostos no arranjo *back to back*.

A disposição do rascunho inicial é mostrado na representação da planta do ambiente da figura 8.3:

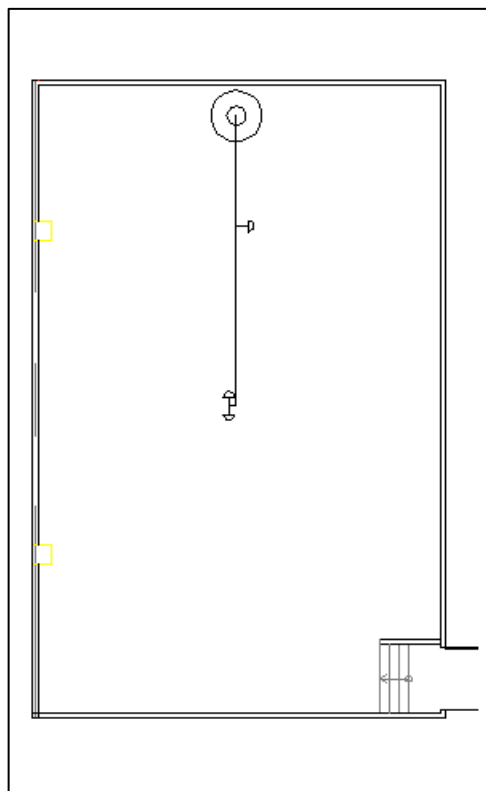


Figura 8.3 – Representação da rede de tubulação no ambiente

8.4 CÁLCULOS DE PROJETO

A seguir serão apresentados os cálculos que deverão ser feitos para aplicação de fatores de correção ou condições de projeto que levarão a determinação do diâmetro da rede de tubulação e se o posicionamento desta rede no rascunho inicial pode ser mantido ou deverá sofrer alguma alteração.

- Fator de projeto para “tê”: 0;

- O fator de correção de altitude adotado será o determinado na norma para a altitude de Brasília, onde estará localizado o ambiente. A altitude de Brasília varia de 1000 a 1200 metros acima do nível do mar segundo fontes do IBGE. A altitude deste ambiente é de 1150 metros acima do nível do mar.

- O tempo máximo para descarga do agente no ambiente será de 10 segundos.

- Este ambiente é atendido por sistema de ventilação para manter uma temperatura de conforto de 23°C;

- Serão instalados seis cilindros envazados com agente limpo três principais e três reservas. Sendo que os cilindros reservas só serão utilizados quando os principais estiverem sem carga ou quando ocorrer algum imprevisto na ativação dos cilindros principais.

Afim de otimizar os cálculos será utilizado um software específico para projetos de sistema de supressão de incêndios que utilizam agentes limpos. Aplicando todas as decisões e os cálculos já realizados no programa foi obtido um relatório com as seguintes conclusões:

Tabela 8.1 – Cálculo da concentração máxima e quantidade de agente

Máxima concentração de agente	11,3 % a 23°C
Quantidade de agente para difusor 180°	147,8 kg

Tabela 8.2 – Dimensionamento dos cilindros principais e reservas

Tipo de cilindro	Vertical de 650 libras
Tipo de <i>manifold</i>	Central (Cilindro principal a esquerda e cilindro reserva a direita)
Densidade do agente no interior do cilindro	554,2 kg/m ³
Peso do cilindro	159 kg
Área do cilindro	0,29 m ²

Tabela 8.3 – Dimensionamento da rede de tubulação

Ponto Inicial	Ponto final	Comprimento	Diâmetro	Tipo	Conexão Side Thru	Conexão Bullhead	Conexão 90°	Comprimento equivalente	Pressão inicial	Pressão final	Taxa de fluxo
1	2	1,24 m	80 mm	SCH 40 T				10,64 m	1958 kPa	1924 kPa	14,8 kg/s
2	3	0,76 m	100 mm	SCH 40 T			1	3,83 m	1924 kPa	1924 kPa	14,8 kg/s
3	4	0,61 m	100 mm	SCH 40 T	1			2,65 m	1917 kPa	1917 kPa	29,6 kg/s
4	5	0,30 m	100 mm	SCH 40 T	1			2,35 m	1910 kPa	1910 kPa	44,4 kg/s
5	6	1,25 m	80 mm	SCH 40 T		1		5,93 m	1813 kPa	1813 kPa	44,4 kg/s
6	7	3,80 m	80 mm	SCH 40 T			1	6,14 m	1758 kPa	1758 kPa	44,4 kg/s
7	8	7,70 m	65 mm	SCH 40 T	1		1	10,84 m	1758 kPa	1593 kPa	29,6 kg/s
7	101	0,20 m	40 mm	SCH 40 T		1	1	3,88 m	1593 kPa	1531 kPa	14,8 kg/s
8	102	0,20 m	50 mm	SCH 40 T		1	1	4,93 m	1593 kPa	1551 kPa	14,8 kg/s
8	103	0,20 m	50 mm	SCH 40 T		1	1	4,93 m	1593 kPa	1551 kPa	14,8 kg/s

Tabela 8.4 – Dimensionamento dos difusores

Número	Diâmetro	Tipo	Diâmetro da furação
101	40 mm - SCH 40	180°	0,5156 polegadas
102	50 mm - SCH 40	180°	0,5156 polegadas
103	50 mm - SCH 40	180°	0,5156 polegadas

- Tempo total de descarga do agente: 9,59 s.

8.5 PROJETO EXECUTIVO

8.5.1 Desenhos em planta

Os desenhos em planta serão apresentados de acordo com a disposição apresentada no diagrama unifilar e no isométrico do sistema.

8.5.2 Memorial de Cálculo

O sistema de Supressão de Incêndio tem por objetivo garantir proteção contra o fogo ao ambiente. O sistema foi projetado e dimensionado de modo a atender aos critérios descritos na norma NPFA 2001. Alguns critérios adotados estão listados abaixo:

- O fator de correção de altitude adotado será o determinado na norma para a altitude de Brasília, onde estará localizado o ambiente. A altitude de Brasília varia de 1000 a 1200 metros acima do nível do mar segundo fontes do IBGE. A altitude deste ambiente é de 1150 metros acima do nível do mar.

- O tempo máximo para descarga do agente no ambiente será de 10 segundos.

- Este ambiente é atendido por sistema de ventilação para manter uma temperatura de conforto de 23°C;

- Serão instalados seis cilindros envazados com agente limpo três principais e três reservas. Sendo que os cilindros reservas só serão utilizados quando os principais estiverem sem carga ou quando ocorrer algum imprevisto na ativação dos cilindros principais.

Os cálculos iniciais foram realizados manualmente, a otimização dos cálculos para dimensionamento do diâmetro da tubulação, dos difusores e seus orifícios, e dos cilindros foi feita com o uso do software Ecaro 25.

◆ DIMENSIONAMENTO

Antes de dimensionar a tubulação e os difusores foram feitos os seguintes cálculos e tomadas algumas decisões de projeto. Todos esses valores e informações abaixo serão utilizados como dados de entrada para o software realizar o restante dos dimensionamentos:

- Área total do ambiente: 251,19 m²

- Altura do pé direito: 3,10 m

- No ambiente estão instalados chillers que atendem sistemas de refrigeração, rede de tubulação em aço que liga os equipamentos ao restante do sistema de refrigeração e bombas elétricas;

- Não há obstáculos físicos como vigas ou paredes que possam afetar a distribuição correta do agente. Os únicos obstáculos que existem no ambiente é a tubulação do sistema de refrigeração, mas suas dimensões não comprometem a descarga do agente;

- Os cilindros ficarão instalados no interior do ambiente em um local a ser indicado nas decisões de projeto;

- Classe de incêndio dos riscos a serem protegidos: B.

- O agente a ser utilizado neste ambiente será do tipo halocarbono.

- A rede de tubulação deste ambiente será instalada no teto, como se trata de uma sala de máquinas em que não há forro e outras tubulações já estão expostas, a tubulação de incêndio também ficará exposta.

- Volume total do ambiente: Área total do ambiente x Altura do pé direito = 778,69 m³;

- Não há nenhum volume fixo significativo que deve ser subtraído do volume total;

- Concentração de agente: Será usado o valor de 11,3 %, pois se caso ocorra o incêndio e haja um vazamento do hidrocarboneto a quantidade seja suficiente;

- Quantidade de agente: Volume total do ambiente x multiplicador = 443,5 kg;

A elaboração do rascunho foi feita levando em conta as seguintes escolhas do projetista:

- Após uma análise prévia quanto a geometria do ambiente, os difusores a serem utilizados serão do tipo 180°;

- Serão utilizados 2 difusores para atender o ambiente inteiro;
- Só haverá um nível de difusores em relação a altura do teto;
- Os difusores estarão a uma altura de 1,25 m da saída do cilindro, com o cilindro de altura 1,24 m e os difusores instalados logo abaixo do teto;
- A relação de divisão utilizada foi do tipo *Bullhead* e *Side Thru*. A partir dos cálculos iniciais realizados das áreas de abrangência dos difusores a melhor distribuição foi o primeiro difusor atendendo a um terço do ambiente ramificado por uma divisão *Side Thru*, e os outros dois difusores localizados a dois terços do comprimento do ambiente em relação ao cilindro dispostos no arranjo *back to back*.

A seguir são apresentados os resultados dos dimensionamentos da tubulação, do cilindro e dos difusores:

- Máxima concentração de agente: 11,3 % a 23°C;
- Quantidade de agente para difusor 180°: 147,8 kg;
- Tipo de cilindro: Vertical de 650 libras
- Tipo de manifold: Central (Cilindro principal a esquerda e cilindro reserva a direita)
- Densidade do agente no interior do cilindro: 554,2 kg/m³
- Peso do cilindro: 159 kg
- Área do cilindro: 0,29 m²

Tabela 8.5 – Dimensionamento das tubulações

Ponto Inicial	Ponto final	Comprimento	Diâmetro	Tipo	Conexão Side Thru	Conexão Bullhead	Conexão 90°	Comprimento equivalente	Pressão inicial	Pressão final	Taxa de fluxo
1	2	1,24 m	80 mm	SCH 40 T				10,64 m	1958 kPa	1924 kPa	14,8 kg/s
2	3	0,76 m	100 mm	SCH 40 T			1	3,83 m	1924 kPa	1924 kPa	14,8 kg/s
3	4	0,61 m	100 mm	SCH 40 T	1			2,65 m	1917 kPa	1917 kPa	29,6 kg/s
4	5	0,30 m	100 mm	SCH 40 T	1			2,35 m	1910 kPa	1910 kPa	44,4 kg/s
5	6	1,25 m	80 mm	SCH 40 T		1		5,93 m	1813 kPa	1813 kPa	44,4 kg/s
6	7	3,80 m	80 mm	SCH 40 T			1	6,14 m	1758 kPa	1758 kPa	44,4 kg/s
7	8	7,70 m	65 mm	SCH 40 T	1		1	10,84 m	1758 kPa	1593 kPa	29,6 kg/s
7	101	0,20 m	40 mm	SCH 40 T		1	1	3,88 m	1593 kPa	1531 kPa	14,8 kg/s
8	102	0,20 m	50 mm	SCH 40 T		1	1	4,93 m	1593 kPa	1551 kPa	14,8 kg/s
8	103	0,20 m	50 mm	SCH 40 T		1	1	4,93 m	1593 kPa	1551 kPa	14,8 kg/s

Tabela 8.6 – Dimensionamento dos difusores

Número	Diâmetro	Tipo	Diâmetro da furação
101	40 mm - SCH 40	180°	0,5156 polegadas
102	50 mm - SCH 40	180°	0,5156 polegadas
103	50 mm - SCH 40	180°	0,5156 polegadas

- Tempo total de descarga: 9,59 s.

♦ ISOMÉTRICOS

Uma representação isométrica do posicionamento dos cilindros, tubulações e difusores é mostrada na figura 8.4.

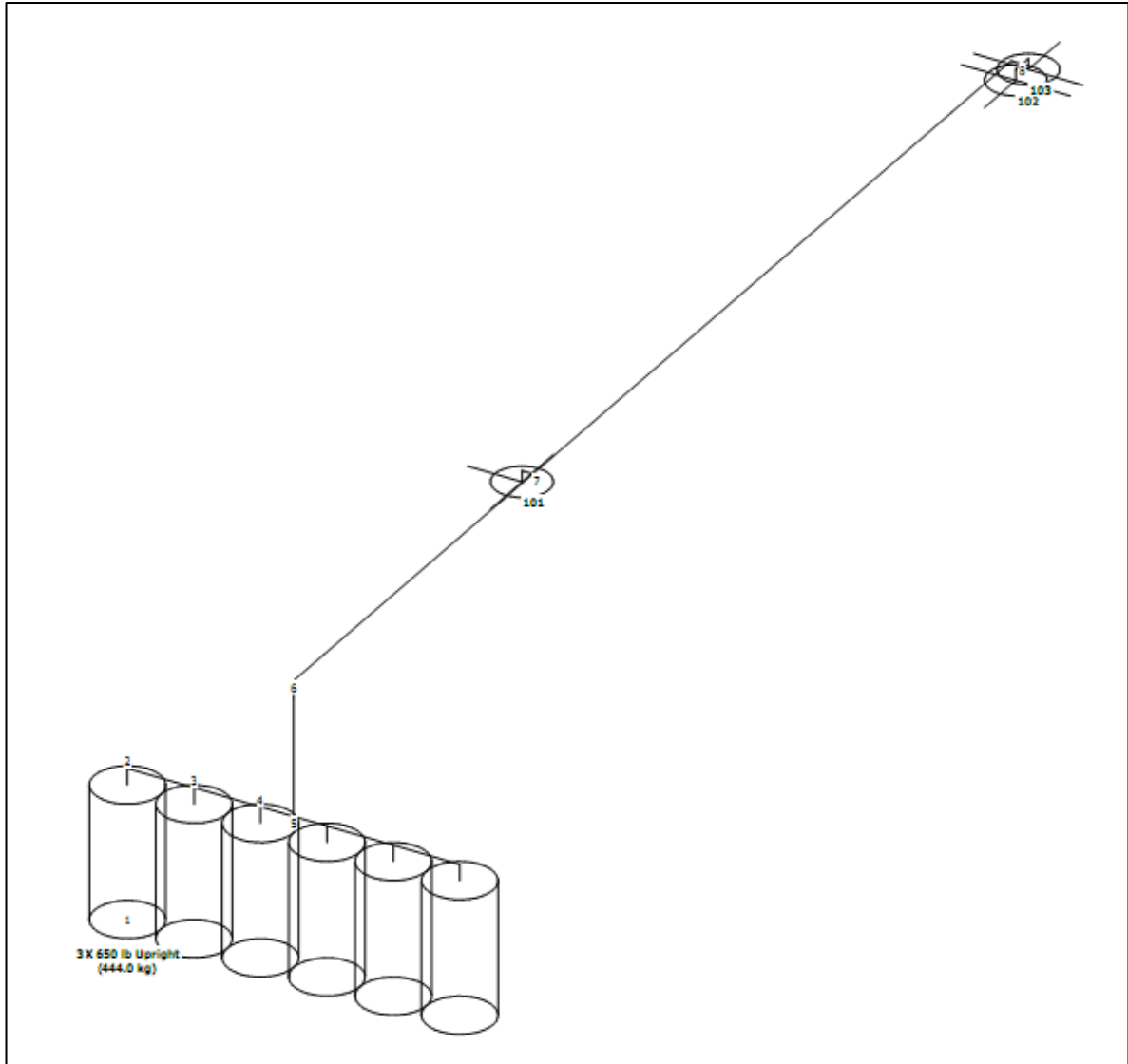


Figura 7.4 – Representação isométrica da rede de tubulação

8.5.3 Memorial Descritivo

O presente relatório tem por objetivo apresentar o descritivo funcional do sistema de supressão de incêndio com agente limpo da Sala de Máquinas de Refrigeração.

♦ DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema de supressão de incêndio com agente limpo tem por objetivo assegurar que o ambiente fique protegido contra o fogo. A descarga do agente durante uma situação de incêndio combaterá as

chamas no tempo máximo de 10 segundos e preservará a integridade física dos ocupantes do local por até cinco minutos.

A estrutura do sistema será composta por seis cilindros de armazenamento do agente, uma rede de tubulação, três difusores, além de todos os itens complementares para conexões da tubulação e do cilindro. Haverá um sistema de controle e alarme integrado ao sistema de acionamento do cilindro, sendo esses sistemas não especificados neste relatório.

O mecanismo de supressão do incêndio ocorre da seguinte forma: Os detectores detectam o início do fogo e enviam um sinal ao sistema de alarme, o sistema de alarme enviará um sinal ao sistema de controle que interligado ao sistema de acionamento do cilindro descarrega o agente para a tubulação. Após percorrer a tubulação o agente será distribuído no ambiente através das saídas localizadas nos difusores. Essa distribuição será realizada por três difusores do tipo 180° que estarão instalados a um terço do comprimento total do ambiente do cilindro e a dois terços do cilindro. A tubulação passará pelo teto, obedecendo a distribuição do tipo *Side Thru* para o primeiro difusor e *Bullhead* para o segundo e terceiro difusores. O ambiente deverá ser mantido fechado durante todo o processo para garantir a eficiência do agente.

A sala de máquinas é dotada por um sistema de ventilação para dissipação do hidrocarboneto no caso de vazamento, portanto para manter o ambiente fechado durante a descarga do agente limpo, este sistema de ventilação terá seu fechamento controlado por um sistema de automação. Este sistema será interligado com o sistema de detecção de incêndio, assim que for detectado o princípio de incêndio, o sistema de ventilação será automaticamente fechado.

8.5.4 Lista de materiais

Descrição dos componentes	Quantidade	Unidade
Tubo de aço carbono SCH 40 T, diâmetro 80 mm	5,05	m
Tubo de aço carbono SCH 40 T, diâmetro 65 mm	7,70	m
Tubo de aço carbono SCH 40 T, diâmetro 50 mm	0,10	m
Tubo de aço carbono SCH 40 T, diâmetro 40 mm	0,10	m
Cilindro de 650 lb, com saída na parte superior, posição vertical, diâmetro 60,96 cm e comprimento 124 cm.	6	un.
Difusores de alumínio de 40 mm de diâmetro SCH 40 T, do tipo 180° e orifícios de diâmetro 0,5156 polegadas.	1	un.
Difusores de alumínio de 50 mm de diâmetro SCH 40 T, do tipo 180° e orifícios de diâmetro 0,5156 polegadas.	2	un.
Conexão 90° de aço carbono com 40, 50, 65 e 80 mm de diâmetro SCH 40 T	4	un.
Tê de aço carbono com 65 e 80 mm de diâmetro SCH 40 T	2	un.

8.5.5 Manual de Operação e Manutenção

O sistema será operado remotamente, sendo que seu acionamento será automático. Instalado juntamente com ele haverá um sistema de detecção, alarme e controle do acionamento. Portanto deverá ser instalado no ambiente, detectores de incêndio interligados a um alarme que soará para dar o alerta aos ocupantes do ambiente. Estes detectores enviarão também um sinal ao sistema de controle que acionará automaticamente o operador da válvula de impulso, que ao ser acionada rompe o disco de ruptura que libera o agente limpo armazenado no cilindro.

Entre os seis cilindros, principais e reservas, haverá uma válvula instalada que os interligam. Essa válvula permite que apenas um cilindro seja acionado por vez. Se o cilindro principal for acionado e funcionar corretamente, o cilindro reserva não será acionado durante a operação de supressão do incêndio. A saída desta válvula é que se ligará a tubulação de descarga do agente. Após o agente passar pela tubulação ele será esgotado através dos orifícios dos difusores no ambiente.

No ambiente deverão ser instaladas placas de aviso informando sobre a presença do sistema e quais devem ser os procedimentos a serem tomados pelos ocupantes do ambiente. Ainda devem ser indicadas saídas de emergência e ser instalado um alarme sonoro. No caso de falha do sistema de acionamento, uma pessoa deverá estar treinada para acionar o sistema manualmente, acionando o botão que pressiona a válvula de impulso.

A respeito da manutenção do sistema, deverão ser programas rotinas de manutenções preventivas, sendo elas:

- Verificação do manômetro do cilindro para detectar vazamentos ou para reconhecer quando o cilindro está submetido a temperaturas de armazenamento fora da faixa determinada;
- Verificação de válvulas, conexões e principalmente das tubulações para detecção de possíveis vazamentos;
- Inspeção visual para evitar o acúmulo de qualquer elemento nos orifícios dos difusores que possa impedir a dispersão correta do agente limpo;
- Verificar se o sistema de controle, detecção e alarme está ligado e funcionando corretamente.

As manutenções corretivas devem ser feitas no menor tempo possível pois se ocorrer um incêndio, que é um fato imprevisível, o sistema tem que estar funcionando corretamente. Toda e qualquer manutenção deve ser realizada por técnicos especializados. E qualquer problema apresentado pelo cilindro deve ser informado ao fabricante para as devidas correções.

Recomenda-se que sistemas instalados e não utilizados a mais de três anos, devem passar por um acionamento programado como parte das atividades de manutenção. Deve ser feito para testar o funcionamento correto principalmente da rede de tubulação e dos difusores. E para realizar um procedimento de limpeza da parte interna dos tubos que podem estar sofrendo com a corrosão.

9. CONCLUSÕES

9.1 RECOMENDAÇÕES GERAIS

O agente se apresenta como uma alternativa para a substituição de diversos outros agentes supressores do fogo de forma segura. Mesmo assim o ambiente deve estar coberto por uma equipe de apoio composta por uma corporação de bombeiros que podem ser acionados a qualquer hora do dia, afim de contribuir com a correta evacuação do local, isolamento da área afetada e auxiliar no combate ao fogo caso ocorra uma situação não prevista, e o incêndio não estiver totalmente extinto. A equipe de apoio também deve ser composta por uma equipe de brigadistas que fique a disposição do estabelecimento ou órgão público que abriga o sistema instalado. Esta equipe deve estar treinada para realizar uma evacuação segura do local e evitar pânico das pessoas que ainda estiverem presentes no ambiente no momento da descarga do agente. Pois a alta velocidade de descarga faz com que o ruído gerado pelo fluido no interior da tubulação seja intenso, o que pode assustar mais ainda as pessoas, que já estão preocupadas com os efeitos do incêndio. Precisam receber treinamento básico sobre o funcionamento do sistema, para que retirem os ocupantes do local antes do tempo limite de cinco minutos, caso o agente já tenha sido descarregado, e estejam preparadas no caso de necessidade em se acionar o sistema manualmente. Equipamentos de proteção individual como máscaras específicas devem estar disponíveis aos brigadistas que necessitem entrar no local incendiado após o tempo limite, afim de evitar o contato direto com atmosfera com os produtos formados pela decomposição do agente e da combustão dos materiais atingidos pelo fogo.

A sinalização visual e sonora além de ser obrigatória é de fundamental importância para informar aos ocupantes que o ambiente é protegido por um sistema fixo de combate a incêndio e que ele será acionado rapidamente. E que o local deve ser evacuado ao se ouvir o sinal sonoro e que após a aplicação do agente, as pessoas devem sair no prazo máximo estipulado pela norma. Todas estas informações devem estar em placas de sinalização visual distribuídas pelo ambiente.

Como foram apresentados, os agentes do tipo halocarbonos contribuem para o efeito de aquecimento global, enquanto os do tipo gases inertes não contribuem. A maioria dos sistemas já instalados no mundo e o mercado que mais cresce são de sistemas que utilizam halocarbonos. Isto se deve a quantidade de gás inerte que é necessário para um ambiente, que é muito maior que a de halocarbono, o que aumenta a infraestrutura e os custos do sistema. Este impacto ambiental é minimizado pela pouca quantidade de agente halocarbono que se necessita para fazer a supressão total do fogo no ambiente. E também pelo fato que um sistema como esse pode passar anos sem ser acionado. Então a quantidade de agente halocarbono liberado na atmosfera por ano é muito pequena em relação a quantidade que é envasado no mesmo período.

Alguns projetos devem contar com um cilindro reserva, por questões de segurança, principalmente nos ambientes em que estão alocados equipamentos de alto valor, e obras de arte e documentos de valor inestimável. Ele deve assegurar que se por algum motivo o cilindro principal esteja descarregado, o sistema continuará cumprindo sua função de suprimir o fogo. E no caso de falta de manutenção preventiva e de um sistema de controle que detecte que alguns dos cilindros esteja com as pressões de trabalho fora das condições normais, o que ocasionaria a queda da eficiência quando fosse acionado, o cilindro reserva poderia ser acionado sem causar problemas. Para isso são instaladas válvulas nas saídas dos cilindros que selecionarão qual deles será acionado e bloqueará o funcionamento do outro para não haver desequilíbrio da quantidade de agente que deve ser descarregada.

O sistema ainda tem alto custo de instalação, o que ainda é uma barreira para sua disseminação pelo mundo. Mas se calculado o investimento em relação aos benefícios é possível perceber que o gasto compensa. O alto custo inicial se torna pequeno ao se pensar que o sistema será acionado poucas vezes durante sua vida útil e principalmente porque ele irá proteger bens de alto valor agregado e outros de valores inestimáveis de forma segura e sem deixar resíduos. Se forem feitos os cálculos, por exemplo, de quanto será o prejuízo com danos a um equipamento eletrônico sensível que tenha sido atacado por um foco de incêndio que não é extinto em segundos e se espalha pelo equipamento, ou quando o agente extintor libera resíduos que penetram nos componentes eletrônicos causando danos irreversíveis, o valor se torna muito maior do que o que foi gasto na instalação e envase do agente. Portanto é melhor fazer um investimento inicial alto, do que gastar tanto para recuperar equipamentos ou ver uma obra de arte destruída por resíduos de agentes extintores.

Sistemas de detecção e acionamento devem ser instalados, pois garantem que o incêndio seja detectado e rapidamente combatido no menor prazo possível. Garantindo que o sistema seja acionado de forma correta.

Para projetar um sistema é recomendável o uso de um método de cálculo computacional, através de um software específico para o agente. Pois estes programas realizam os cálculos de forma precisa e tem vantagem de apontar ao projetista que a rede de tubulação e distribuição dos difusores não é a mais eficiente ou não está cumprindo alguma limitação de projeto. Além de diminuir o tempo gasto com a realização destes cálculos, agilizando o projeto, sem diminuir a importância do projetista no processo.

Os projetos devem ser submetidos a aprovação dos órgãos competentes como os Conselhos Regionais de Engenharia. Por isso é responsabilidade do engenheiro a escolha de todos os parâmetros do projeto e a responsabilidade de aprovação de todos os serviços executados pelo projetista, para garantir que o projeto é eficiente e seguro, e atende as normas de padronização e regulamentação. E a instalação deve receber aprovação da corporação de Bombeiros Militares do estado para entrar em funcionamento. Por isso várias corporações do país que já tem normas internas que regulamentam os

requisitos para a aprovação de sistemas com agente limpo..

9.2 CONCLUSÃO FINAL

A metodologia foi apresentada para que seja utilizada como um guia para que projetistas possam usá-la como referência para o desenvolvimento de seus projetos. O fluxograma apresentado compila os principais passos a serem seguidos pelo projetista, e indica através de uma numeração idêntica a dos tópicos do texto onde serão explicados cada um dos passos.

Cada um dos tópicos do texto que explicam os passos do fluxograma foram divididos de forma que o projetista possa tomar as decisões de projeto e fazer os cálculos de forma organizada e na ordem correta. Todos esses passos obedecem a norma NFPA 2001. O uso de um software de cálculo foi necessário para mostrar como os dimensionamentos de tubulação e difusores podem ser otimizados para respeitar os limites de projeto. O software só foi utilizado para os cálculos e otimizações citados acima, sendo papel do projetista tomar as principais decisões e dimensionar a mão livre todo o projeto inicial e os comprimentos da rede de tubulação.

Para testar a eficiência da metodologia foram analisados quatro casos de estudo. O fluxograma da metodologia foi importante neste análise, pois deixou claro que o sistema deveria ser descartado em dois dos casos porque eles não atendiam as viabilidades. Se não for atendida a viabilidade técnica, o sistema deve ser logo descartado, a respeito da viabilidade econômica depende muito sobre o que o cliente considera de bens de valor e quanto ele está disposto a desembolsar por um sistema com vantagens importantes.

Os dois casos de estudo viáveis demonstraram que o sistema é relativamente pequeno, pois não necessita de muitos materiais e nem de muita infra-estrutura de instalação, pois a área de abrangência de cada um dos difusores é bem grande. Os documentos do projeto executivo puderam ser elaborados a partir dos passos apontados no desenvolvimento da metodologia.

Em trabalhos futuros alguns tópicos poderiam ser aprofundados como: a criação de uma proposta de norma brasileira para este tipo de sistema, pois esta solução está sendo adotada cada vez mais no nosso país e os projetos ainda dependem da normatização americana; a ampliação do número de casos de estudo utilizando ambientes com riscos de incêndio diferentes dos analisados; uma análise mais profunda da relação custo/ benefício entre o sistema de agente limpo e outros sistemas, e entre os próprios agentes limpos que são indicados para os mesmos riscos de incêndio; e o desenvolvimento de um sistema de automação que indica a quantidade de agente necessária para eliminar o foco de incêndio sem necessitar de toda a carga do cilindro, pois no caso de um local em que há mudança no volume útil, como por exemplo um armazem de cargas, a concentração de agente a ser descarregado varia quando o ambiente está vazio ou quando está repleto de carga, e essa mudança pode levar um aumento da concentração a ponto de prejudicar a saúde das pessoas que estão no ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Altaseg, 2011. Site disponível em: <www.altaseg.com.br>. Acesso em: 03/06/2011.

Ample Sistemas, 2011. Site disponível em: <www.ample.com.br>. Acesso em: 03/06/2011.

Carros de Bombeiro, 2010. Site disponível em: <www.carrosdebombeiro.blogspot.com>. Acesso em: 01/11/2011.

Central Gás, 2011. Site disponível em: <www.centralgas.blogspot.com>. Acesso em: 01/11/2011.

Diálogo Diário de Saúde e Segurança, 2011. Site disponível em: <www.dialogodeseguranca.blogspot.com>. Acesso em: 03/06/2011.

DUPONT DO BRASIL. **FAMÍLIA DE AGENTES EXTINTORES LIMPOS FE: A SOLUÇÃO NA EXTINÇÃO E NA PREVENÇÃO CONTRA O FOGO.** Disponível em: <http://www2.dupont.com/Brazil_Country_Site/pt_BR/> . Acesso: 10/12/2010.

Fike Latina, 2011. **APOSTILA DE TREINAMENTO – SISTEMA DE SUPRESSÃO COM AGENTE LIMPO.** Fire Supression Solutions. Jundiaí, Maio de 2011.

Manual P/N 06-431. FIKE CORPORATION, **P/N 06-431:** Equipment, Design e Service Manual, 1.ed. Missouri, FIKE, 2010.

NFPA 2001, NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 2001:** Standard on Clean Agent Extinguishing Systems. Massachusetts: NFPA, 2004.

OJ Extintores, 2011. Site disponível em: <www.portuguese.alibaba.com>. Acesso em: 03/06/2011.

Pereira e Araujo Junior. Pereira, AG., Araujo Junior, C.F. **ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA PARA O EXERCÍCIO DAS ATIVIDADES DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS.** Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente, SENAC, São Paulo, 2006.

RCC INCÊNDIOS, **INERGEN - FIRE EXTINGUISHING AGENT.** Ansul Fire Protection, 2011.

Roque, M.O. **SISTEMAS FIXOS DE COMBATE A INCÊNDIO,** Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2007.

Senecal, J.A. **FLAME EXTINGUISHING BY INERT GASES: THEORETICAL & EXPERIMENTAL ANALYSIS.** Kidde Fenwal Inc., Massachusetts, 2010.

SEPREVE – Equipamentos de Proteção e Segurança. **EXTINÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIOS POR GASES INERTES.** Disponível em: <www.sepreve.pt>. Acesso em: 20/01/2011.

Tryeger, B. **UNDERSTANDING AND DESIGNING YOUR DATA CENTER FIRE PROTECTION SYSTEMS,** HP Critical Facilities Services, New York, SFPE, 2009.

ANEXOS

		Pág.
Anexo I	Cronograma	74
Anexo II	Desenho em planta da Sala de Processamento de Dados	75
Anexo III	Desenho de detalhe da Sala de Processamento de Dados	76
Anexo III	Desenho em corte da Sala de Processamento de Dados	77
Anexo IV	Desenho em planta do Acervo Darcy e Berta	78
Anexo V	Tabelas extraídas da norma NFPA 2001	80

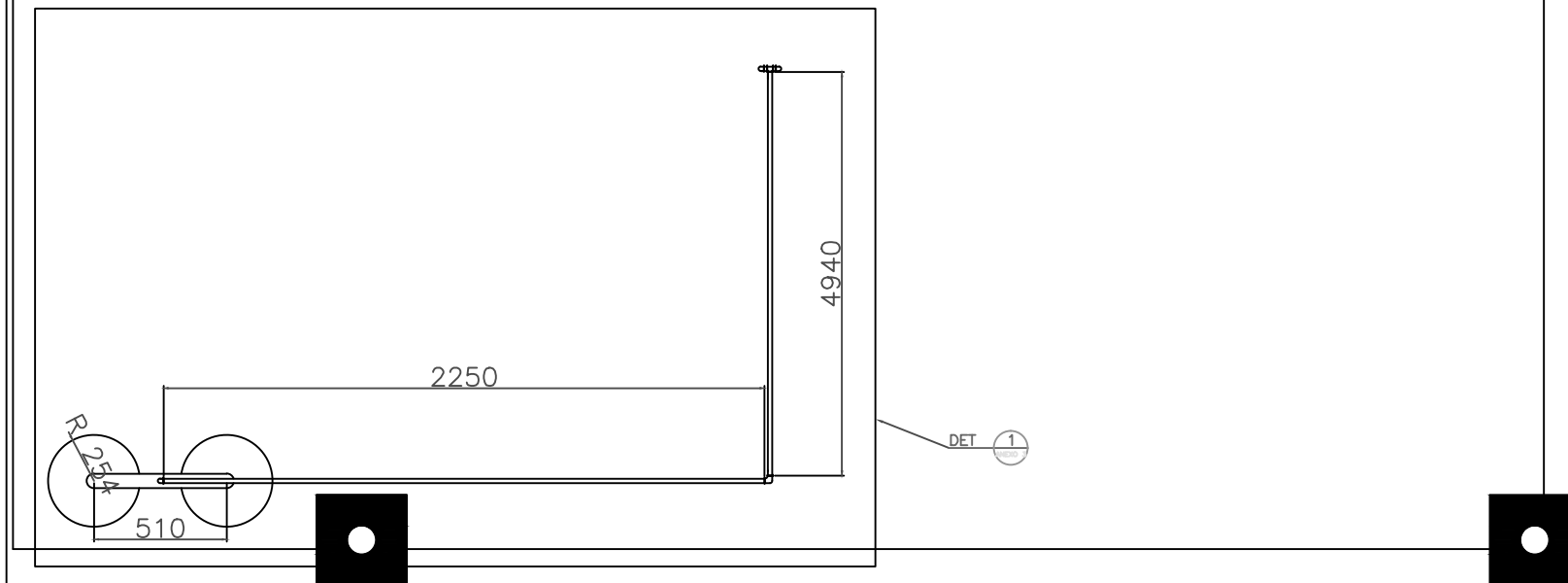
ANEXO I

Cronograma de atividades a serem desenvolvidas durante as etapas de Projeto de Graduação 1 e 2.

	março-11	abril-11	maio-11	junho-2011
Elaboração da proposta de Projeto de Graduação				
Revisão bibliográfica				
Leitura da norma NFPA 2001				
Estruturação do relatório				
Revisão sobre os principais agentes extintores				
Pesquisa sobre os componentes do sistema				
Desenvolvimento da metodologia				
Seleção dos casos de estudo				
Elaboração do relatório				

	julho-11	agosto-11	setembro-11	outubro-11	novembro-11
Obtenção dos dados relativos a cada ambiente dos casos de estudo					
Elaboração dos projetos básicos do sistema					
Utilização de software específico para os cálculos de projeto					
Modelagem e otimização dos projetos					
Desenho das plantas de projeto em programa CAD					
Confecção do relatório					

SALA DE PROCESSAMENTO DE DADOS



PLANTA ELEV. 1080,0
1080,00

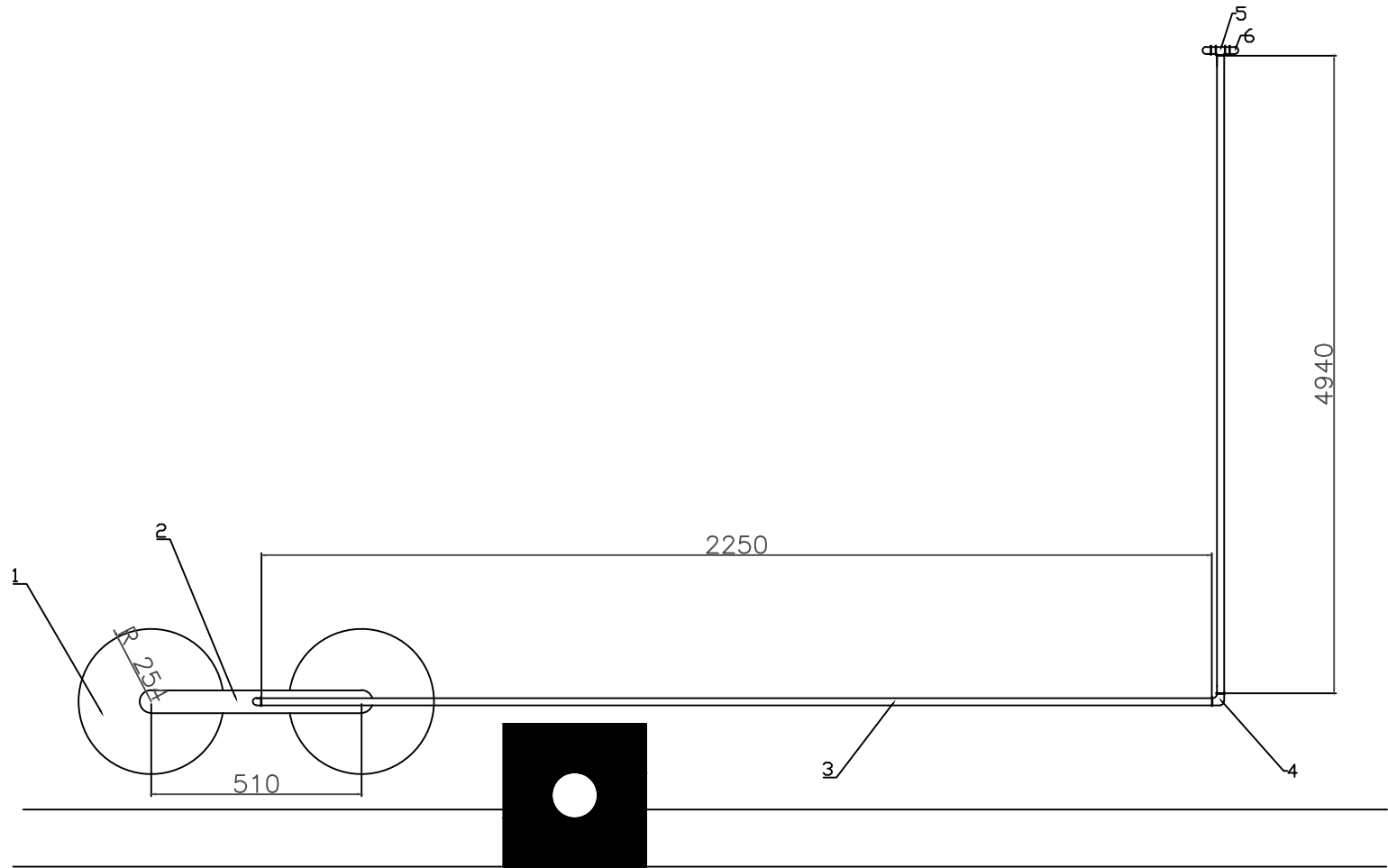
DESENHOS DE REFERÊNCIA

NOTAS

- 1-DIMENSÕES EM MILÍMETROS, MM EM METRO.
- 2-PARA VER DETALHE 1, CONSULTE ANEXO 3.
- 3-PARA LEGENDA, VER ANEXO 3.
- 4-PARA VER CORTE A, VER ANEXO 4.

SALA DE PROCESSAMENTO DE DADOS
SISTEMA DE SUPRESSÃO DE INCÊNDIO COM AGENTE LIMPO
PLANTAS

ESC. INDICADA	DES. No.	FL.
---------------	----------	-----



PLANTA ELEV. 1100.0

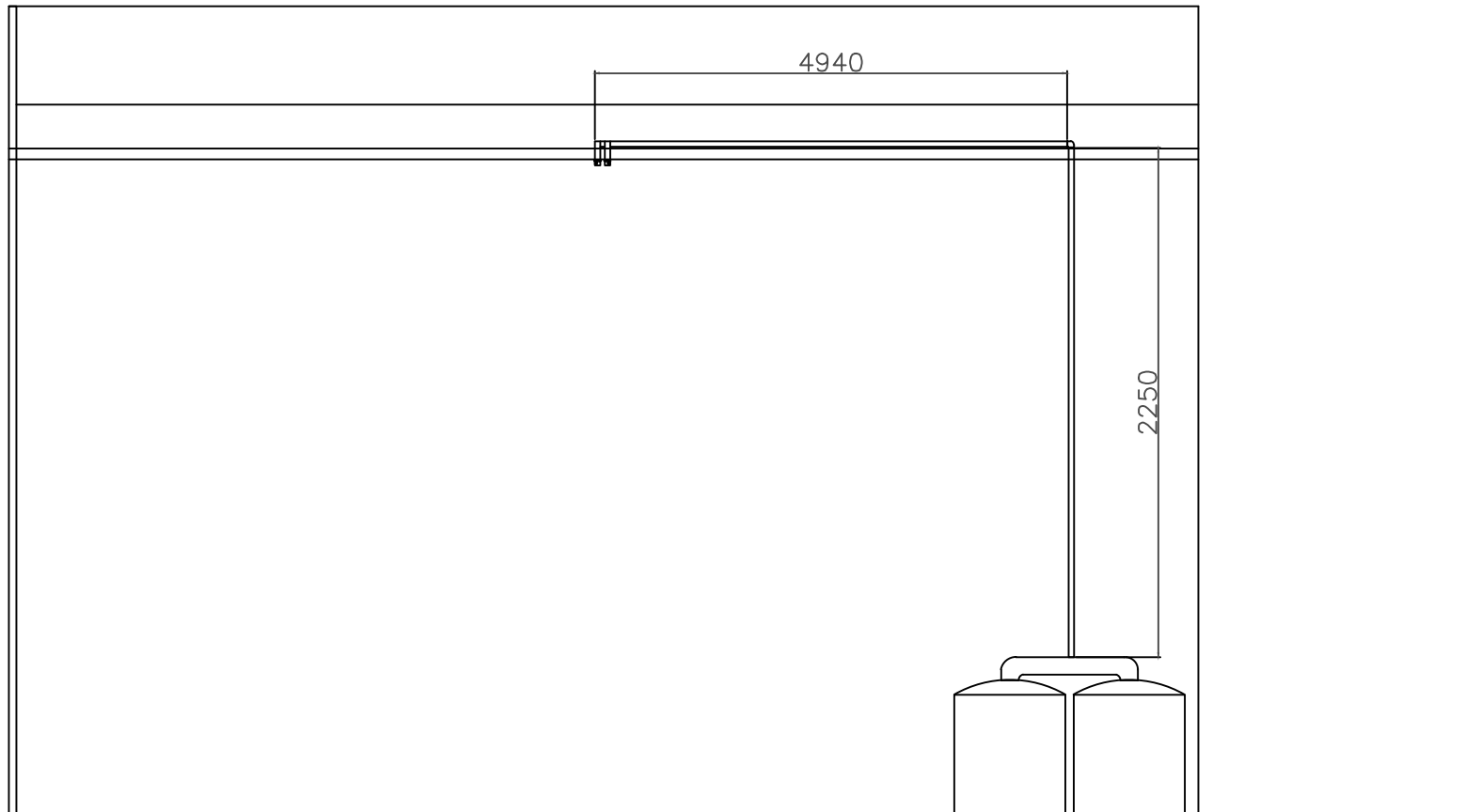
LEGENDA

- 1-CILINDRO 180 LB. VERTICAL.
- 2-TUBO DE AÇO CARBONO, DIÂMETRO 80 MM SCH 40 T.
- 3-TUBO DE AÇO CARBONO, DIÂMETRO 25 MM SCH 40 T.
- 4-CURVA 90° DE AÇO CARBONO, DIÂMETRO 25 MM SCH 40 T.
- 5-CONEÇÃO TIPO TB DE AÇO CARBONO, DIÂMETRO 25 MM SCH 40 T.
- 6-DEFUSOR TIPO 187, DIÂMETRO 25 MM SCH 40, GRIFADO DE DIÂMETRO 0,3750 POL.

NOTAS

- 1-DIMENSÕES EM MILÍMETROS, NUNCA EM METRO.
- 2-PARA VER PLANTAS, CONSULTE ANEXO 2.

SALA DE PROCESSAMENTO DE DADOS		
SISTEMA DE SUPRESSÃO DE INCÊNDIO COM AGENTE LIMPO		
DETALHE 1		
ESC. INDICADA	DES. No.	FL.



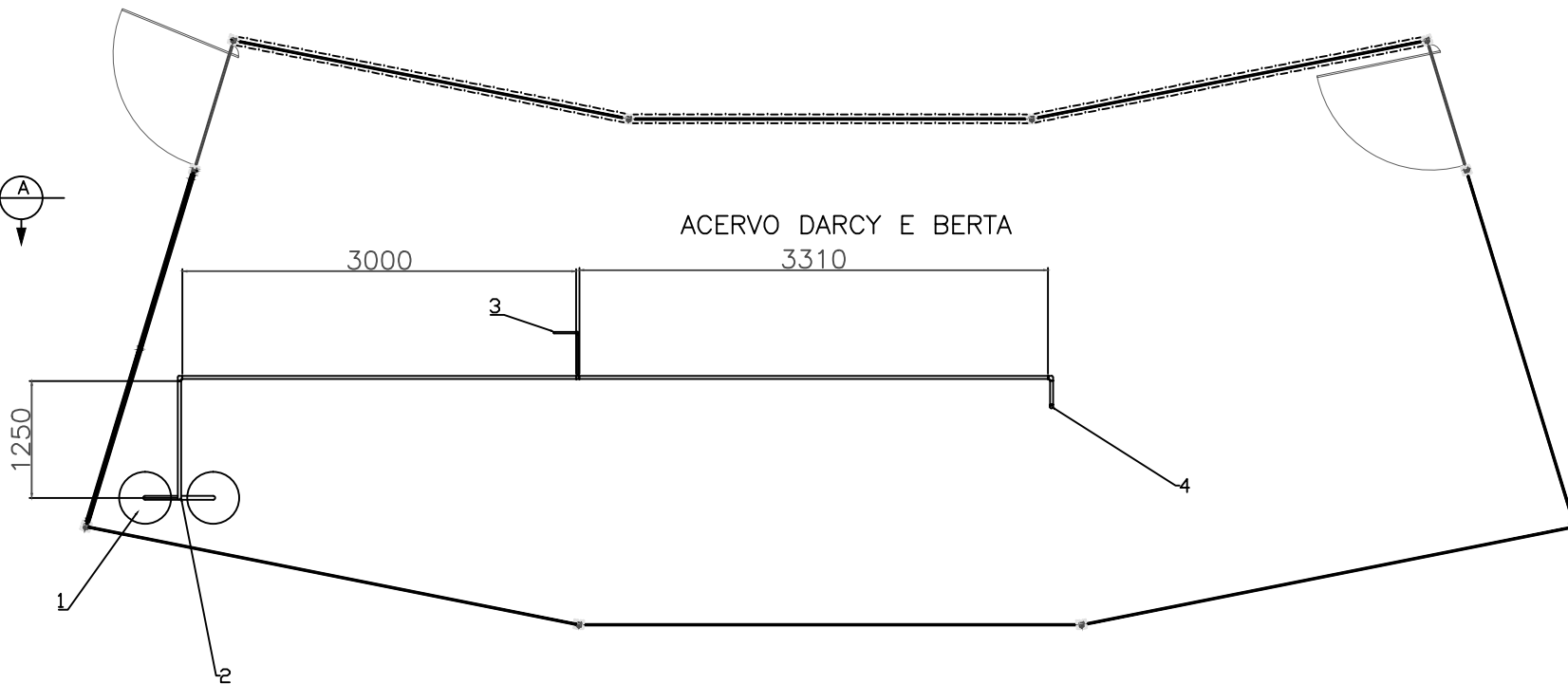
PLANTA ELEV. 1100,0
ESC. 1:100

NOTAS

- 1-DIMENSÕES EM MILÍMETROS, NÍVEIS EM METRO.
- 2-PARA VER PLANTA, CONSULTE ANEXO 2.

SALA DE PROCESSAMENTO DE DADOS
SISTEMA DE SUPRESSÃO DE INCÊNDIO COM AGENTE LIMPO
CORTE A

ESC. INDICADA	DES. No.	FL.
---------------	----------	-----



ACERVO DARCY E BERTA
3310

3000

1250

PLANTA ELEV. 1022.0

LEGENDAS
1-CLINDRIO 60 LB. VERTICAL. 2-TUBO DE AÇO CARBONO, DIÂMETRO 20 MM SCH 40 T. 1-DIFUSOR TIPO 180°, DIÂMETRO 18 MM SCH 40, ORIFÍCIO 0,1850 POL. 2-DIFUSOR TIPO 360°, DIÂMETRO 18 MM SCH 40, ORIFÍCIO 0,1130 POL.

NOTAS
1-DIMENSÕES EM MILÍMETROS, UNDES EM METRO. 2-PARA VER CORTE A, CONSULTE ANEXO B.

ACERVO DARCY E BERTA SISTEMA DE SUPRESSÃO DE INCÊNDIO COM AGENTE LIMPO PLANTA		
ESC. INDICADA	DES. No.	FL.

ANEXO II

FC-3-1-10	Perfluorobutane	C_4F_{10}
FK-5-1-12	Dodecafluoro-2-methylpentan-3-one	$CF_2CF_2C(O)CF(CF_3)_2$
HCFC Blend A	Dichlorotrifluoroethane	$CHCl_2CF_3$
	HCFC-123 (4.75%)	
	Chlorodifluoromethane	$CHClF_2$
	HCFC-22 (82%)	
	Chlorotetrafluoroethane	$CHClFCF_3$
	HCFC-124 (9.5%)	
	Isopropenyl-1-methylcyclohexene (3.75%)	
HCFC-124	Chlorotetrafluoroethane	$CHClFCF_3$
HFC-125	Pentafluoroethane	CHF_2CF_3
HFC-227ea	Heptafluoropropane	CF_3CHFCF_3
HFC-23	Trifluoromethane	CHF_3
HFC-236fa	Hexafluoropropane	$CF_3CH_2CF_3$
FIG-131I	Trifluoroiodide	CF_3I
IG-01	Argon	Ar
IG-100	Nitrogen	N_2
IG-541	Nitrogen (52%)	N_2
	Argon (40%)	Ar
	Carbon dioxide (8%)	CO_2
IG-55	Nitrogen (50%)	N_2
	Argon (50%)	Ar

Agentes limpos listados pela norma NFPA 2001

HFC-125 Concentration		Maximum Permitted Human Exposure Time (minutes)
% v/v	ppm	
7.5	75,000	5.00
8.0	80,000	5.00
8.5	85,000	5.00
9.0	90,000	5.00
9.5	95,000	5.00
10.0	100,000	5.00
10.5	105,000	5.00
11.0	110,000	5.00
11.5	115,000	5.00
12.0	120,000	1.67
12.5	125,000	0.59
13.0	130,000	0.54
13.5	135,000	0.49

Tempo máximo de exposição humana a concentrações do agente HFC-125 (NPFA 2001)

HFC-227ea Concentration		Maximum Permitted Human Exposure Time (minutes)
% v/v	ppm	
9.0	90,000	5.00
9.5	95,000	5.00
10.0	100,000	5.00
10.5	105,000	5.00
11.0	110,000	1.13
11.5	115,000	0.60
12.0	120,000	0.49

Tempo máximo de exposição humana a concentrações do agente HFC-227 (NPFA 2001)

Agent	NOAEL (%)	LOAEL (%)
FC-3-1-10	40	>40
FK-5-1-12	10.0	>10.0
HCFC Blend A	10.0	>10.0
HCFC-124	1.0	2.5
HFC-125	7.5	10.0
HFC-227ea	9.0	>10.5
HFC-23	30	>50
HFC-236fa	10	15

Informações sobre os índices NOAEL e LOAEL para agentes halocarbonos (NPFA 2001)

Property	Specification
Agent purity, mole %, minimum	99.0
Acidity, ppm (by weight HCl equivalent), maximum	3.0
Water content, % by weight, maximum	0.001
Nonvolatile residues, g/100 ml maximum	0.05

Requisitos de qualidade de agentes halocarbonos (NPFA 2001)

	IG-01	IG-100	IG-541	IG-55
Composition, % by volume	N ₂	Minimum 99.9%	52% ± 4%	50% ± 5%
	Ar	Minimum 99.9%	40% ± 4%	50% ± 5%
	CO ₂		8% + 1% - 0.0%	
Water content, % by weight	Maximum 0.005%	Maximum 0.005%	Maximum 0.005%	Maximum 0.005%

Requisitos de qualidade de gases inertes (NPFA 2001)

Agent	Agent Container Pressure at 70°F (21°C)		Agent Container Pressure at 130°F (55°C)		Minimum Design Pressure at 70°F (21°C) of Piping Upstream of Pressure Reducer	
	psig	kPa	psig	kPa	psig	kPa
IG-01	2,370	16,341	2,650	18,271	2,370	16,341
	2,964	20,436	3,304	22,781	2,964	20,436
IG-541	2,175	14,997	2,575	17,755	2,175	14,997
	2,900	19,996	3,433	23,671	2,900	19,996
IG-55	2,222	15,320	2,475	17,065	2,222	15,320
	2,962	20,423	3,300	22,753	2,962	20,423
IG-100	4,443	30,634	4,950	34,130	4,443	30,634
	2,404	16,575	2,799	19,299	2,404	16,575
	3,236	22,312	3,773	26,015	3,236	22,312
	4,061	28,000	4,754	32,778	4,061	28,000

Pressões mínimas de trabalho para projeto de tubulações de gases inertes (NPFA 2001)

Agent	Agent Container Maximum Fill Density (lb/ft ³)	Agent Container Charging Pressure at 70°F (21°C) (psig)	Agent Container Pressure at 130°F (55°C) (psig)	Minimum Piping Design Pressure at 70°F (21°C) (psig)
HFC-227ea	75	150	249	200
	72	360	520	416
	72	600	1025	820
FC-3-1-10	80	360	450	360
HCFC Blend A	56.2	600	850	680
	56.2	360	540	432
HFC 23	48	608.9*	1713	1371
	45	608.9*	1560	1248
	40	608.9*	1382	1106
	35	608.9*	1258	1007
	30	608.9*	1158	927
HCFC-124	74	240	354	283
HCFC-124	74	360	580	464
HFC-125	54	360	615	492
HFC 125	56	600	1045	836
HFC-236fa	74	240	360	280
HFC-236fa	75	360	600	480
HFC-236fa	74	600	1100	880
FK-5-1-12	90	360*	413	360

*Not superpressurized with nitrogen.

Pressões mínimas de trabalho para projeto de tubulações de agentes halocarbonos (NPFA 2001)

Equivalent Altitude		Enclosure Pressure		Atmospheric Correction Factor
ft	km	psia	mm Hg	
-3,000	-0.92	16.25	840	1.11
-2,000	-0.61	15.71	812	1.07
-1,000	-0.30	15.23	787	1.04
0	0.00	14.70	760	1.00
1,000	0.30	14.18	733	0.96
2,000	0.61	13.64	705	0.93
3,000	0.91	13.12	678	0.89
4,000	1.22	12.58	650	0.86
5,000	1.52	12.04	622	0.82
6,000	1.83	11.53	596	0.78
7,000	2.13	11.03	570	0.75
8,000	2.45	10.64	550	0.72
9,000	2.74	10.22	528	0.69
10,000	3.05	9.77	505	0.66

Fatores de correção de altitude (NPFA 2001)

	Units	HCFC								
		FC-3-1-10	FIC-131I	FK-5-1-12	Blend A	HCFC-124	HFC-125	HFC-227ea	HFC-23	HFC-236fa
Molecular weight	N/A	238.03	195.91	316.04	92.90	136.5	120	170	70.01	152
Boiling point at 760 mm Hg	°C	-2.0	-22.5	49	-38.3	-12.1	-48.5	-16.4	-82.1	-1.4
Freezing point	°C	-128.2	-110	-108	<107.2	-198.9	-103	-131	-155.2	-103*
Critical temperature	°C	113.2	122	168.66	124.4	122.6	66	101.7	25.9	124.9
Critical pressure	kPa	232.3	4041	1865	6647	3620	3595	2912	4836	3200
Critical volume	cc/mole	371	225	494.5	162	243	210	274	133	274*
Critical density	kg/m ³	629	871	639.1	577	560.72	572	621	525	555.3*
Specific heat, liquid at 25°C	kJ/kg °C	1.047	0.592	1.103	1.256	1.153	1.48	1.184	4.337 at 20°C	1.283
Specific heat, vapor at constant pressure (1 atm) and 25°C	kJ/kg °C	0.804	0.3618	0.891	0.67	0.754	0.79	0.808	0.731 at 20°C	0.844
Heat of vaporization at boiling point	kJ/kg	96.3	112.4	93.2	225.6	163.1	165	132.6	238.8	160.1
Thermal conductivity of liquid at 25°C	W/m °C	0.0537	0.07	0.059**	0.09	0.0746	0.06	0.069	0.0527	0.075
Viscosity, liquid at 25°C	centipoise	0.324	0.196	0.524	0.21	0.305	0.14	0.184	0.083	0.306
Relative dielectric strength at 1 atm at 734 mm Hg, 25°C (N ₂ = 1.0)	N/A	2.8	1.41	2.3	1.32	1.55	0.955 at 21°C	2	1.02	1.017
Solubility of water in agent at 21°C	ppm	0.001% by weight	1.0062% by weight	<0.001	0.12% by weight	700 at 25°C	700 at 25°C	0.06% by weight	500 at 10°C	740 at 20°C

*Dupont estimated values.
** 3M estimated values.

Propriedades físicas dos agentes limpos tipo halocarbonos (NPFA 2001)

	Units	IG-01	IG-100	IG-541	IG-55
Molecular weight	N/A	39.9	28.0	34.0	33.95
Boiling point at 760 mm Hg	°C	-189.85	-195.8	-196	-190.1
Freezing point	°C	-189.35	-210.0	-78.5	-199.7
Critical temperature	°C	-122.3	-146.9	N/A	-134.7
Critical pressure	kPa	4,903	3,399	N/A	4,150
Specific heat, vapor at constant pressure (1 atm) and 25°C	kJ/kg °C	0.519	1.04	0.574	0.782
Heat of vaporization at boiling point	kJ/kg	163	199	220	181
Relative dielectric strength at 1 atm at 734 mm Hg, 25°C (N ₂ = 1.0)	N/A	1.01	1.0	1.03	1.01
Solubility of water in agent at 25°C	N/A	0.006%	0.0013%	0.015%	0.006%

Propriedades físicas dos agentes limpos tipo gases inertes (NPFA 2001)