

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE RORAIMA

Diretoria de Prevenção e Serviços Técnicos

NORMA TÉCNICA Nº. 13/2021

Pressurização de escada de segurança

SUMÁRIO

- 1 Objetivo
- 2 Aplicação
- 3 Referências normativas e bibliográficas
- 4 Definições
- 5 Procedimentos

ANEXOS

- A Tabela 1 - Níveis de pressurização
- Tabela 2 - Áreas típicas de escape para quatro tipos de PCF
- B Resumo de exigências para os diversos tipos de edificações com sistemas de pressurização
- C Condições para instalação de casa de máquinas de pressurização no pavimento de cobertura
- D Condições para não se revestir os dutos metálicos de sucção e/ou pressurização
- E Esquema geral do sistema de pressurização (com duto no interior da escada)
- F Modelo de cálculo de vazão do sistema de pressurização de escada

1 OBJETIVO

1.1 Estabelecer os requisitos mínimos necessários para o dimensionamento da pressurização de escadas de segurança em edificações.

1.2 Manter as escadas de emergência livres da fumaça, de modo a permitir a fuga dos ocupantes de uma edificação no caso de incêndio. Esse sistema também pode ser acionado em qualquer caso de necessidade de abandono da edificação.

2 APLICAÇÃO

Esta Norma Técnica (NT) aplica-se a todas as edificações descritas no Anexo B.

3 REFERÊNCIAS NORMATIVAS E BIBLIOGRÁFICAS

NBR 9050 - que trata da adequação das edificações e do mobiliário urbano à pessoa deficiente – Procedimento.

NBR 9077 – Saídas de emergência em edifícios.

NBR 10898 - Sistemas de iluminação de emergência.

NBR 11742 – Porta corta-fogo para saída de emergência.

NBR 13768 – Acessórios destinados à porta corta-fogo para saída de emergência – requisitos.

NBR 14880 – Saídas de emergência em edifícios – Escada de Segurança – Controle de fumaça por pressurização.

NBR 16401 – Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários.

NBR 17240 - Sistemas de detecção e alarme de incêndio BS-5588-4 (British Standards Institution) - Pressurização de escadas de segurança.

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) Handbook - normas ASHRAE 51.

HVAC (Heating, Ventilating, and Air-Conditioning, and Refrigeration) Publications - Recomendação Técnica DW3 da Heating and Ventilation Contractors' Association (HVAC).

SMAC A (Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association) Publications HVAC Duct Construction - Metal and Flexible.

HVAC System Duct Design; HVAC Air Duct Leakage Test Manual.

AMCA (Air Movement and Control Association International, Inc.) - AMCA 203, pela literatura Field Performance Measurement of Fan System; AMCA-210 e o Manual da AMCA "Fans and Systems" - publicação 201-90 - "O fator do efeito do sistema" (System Effect Factor) e suas tabelas.

Norma ISO 6944 - Fire Resistance Tests - Ventilation Ducts ou similar.

4 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma Técnica aplicam-se as definições constantes da NT 03/21 - Terminologia de segurança contra incêndio.

5 PROCEDIMENTOS

5.1 Conceitos básicos do sistema de pressurização

5.1.1 Princípio geral da pressurização:

a. considera-se um espaço pressurizado quando este receber um suprimento contínuo de ar que possibilite manter um diferencial de pressão entre este espaço e os adjacentes, preservando-se um fluxo de ar através de uma ou várias trajetórias de escape que conduzem o ar para o exterior da edificação;

b. para a finalidade prevista nesta NT, o diferencial de pressão deve ser mantido em nível adequado para impedir a entrada de fumaça no interior da escada;

c. o método estabelecido nesta NT também se aplica às escadas de segurança com pavimentos abaixo do piso de descarga.

5.1.2 Pressurização de 1 ou 2 estágios

O sistema de pressurização pode ser projetado de duas formas:

5.1.2.1 Sistema de 1 estágio: para operar somente em situação de emergência;

5.1.2.2 Sistema de 2 estágios: incorporar um nível baixo de pressurização, para funcionamento contínuo, com previsão para um nível maior de pressurização que entra em funcionamento em uma situação de emergência.

5.1.2.3 Recomenda-se dar preferência para a opção do sistema de 2 estágios, para que se mantenha um nível mínimo de proteção em permanente operação, bem como propiciar a renovação de ar no volume da escada.

5.1.3 Elementos básicos de um sistema de pressurização

São elementos básicos de um sistema de pressurização:

- a. sistema de acionamento e alarme;
- b. ar externo suprido mecanicamente;
- c. trajetória de escape do ar;
- d. fonte de energia garantida.

5.1.4 Unidades adotadas

Toda e qualquer proposta de sistema de pressurização deve seguir os critérios de apresentação e desenvolvimento de acordo com o estabelecido abaixo:

Vazão (Q) = m³/s

Velocidade (V) = m/s

Área (A) = m²

Pressão (P) = Pa (Pascal), ou mmH₂O (milímetro de coluna d'água)

Potência = CV (Cavalo Vapor) ou HP (Horse Power)

Temperatura em graus Celsius = °C

Altura da edificação (h) = m

5.1.5 Níveis de pressurização adotados

5.1.5.1 O nível de pressurização utilizado para fins de projeto não deve ser menor que o apresentado na Tabela 1 do Anexo A desta NT e não deve ultrapassar o limite de 60 Pa, considerando-se todas as PCF (portas corta-fogo) de acesso à escada, na condição fechadas.

5.1.5.2 Os edifícios utilizados por crianças, idosos e ou pessoas incapacitadas precisam de considerações especiais, a fim de assegurar que as PCF possam ser abertas, apesar da força criada pelo diferencial de pressão.

5.1.5.3 Para obtenção dos níveis de pressurização, no interior dos espaços pressurizados, na determinação da capacidade de vazão e pressão dos motoventiladores, devem ser avaliadas as perdas de carga localizadas em todos os componentes de captação e distribuição do sistema (dutos, venezianas, grelhas, joelhos, dampers, saídas dos motoventiladores, rugosidades das superfícies internas dos dutos etc.) que devem constar de memorial de cálculo, atendendo as seguintes condições:

a. desenvolvimento do cálculo do suprimento de ar necessário considerando as duas situações previstas no item 5.1.6 abaixo: escape de ar com todas as portas do espaço pressurizado na condição fechadas (equação 2); e escape de ar considerando as portas na condição abertas,

conforme a quantidade estipulada no Anexo B desta NT (equação 3);

b. desenvolvimento do cálculo das perdas de carga ao longo da rede de captação e distribuição de ar, considerando todas as singularidades. Deve constar também a velocidade do fluxo de ar em todos os trechos e acessórios, que devem estar dentro dos limites estipulados nesta NT. Tabelas e ábacos de fabricantes de acessórios podem ser considerados para determinação das perdas de carga de singularidades, a partir da velocidade e vazão;

c. a velocidade do fluxo de ar em todo o trecho de captação deve ser de, no máximo, 8 m/s e, no trecho de distribuição: máximo de 10 m/s quando o duto for construído em alvenaria ou gesso acartonado e de 15 m/s quando o duto for construído em chapa metálica. No dimensionamento, adotar parâmetros do manual da ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), podendo ser aceitas velocidades diferentes, quando se tratar de edificação existente, desde que não haja possibilidade técnica de adequação, devidamente justificada.

5.1.6 Suprimento de ar necessário

5.1.6.1 Cálculo do suprimento de ar

Para determinação do primeiro valor de suprimento de ar necessário para obtenção de um diferencial de pressão entre o ambiente a ser pressurizado e os ambientes contíguos, deve-se adotar a equação 1. Essa equação depende diretamente da área de restrição e do diferencial de pressão entre os ambientes contíguos. A área de restrição é determinada pelo escape de ar para fora do espaço a ser pressurizado, quando o ar passa, por exemplo, pelas frestas ao redor de uma PCF. O diferencial de pressão é o mínimo estabelecido na Tabela 1 do Anexo A desta NT, ou seja, 50 Pa.

Equação 1:

$$Q = 0,827 \times A \times (P)^{1/N}$$

Onde:

Q é o fluxo de ar (m³/s)

A é a área de restrição (m²)

P é o diferencial de pressão (Pa)

N é um índice que varia de 1 a 2

No caso de frestas em torno de uma PCF, N = 2

No caso de frestas em vãos estreitos, tais como frestas em torno de janelas, $N = 1,6$

Vazão de ar (condição padrão de ar com densidade de $1,204 \text{ kg/m}^3$).

5.1.6.2 Trajetórias de escape em série e paralelo

a. na trajetória de escape do ar para fora de um espaço pressurizado, podem existir elementos de restrição posicionados em paralelo, tal como ilustrado na Figura 1, ou em série, como apresentado na Figura 2, ou ainda uma combinação desses.

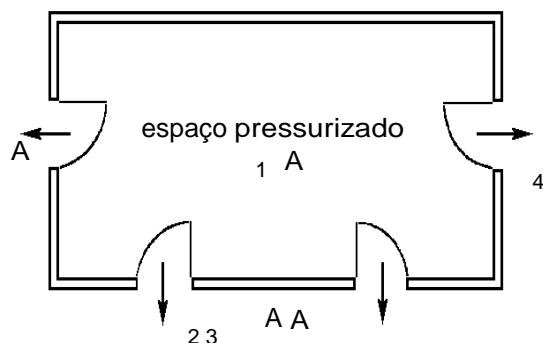


Figura 1 - Trajetórias de escape do ar em paralelo

b. no caso de trajetórias de escape do ar em paralelo, com as portas do ambiente conforme Figura 1 acima, a área total de escape é determinada pela simples soma de todas as áreas de escape envolvidas, então:

Equação 2:

$$A_{\text{Total}} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

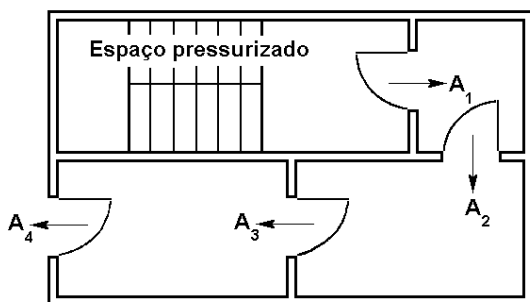


Figura 2 - Trajetórias de escape do ar em série

c. no caso das portas em série, como a PCF da escada e a PCF da antecâmara não ventilada a ela associada, como demonstrado na Figura 2 acima, temos:

Equação 3:

$$\frac{1}{A_{\text{Total}}} = \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} + \frac{1}{A_3} + \frac{1}{A_4}$$

d. o escape total e efetivo de uma combinação de trajetórias de escape do ar em série e em paralelo, pode

ser obtido combinando sucessivamente grupos simples de escape isolados (PCF da escada e da antecâmara pressurizada do mesmo pavimento), com os outros equivalentes (PCF em paralelo).

5.1.6.3 Áreas de escape a partir de uma escada pressurizada.

De maneira geral, o escape de ar a partir de uma escada ocorre:

a. por meio das frestas em torno das PCF (quando essas estiverem fechadas), devendo ser adotados os valores constantes da Tabela 2 do Anexo A desta NT;

b. por meio do vão de luz das PCF consideradas na condição abertas, na quantidade estipulada na Tabela do Anexo B desta NT, somadas às perdas pelas frestas das demais PCF consideradas na condição fechadas;

c. por meio das frestas no entorno de portas de elevadores e janelas existentes no espaço pressurizado.

5.1.6.4 Portas corta-fogo abertas e outras aberturas

a. para ser eficaz, a escada de emergência deve ter seus acessos protegidos por PCF, sendo inevitável que estas sejam abertas ocasionalmente. A pressurização projetada não pode ser mantida, se houver grande abertura entre a área pressurizada e os espaços adjacentes;

b. caso haja uma abertura permanente (uma janela dentro da caixa de escada, por exemplo), deve ser considerada a introdução de vazão de ar suficiente para se obter uma velocidade média do ar, através desta abertura, de 4 m/s;

c. a abertura intermitente das PCF, quando do abandono da edificação, produz, momentaneamente, uma perda de pressão no interior da escada. Nesta situação, a vazão de ar determinada pela Equação 1 deve ser avaliada para que seja obtida uma condição satisfatória para minimizar a infiltração de fumaça no interior da escada nesta situação, devendo possibilitar a manutenção de uma velocidade de ar mínima de 1,0 m/s saindo através das PCF consideradas na condição abertas;

d. os critérios para verificação da velocidade do ar a que se referem os itens seguintes são os estipulados no item 5.1.6.5, adiante;

e. o número de PCF, na condição abertas, a ser utilizado nos cálculos, depende do tipo de edificação, considerando-se o número de ocupantes e as dificuldades

encontradas para o abandono, devendo obedecer aos critérios estipulados no Anexo B, desta NT;

f. uma PCF considerada na condição aberta (em relação ao estabelecido no Anexo B, desta NT) deve ser acrescentada no cálculo do suprimento de ar do sistema de pressurização, em edificações de escritório até 21 m de altura onde existem locais de reunião de público, com capacidade para 50 ou mais pessoas (tais como auditórios, refeitórios, salas de exposição e assemelhados). Esse critério deve ser desconsiderado quando o local de reunião de público estiver no piso de descarga (térreo ou nível com saída direta para o exterior) ou em mezaninos do piso térreo com acessos através de escadas exclusivas, de tal modo que a escada pressurizada não seja utilizada como rota predominante de saída de emergência para esse público;

g. devem ser considerados os vãos e frestas reais de todas as PCF da caixa da escada pressurizada, conforme especificado abaixo, na quantidade estipulada no Anexo B desta NT:

1) PCF simples, quando todos os acessos à escada pressurizada ocorrer apenas através de PCF simples;

2) PCF duplas, quando a quantidade de PCF duplas instaladas for igual ou superior à quantidade de PCF abertas - critério esse estipulado no Anexo B desta NT, para efeito de dimensionamento de escapes de ar por meio de PCF na condição abertas;

3) PCF duplas e PCF simples na mesma caixa de escada, quando a quantidade de PCF duplas for inferior à quantidade de PCF consideradas na condição abertas (conforme critério estipulado no Anexo B desta NT, para efeito de dimensionamento de escapes de ar por meio de PCF na condição abertas) devem ser consideradas todas as PCF duplas e, na quantidade devida, complementar com PCF simples. Neste caso, cada PCF dupla deve ser computada como uma PCF aberta e não como duas, embora devem ser somados o vão de luz real de cada PCF dupla e simples consideradas.

h. em edificações existentes é comum o uso da pressurização de um amplo hall e o uso da PCF no acesso às unidades residenciais ou unidades de escritório etc., como estabelecido na figura 1 do item 5.1.6.2. Nesses casos, o número de PCF duplas ou simples calculadas (respeitando-se suas áreas), deve ser

de 4 para edificações com até 60 m de altura, sendo que acima desse valor é exigido o cálculo de 5 PCF abertas.

Obs.: o número máximo de PCF por pavimento em contato com esse ambiente pressurizado deve ser de 4 PCF simples. Características diferentes devem ser avaliadas em Comissão Técnica do CBMRR.

Nota: A vazão total requerida para o sistema de pressurização de escadas deve ser calculada pela equação abaixo:

Equação 4:

• Se $Q_{FT} > Q_{AT}$, então $Q_T = Q_{FT}$

• Se $Q_{FT} < Q_{AT}$, então $Q_T = Q_{AT}$

Onde:

Q_T = vazão total requerida do sistema de pressurização;

Q_{FT} = vazão total das frestas com todas as portas fechadas (m^3/s) conforme Equação 1;

Q_{AT} = vazamento de ar através das portas consideradas na condição abertas somadas às frestas das demais portas, na condição fechadas (m^3/s), com velocidade de 1 m/s.

Obs.: Em todos os casos, levar em consideração a condição padrão do ar.

5.1.6.5 Estimativa da velocidade de saída do ar através da PCF aberta

a. na prática, a velocidade de saída do ar deve ser obtida dividindo-se a vazão de ar de suprimento (Equação 1) pela área de abertura total;

b. a área de abertura total deve ser calculada somando-se as áreas das PCF consideradas abertas (ver Anexo B, desta NT) e as frestas das demais PCF previstas na escada, na condição fechadas;

c. quando a velocidade obtida no cálculo especificado no item “a” acima for inferior ao parâmetro mínimo estabelecido, a vazão de ar deve ser aumentada até que seja alcançado o valor requerido (1 m/s);

d. sobre o valor de vazão de ar obtido conforme itens “a” ou “c” acima, devem ser aplicados os fatores de vazamentos em dutos e de vazamentos não identificados, conforme item 5.1.6.6;

e. para atender a todas as hipóteses de escapes de ar e de vazamentos não identificados, contidos nesta NT, invariavelmente a escada pressurizada deve ser provida de dispositivos que impeçam que a pressão no seu interior eleve-se acima de 60 Pa, devido ao excesso de ar que pode ser necessário.

5.1.6.6 Vazamentos em dutos e vazamentos não identificados

Para se determinar a vazão de ar total requerida, após o desenvolvimento da equação 4, constante do item anterior, acrescentar ao resultado final, conforme equação 5, abaixo, os fatores de vazamentos de ar em dutos e de vazamentos não identificados:

a. acrescentar 15% para vazamentos em dutos metálicos ou 25% para dutos construídos em alvenaria ou mistos, sendo que esses valores percentuais devem ser considerados independentemente do comprimento dos dutos;

b. acrescentar 25% - para atender à hipótese de vazamentos não identificados:

$$\bullet Q_{TS} = Q_T + 15\% \text{ (vazamentos em dutos metálicos)} + 25\% \text{ (vazamentos não identificados);}$$

ou

$$\bullet Q_{TS} = Q_T + 25\% \text{ (vazamentos em dutos de alvenaria ou mistos)} + 25\% \text{ (vazamentos não identificados);}$$

Onde:

Q_T = vazão total requerida do sistema de pressurização (m^3/s) conforme equação 4, levando-se em consideração a condição padrão do ar;

Q_{TS} = vazão total requerida do sistema de pressurização (m^3/s), conforme equação 4 acrescida dos fatores de segurança, levando-se em consideração a condição padrão do ar;

ota: A vazão total requerida para o sistema de pressurização de escadas, somada aos dois fatores de segurança acima descritos, deve ser calculada conforme abaixo:

Equação 5:

a. $Q_{TS} = Q_T \times 1,4$ (quando se tratar de duto metálico);

ou

b. $Q_{TS} = Q_T \times 1,5$ (quando se tratar de duto de alvenaria ou misto).

5.1.6.7 Antecâmara do elevador de emergência

A antecâmara de segurança do elevador de emergência deve ser pressurizada, adotando-se os critérios do item 5.1.6.8 e da Tabela 1 do Anexo A, desta NT, e apresentar as seguintes características:

a. no cálculo da vazão de ar de pressurização, deve ser considerado o escape de ar através das aberturas no entorno da passagem de cabos de aço e outros no topo

do poço do elevador, no piso da casa de máquinas, em série com o escape pelas frestas das portas de acesso ao elevador nos diversos pavimentos;

b. o cálculo para determinação da vazão de ar de pressurização deverá considerar as frestas das portas do elevador e das PCF de acesso às antecâmaras conforme a Tabela 2 do Anexo A. Considerando que esses parâmetros dimensionais poderão estar alterados na conclusão da obra, a vazão de ar introduzida em cada antecâmara deve ser regulada para que a pressão interna não ultrapasse a 60 Pa;

c. quando contígua com a escada pressurizada, a antecâmara, quando não pressurizada por duto exclusivo, deve ser pressurizada pelo mesmo sistema da escada, através de vasos comunicantes, controlados por venezianas unidirecionais, reguláveis e independentes em cada nível de pavimento, de forma a manter um gradiente de pressão no sentido do interior da escada pressurizada para a antecâmara de segurança, neste caso, considerar o escape de ar através dessas janelas no cálculo do suprimento total de ar necessário para o sistema de pressurização da escada (adotar as frestas e vão reais efetivos);

d. ser protegida por PCF P-90, no acesso à antecâmara de segurança, a partir do pavimento;

e. a casa de máquinas deve ser independente e isolada em relação aos demais elevadores, com paredes com TRRF, mínimo de, 2 h e acessos por PCF P-90;

f. alternativamente, pode ser adotada a pressurização das antecâmaras do elevador de emergência a partir do poço do elevador que, nesse caso, funcionará como um duto de pressurização, para tanto, avaliar as condições para se manter as antecâmaras pressurizadas até o limite de 60 Pa, considerando-se as resistências das frestas no entorno das portas dos elevadores e PCF de acesso em cada pavimento – precaver-se de que haja um fluxo de ar contínuo entre esse espaço pressurizado com os ambientes contíguos e, desses, com aberturas permanentes para o exterior da edificação. As paredes do poço do elevador devem seguir os critérios do item 5.3.3, desta NT.

g. também, alternativamente, pode-se fazer o acesso ao elevador de segurança diretamente por um patamar da escada pressurizada, a partir de um hall disposto fora da rota de circulação das pessoas na escada, formando um ambiente único com a caixa de escada. No ingresso a

este conjunto, verificar a necessidade, ou não, da exigência da antecâmara de segurança conforme item 5.1.6.8 desta NT; o gradiente de pressão entre a escada e a antecâmara pode ser obtido por meio de grelha unidirecional, no sentido da escada para a antecâmara. A dimensão do acesso ao elevador de emergência deve possuir espaço livre (largura) de, no mínimo, 1,50 m, não podendo esse espaço, em nenhuma hipótese, interferir no raio de escoamento da escada de segurança.

5.1.6.8 Antecâmara de segurança de escada pressurizada

a. para as edificações residenciais com altura superior a 120 m e para as demais ocupações com altura superior a 90 m será exigida, além da pressurização da escada de segurança, a existência de uma antecâmara de segurança;

b. essa antecâmara deve possuir as seguintes características:

1) Ser interposta entre a escada pressurizada e as áreas comuns ou privativas da edificação, em todos os níveis de pavimento, considerando-se a partir do piso de descarga, nos sentidos ascendente e descendente (pavimentos superiores e inferiores ao nível da descarga) dentro do critério de altura fixado na Tabela do Anexo B desta NT;

2) Ser protegida por PCF P-60, tanto no acesso à antecâmara de segurança quanto no acesso à escada pressurizada.

c. deve haver um diferencial de pressão (DDP) entre a antecâmara de segurança e o interior da escada pressurizada, garantindo-se dessa forma o gradiente de pressão no sentido do interior da escada pressurizada para a antecâmara de segurança; para realizar essa DDP, o Corpo de Bombeiros aceita:

1) A previsão de insuflação somente na escada, deixando uma abertura na parede entre a escada e cada antecâmara, adotando o princípio de vasos comunicantes, com um único dispositivo de controle de pressão localizado no interior da escada. A abertura mencionada deve ser dotada de dispositivo que garanta o fluxo de ar somente no sentido da escada à antecâmara, impedindo o fluxo da antecâmara à escada. O sistema deve ser dimensionado considerando as aberturas de frestas da antecâmara ao exterior, incluindo o poço do elevador;

2) Sistemas de pressurização independentes entre a escada e as antecâmaras, com dutos, ventiladores e controles exclusivos para cada sistema, tendo um nível de pressurização mais alto na escada e mais baixo nas antecâmaras, aceita-se o controle de pressurização pela variação da rotação dos ventiladores utilizando inversores de frequência na alimentação elétrica de seus motores.

d. a antecâmara de segurança deve possuir dimensões mínimas de acordo com a NT 11;

Obs.: quando exigido (ver Anexo B), as antecâmaras de segurança das escadas pressurizadas e dos elevadores de emergência, localizadas em níveis inferiores ao piso de descarga, devem possuir as mesmas características mencionadas acima.

e. as edificações existentes estão isentas do cumprimento do estabelecido neste item, caso haja impossibilidade técnica de adaptação.

5.1.6.9 Efeito do sistema

Com a finalidade de eliminar o risco de redução de desempenho do ventilador, em termos de vazão, deve ser considerado o “efeito do sistema”, atendendo aos parâmetros definidos pelo fabricante. Normas de referência: Normas ASNI / ASHRAE 51; AMCA-210 e o Manual da AMCA “Fans and Systems” - publicação 201-90 - “O fator do efeito do sistema” (System Effect Factor) e suas tabelas.

5.1.6.10 Cálculo de pressão

A apresentação da memória de cálculo da perda de pressão no circuito de transporte de ar do sistema não é obrigatória, porém pode ser exigida pela Diretoria de Prevenção e Serviços Técnicos, a comprovação da metodologia de cálculo, para esclarecimentos do valor obtido.

5.2 A edificação

5.2.1 Aspectos gerais

a. cuidados especiais devem ser avaliados para dimensionamento do sistema de pressurização de escada de segurança para edificação com altura superior a 80 m, principalmente quanto a velocidade máxima nos dutos, vazão e perdas;

b. a edificação deve ser planejada de forma a atender aos requisitos do sistema de pressurização, garantindo o seu funcionamento com relação às condições descritas nesta NT;

c. todos os componentes do sistema de pressurização (dutos, grupo motoventilador, grupo motogerador automatizado) devem ser protegidos contra o fogo por no mínimo 2 h (exceção feita às portas corta-fogo que devem ser do tipo P-90, nas casas de máquinas), a fim de garantir o abandono dos ocupantes da edificação, bem como, o acesso ao Corpo de Bombeiros;

d. pisos escorregadios nas proximidades das PCF de acesso aos espaços pressurizados devem ser evitados;

e. portas corta-fogo devem estar de acordo com a norma NBR 11742/03, e ser instaladas de forma a atender às premissas básicas do projeto de pressurização de escadas. Caso contrário, a pressurização perde sua função e deve ser reavaliada, ou instalados dispositivos complementares, junto a esta PCF, devem dar as garantias do projetado na pressurização. Tais dispositivos não podem alterar as características de resistência ao fogo das PCF;

f. atenção especial deve ser dada às edificações que possuam acesso de pessoas portadoras de necessidades especiais;

g. quando a pressurização da escada dificulta o fechamento das PCF (como exemplo, PCF posicionada no pavimento de descarga), dispositivos de fechamento devem ser dimensionados de forma a vencer esta força. Tais dispositivos devem ser capazes de mantê-las fechadas contra a pressão do sistema de pressurização;

h. deve ser prevista sinalização nas PCF, na face externa à escada, com os seguintes dizeres: “ESCADA PRESSURIZADA”, seguindo critérios da NT 20;

i. visando à selagem como forma de não prejudicar o estabelecido no item 5.1.6.4 desta NT, deve ser considerado o controle da porosidade das paredes que envolvem as escadas, bem como, dos dutos de sucção e pressurização, construídos em alvenaria;

j. deve ser previsto sistema de detecção de fumaça e iluminação de emergência nos seguintes locais: casa de máquinas de pressurização; sala do grupo motogerador automatizado; no ambiente onde se localizar os acionadores manuais alternativos dos motoventiladores; em qualquer outro local que possua contato direto com a escada pressurizada;

k. caso exista algum compartimento ou equipamento que, direta ou indiretamente, possa gerar dúvida quanto à sua real interferência no sistema de

pressurização, como por exemplo sistema de controle de fumaça, o projeto deve ser submetido à análise de Comissão Técnica.

5.2.2 Edifícios com múltiplas escadas

a. em edifícios com múltiplas escadas pressurizadas, devem ser instalados sistemas independentes de pressurização para cada escada. A exigência de sistemas independentes aplica-se aos equipamentos a serem instalados, devendo estes serem independentes para cada escada (conjunto motoventilador, dutos de insuflamento, registros e grelhas), e quanto ao ambiente onde serão instalados os motoventiladores (proteção passiva dos sistemas) pode-se aceitar uma casa de máquinas única, desde que seja dimensionada conforme item 5.2.4 desta NT, em especial as letras “e”, “j”, “n” e “o”. Esse conceito aplica-se igualmente para os sistemas de detecção automática de incêndio e para o grupo motogerador, que pode ser único para alimentação dos sistemas de pressurização de uma edificação;

b. não devem ser aceitas escadas de segurança com aberturas entre si (uma escada se comunicando com a outra, através de dutos, janelas etc.), quando se tratarem de quantidade mínima de escadas exigidas para a edificação, conforme NT 11 - Saídas de emergência ou Código de Obras local;

c. no caso de uma escada em que for utilizado o recurso arquitetônico de aproveitamento de área da caixa de escada, mantendo-se as larguras, unidades de passagens etc, com duas entradas distintas para a mesma caixa de escada em um mesmo nível, é permitida a pressurização por um único duto, devendo-se levar em conta o número de portas abertas, frestas e perdas em duplicata, não podendo diminuir o número mínimo de escadas previstas para a edificação;

d. devem ser projetados sistemas de pressurização para as escadas que atenderem os pavimentos abaixo do piso de descarga e subsolos, caso esses pisos sejam utilizados para atividades diversas de estacionamento de veículos ou possuam altura ascendente maior que 12 m;

e. como regra geral, deve-se evitar o uso de escadas de segurança pressurizadas e escadas simples ou enclausuradas sem pressurização, quando ocupam o mesmo espaço (mesmo ambiente – por exemplo: mesmo corredor de acesso). Casos específicos poderão ser aceitos pelo Corpo de Bombeiros, desde que o responsável

técnico cite claramente, no memorial específico, que as ventilações do ambiente (por exemplo: ventilações permanentes nas fachadas, nos corredores de acesso e outras) garantam a não interferência da escada pressurizada sobre as demais.

5.2.3 Relação entre a pressurização e o sistema de ar condicionado

a. a circulação de ar promovida pelo sistema de condicionamento de ar ou de exaustão mecânica deve ser projetada de modo a manter a trajetória do fluxo de ar no sentido contrário ao estabelecido para o abandono da população da edificação, a fim de diminuir o risco das rotas de fuga serem atingidas pela fumaça oriunda do incêndio. Caso isso não seja atendido, devem ser previstos dispositivos de fechamento automático, que garantam o bloqueio da passagem de fumaça em caso de incêndio. Portanto, esses dispositivos devem ser utilizados quando existir o risco desses dutos e/ou sistemas contribuírem para o alastramento do incêndio, ou não atenderem aos critérios de compartimentação horizontal e/ou vertical;

b. na situação de emergência (em funcionamento do sistema de pressurização), todo o sistema de circulação de ar existente na edificação deve ser projetado para imediata interrupção do seu funcionamento.

c. sistemas de exaustão podem ser mantidos ligados desde que promovam um fluxo favorável ao sentido do escape de ar do sistema de pressurização de escada, sendo que tais casos devem ser analisados em Comissão Técnica;

d. o sistema de alarme e detecção de incêndio também deve ser o responsável pelo comando das alterações necessárias no sistema de ventilação e ar condicionado. O sinal, que deve dar início a todas estas alterações na operação desses sistemas, deve vir da mesma fonte que aciona a pressurização na situação de emergência;

e. detector de fumaça dentro dos dutos de retorno do ar condicionado pode ser utilizado como sistema auxiliar de acionamento do sistema de pressurização, devendo o mesmo ser adequadamente instalado e ter sua eficiência comprovada por meio de ensaio, de acordo com NBR 17240/10.

5.2.4 Estruturas de proteção e garantias de funcionamento do sistema de pressurização

a. a edificação deve proporcionar a proteção adequada contra incêndio para todos os componentes que garantam o funcionamento do sistema de pressurização;

b. os dutos de sucção e/ou pressurização, seus ancoramentos ou seus revestimentos contra incêndio, em seu caminhamento interno ou externamente à edificação, não devem passar por ambientes que possam prejudicar (com danos mecânicos, químicos ou do próprio incêndio) a eficiência do sistema de pressurização;

c. os dutos de sucção e/ou pressurização, no seu caminhamento devem, de preferência, estar posicionados o mais próximo possível ao teto (laje) dos ambientes, sendo que quaisquer outras instalações devem estar posicionadas logo abaixo, desde que atendam aos requisitos do item 5.2.4, letras (f, g e h) desta NT;

d. os ancoramentos dos dutos e outros acessórios, necessários ao sistema de pressurização, não podem servir funcionalmente a outros tipos de instalações;

e. cabos elétricos e dutos de sucção e/ou pressurização devem estar devidamente protegidos contra a ação do fogo em caso de incêndio, garantindo o acionamento e o funcionamento do sistema de pressurização para no mínimo 2 h;

f. os dutos de sucção e/ou pressurização, para que não seja exigido o revestimento contra incêndio, devem estar afastados de sistemas de vasos sob pressão, baterias de GLP ou sistemas alimentados por gás natural, de nafta ou similares e depósitos ou tanques de combustível, de acordo com o estabelecido no Anexo D desta NT;

g. para os riscos citados no item 5.2.4 letra (f), em que não consiga os afastamentos estabelecidos no Anexo D (todos desta NT), além da proteção que garanta resistência ao fogo por 2 h nos dutos de sucção e/ou pressurização, deve ser prevista distância mínima, medida no plano horizontal, de 2 m desses riscos;

h. caso o afastamento de 2 m entre as tubulações que conduzem gás GLP, gases naturais, de nafta ou similares e os dutos de sucção e/ou pressurização não seja cumprido, essas tubulações de gás devem ser envolvidas por tubo-luva de proteção, de ferro galvanizado ou aço carbono, devidamente identificada na cor vermelha e suportado de forma independente, com diâmetro nominal mínimo 1,5 vezes maior que a tubulação a ser envolvida.

O afastamento, medido no plano horizontal, entre a entrada e saída do tubo-luva de proteção e os dutos de sucção e/ou pressurização, deve ser de no mínimo 1 m, de acordo com o estabelecido no Anexo D desta NT;

i. o grupo motoventilador, seus acessórios, componentes elétricos e de controle, devem ser alojado em compartimento resistente ao fogo por, no mínimo, 2 h. As PCF de acesso a esse compartimento devem ser do tipo PCF P-90;

j. caso o compartimento da casa de máquinas do grupo motoventilador esteja posicionado em pavimento subsolo, ou outro pavimento que possa causar risco de captação da fumaça de um incêndio, deve ser previsto uma antecâmara de segurança entre esse compartimento e o pavimento. Também deve ser previsto sistema de detecção no acesso a esse conjunto compartimento casa de máquinas. Essa antecâmara de segurança pode possuir dimensões reduzidas, com relação ao estabelecido na NT 11. O acesso à antecâmara de segurança deve ser protegido por uma PCF P-90, bem como, o acesso à casa de máquinas do grupo motoventilador ser protegido por uma porta estanque, de forma a evitar a captação de fumaça que porventura passe pelas frestas desta PCF. Essa solução pode ser substituída por outra que garanta a diminuição de risco de captação da fumaça de um incêndio pelo compartimento casa de máquinas do grupo motoventilador;

k. quando o sistema de interligação do grupo motoventilador for realizado por correias, deve ser providenciada proteção contra eventuais acidentes pessoais, por meio de grade ou outro dispositivo que possua mesma finalidade e eficiência;

l. o grupo motogerador automatizado e seus acessórios, quando exigidos, de acordo com os critérios do Anexo B, desta NT, devem ter seu compartimento, o mesmo nível de proteção estabelecido no item 5.2.4, letra i desta NT. Tais compartimentos devem ser projetados com vistas a garantir a manutenção de sua estabilidade, integridade e estanqueidade, tendo em vista a vibração originária do funcionamento do grupo motogerador;

m. o circuito formado pela tomada de ar frio e saída do ar aquecido (do compartimento casa de máquinas do grupo motogerador), bem como, o escape dos gases da combustão, para o perfeito funcionamento do grupo motogerador automatizado e seus acessórios, devem ser adequadamente projetados como forma de garantir a

alimentação elétrica dos sistemas de segurança e sistema de pressurização das edificações. Preferencialmente, o grupo motogerador e seus acessórios devem estar posicionados no pavimento térreo ou próximo deste. Caso não exista condição técnica para o cumprimento dessa exigência, no mínimo, deve ser garantida que a tomada de ar frio seja realizada próximo ao pavimento térreo, através de dutos, sem o risco de se captar a fumaça oriunda de um incêndio. Os dutos de tomada de ar frio se passarem por áreas de risco, devem possuir proteção que garanta resistência ao fogo por no mínimo 2 h. Cuidados especiais, quanto ao isolamento térmico e/ou de resistência ao fogo, devem ser tomados para os dutos de saída do ar aquecido e dutos de escape de gases da combustão;

n. cuidados especiais devem ser tomados para evitar a entrada de água ou produtos agressivos, nos compartimentos casa de máquinas do grupo motoventilador e do grupo motogerador automatizado, por intempéries ou mesmo quando da manutenção geral da edificação;

o. o grupo motoventilador deve estar posicionado em compartimento diferente do que abriga o grupo motogerador automatizado;

p. nas edificações existentes, não é obrigatório o uso do grupo motogerador automatizado, que pode ser substituído pela ligação independente do grupo motoventilador;

q. prever fechamento adequado para as instalações hidráulicas de água, esgoto e águas pluviais no interior das casas do grupo motoventilador e grupo motogerador, com TRRF conforme a NT 08 - Resistência ao fogo dos elementos de construção.

5.3 A Instalação e equipamentos

5.3.1 Ventilador

a. o conjunto motoventilador deve atender a todos os requisitos desta NT, para proporcionar a pressurização requerida;

b. em todos os edifícios devem ser previstos sistemas motoventiladores em duplicata, com as mesmas características, para atuarem especificamente na situação de emergência, de acordo com os critérios estabelecidos no Anexo B desta NT;

c. nos edifícios residenciais com até 80 m de altura, nos edifícios de escritórios com até 60 m de altura e nos edifícios escolares com até 30 m de altura, é permitido o uso de somente um motoventilador;

d. para se atingir a vazão total de projeto, podem ser utilizados 2 grupos motoventiladores, sendo que cada grupo deve, no mínimo, garantir 50% da vazão total do sistema e 100% da pressão total requerida, para atuarem especificamente no estágio de emergência e em conjunto.

5.3.2 Tomada de ar

a. é essencial que o suprimento de ar usado para pressurização nunca esteja em risco de contaminação pela fumaça proveniente de um incêndio no edifício. Medidas para minimizar a influência da ação dos ventos sobre o sistema de pressurização (como a tomada e a saída de ar) também devem ser adotadas;

b. as seguintes distâncias mínimas devem ser adotadas, em relação às aberturas próximas à tomada de ar da pressurização:

1) 2,5 m das aberturas nas laterais, medidos horizontalmente. Quando a tomada de ar for feita abaixo do nível do piso de descarga da edificação, a distância deverá então ser de 5 m;

2) 2 m das aberturas acima da tomada de ar;

3) abaixo da veneziana de tomada de ar não serão permitidas aberturas, exceto quando, comprovadamente, esta abertura não prejudicar a tomada de ar, devido à posição, à existência de proteções etc;

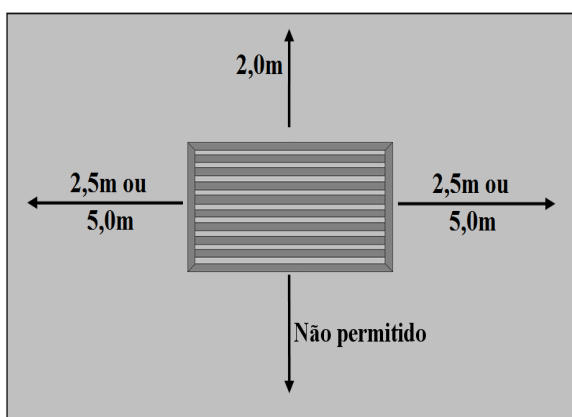


Figura 3 – Distâncias mínimas de aberturas à tomada de ar

4) Não é permitida a instalação da tomada de ar em local interno à linha de projeção do pavimento superior.

5.3.2.1 Edificações novas

a. a tomada de ar e instalação do grupo motoventilador e seus acessórios, para o sistema de pressurização, devem atender às seguintes características:

1) Localizarem-se no pavimento térreo ou próximo deste e possuir filtro de partículas, conforme NBR 16401/08, sendo do tipo metálico lavável;

2) Caso necessário, a tomada de ar deve ser realizada através de duto de captação de um local sem risco de fumaça de incêndio até o compartimento que abriga o conjunto motoventilador;

3) Não é permitido conjugar a captação de ar do sistema de pressurização com a saída da extração de fumaça dos subsolos;

4) O compartimento que abriga o conjunto motoventilador deve permitir facilidades de acesso para manutenção, mesmo quando estiver posicionado em nível subterrâneo.

5.3.2.2 Edificações existentes

a. em edificações existentes, anteriores a Lei Complementar nº 082/2001 e, quando não houver condições técnicas de se cumprir o estabelecido no item 5.3.2.1.a desta NT, devidamente comprovada a inviabilidade, quanto à instalação do conjunto motoventilador e a tomada de ar, pode ser permitida sua instalação no pavimento cobertura;

b. caso seja aceita a tomada de ar ao nível da cobertura da edificação, requisitos mínimos devem ser providenciados de modo a diminuir o risco de captação da fumaça que sobe pelas fachadas do edifício, a saber:

1) Construção de uma parede alta, posicionada em todo o perímetro da cobertura da edificação, e afastada da tomada de ar 5 m, medida no plano horizontal, tal parede deve ser 1 m, mais alta que o nível da tomada de ar.

Obs.: Ver Anexo C desta NT;

2) Construção de uma parede alta, 2 m acima da tomada de ar, posicionada em todo o perímetro da cobertura da edificação, quando não se conseguir o afastamento de 5 m, medidos no plano horizontal.

Obs.: Ver Anexo C desta NT;

c. da mesma forma, o ponto de descarga de qualquer duto vertical que possa eventualmente descarregar fumaça de um incêndio, deve também estar afastado 2 m, no mínimo, medida no plano vertical, em relação ao nível

da tomada de ar. Esse duto deve atender aos requisitos estabelecidos no item 5.2.4, letra b, desta NT, e preferencialmente o seu ponto de descarga deve ficar posicionado o mais próximo possível, medido no plano horizontal, da tomada de ar do sistema de pressurização.

Obs.: Ver Anexo C desta NT.

5.3.3 Sistema de distribuição de ar

a. nos edifícios com vários pavimentos, a disposição preferida para um sistema de distribuição de ar para pressurização consiste em um duto vertical que corre adjacente aos espaços pressurizados, sendo que, para edificações existentes, havendo impossibilidade técnica justificada de execução desse duto, pode ser aceita a distribuição de ar através de duto plenum. Neste caso o projeto deve ser analisado em Comissão Técnica. Deve-se verificar os efeitos da “resistência fluído-dinâmica” associada ao escoamento vertical do ar pela escada, que se manifesta em série, de um andar a outro. O problema fica, portanto, na dependência da geometria da escada, que deve ser objeto de análise específica de cada caso;

b. os dutos devem, de preferência, ser construídos em metal laminado, com costuras longitudinais lacradas à máquina, com material de vedação adequado. Os aspectos construtivos devem obedecer às recomendações da SMAC A, por meio das literaturas HVAC Duct Construction - Metal and Flexible e HVAC System Duct Design. A utilização de dutos confeccionados em outros materiais, além de atender as condições de exigência relativas aos dutos metálicos, deve ser submetida à avaliação da Comissão Técnica, na Diretoria de Prevenção e Serviços Técnicos;

c. cuidados especiais devem ser tomados na ancoragem dos dutos do sistema de pressurização, quando for necessário o uso de revestimento resistente ao fogo para sua proteção, tendo em vista o aumento de peso causado por esses revestimentos;

d. dutos de alvenaria podem ser utilizados, desde que sejam somente para a distribuição do ar de pressurização, e que a sua superfície interna, preferencialmente, possua revestimento com argamassa, com objetivo de se obter uma superfície lisa e estanque, ou revestida com chapas metálicas ou outro material incombustível. Dutos para pressurização, com áreas internas inferiores a 0,5 m², triangulares e muito estreitos

(com largura menor que 40 cm), devem, à medida do possível, ser evitados;

e. recomenda-se que o nível de ruído transmitido pelo sistema de pressurização no interior da escada não deve ultrapassar a 85 db(a), na condição desocupada;

f. caso necessário, um teste de vazamento nos dutos pode ser aplicado de forma a se verificar a exatidão dos parâmetros adotados. O método de teste deve ser o recomendado pela SMAC A, por meio da literatura HVAC Air Duct Leakage Test Manual;

g. registros corta-fogo não devem ser usados na rede de dutos de tomada ou distribuição do ar de pressurização, de modo que o seu acionamento não prejudique o suprimento de ar;

h. os dutos metálicos, tanto na tomada de ar quanto na sua distribuição, que ficarem posicionados de forma aparente, devem possuir tratamento de revestimento contra o fogo, que garanta resistência ao fogo por 2 h, mesmo que esses dutos estejam posicionados em pavimentos subsolos ou na face externa do edifício. Exceção, quando do caminhamento do duto externo à edificação com os afastamentos citados no Anexo D desta NT;

i. os revestimentos resistentes ao fogo aplicados diretamente sobre os dutos metálicos de ventilação, quando submetidos às condições de trabalho esperadas, principalmente às condições de um incêndio, devem demonstrar resistência ao fogo por um período mínimo de 2 h, atendendo aos seguintes critérios abaixo:

- 1) Integridade à passagem de chamas, fumaça e gases quentes;
- 2) Estabilidade ao colapso do duto, que evitaria o cumprimento normal de suas funções;
- 3) Isolamento térmico, para evitar que a elevação da temperatura na superfície interna do duto não alcance 140°C (temperatura média) e 180°C (temperatura máxima pontual), acima da temperatura ambiente;
- 4) Incombustibilidade do revestimento.

Obs.: Os critérios acima devem ser definidos em testes normalizados de resistência ao fogo de dutos de ventilação, utilizando a norma brasileira, e na sua ausência a norma ISO 6944 - Fire Resistance Tests - Ventilation Ducts ou similar.

j. caso se adote parede sem função estrutural para proteger dutos metálicos verticalizados, pode ser adotada

a Tabela de Resistência ao Fogo Para Alvenarias, conforme anexo B da NT 08.

5.3.4 Grelhas de insuflamento de ar

a. para a pressurização de uma escada, através de duto, devem ser previstas várias grelhas de insuflamento, localizadas a intervalos regulares por toda a altura da escada, e posicionadas de modo a haver uma distância máxima de dois pavimentos entre grelhas adjacentes. Os pontos de saída devem ser balanceados para permitir a saída de quantidades iguais de ar em cada grelha, devendo obrigatoriamente haver uma grelha no piso de descarga (pavimento térreo) e uma no último pavimento;

b. os dispositivos de ajuste e balanceamento das grelhas de insuflamento não podem permitir alterações, mesmo que acidentais, após montagens e testes, a não ser por pessoal técnico capacitado.

5.3.5 Sistema elétrico

a. deve ser assegurado o fornecimento de energia elétrica para o sistema de pressurização e de segurança existente na edificação durante o incêndio, de modo a garantir o funcionamento e permitir o abandono seguro dos ocupantes da edificação.

O edifício deve possuir um sistema de fornecimento de energia de emergência por meio de um grupo motogerador automatizado, de acordo com as Normas Técnicas Oficiais, com autonomia de funcionamento de acordo com os critérios do Anexo B desta NT e acionado automaticamente quando houver interrupção no fornecimento de energia normal para o sistema de pressurização;

b. os demais sistemas de emergência (tais como iluminação de emergência, registros corta-fogo, bombas de pressurização hidráulicas de incêndio, elevadores de segurança etc.), podem ser alimentados pelo mesmo grupo motogerador automatizado;

c. o comando elétrico, de início de funcionamento do grupo motoventilador, na situação de emergência, deve ser dar a partir de um sistema automático de detecção de fumaça, cuja instalação é exigida nos locais citados no item 5.2.4 letra (e), Anexo B desta NT e NT 19;

d. as instalações elétricas devem estar de acordo com a NBR 5410/04;

e. os circuitos elétricos do sistema de pressurização, devem ser acondicionados de forma a garantir a operação do sistema conforme tempo

preconizado nesta NT. Se os circuitos elétricos do sistema de pressurização passarem por áreas de risco, aparentes ou embutidas em forros sem resistência contra incêndio, devem ser protegidos contra a ação do calor do incêndio, pelo tempo de utilização do grupo motogerador automatizado;

f. quando a edificação for isenta de grupo motogerador, deverá ser prevista uma alimentação independente do consumo geral, de forma a permitir o desligamento geral da energia, sem prejuízo do funcionamento do sistema de pressurização da escada.

5.3.6 Sistemas de controle

a. considerando-se a diversidade de condições a que o sistema é submetido, para manter um diferencial de pressão adequado, quando todas as PCF estiverem fechadas e a velocidade mínima necessária, referida à condição padrão do ar, por meio das PCF consideradas na condição abertas, deve ser previsto registro de sobrepressão, ou damper motorizado acionado por sensor diferencial de pressão, a fim de impedir que a pressão se eleve acima de 60 Pa, quando todas as PCF estiverem fechadas;

b. esse registro é colocado entre um espaço pressurizado e um espaço interno ou externo, desde que haja garantias de funcionamento, considerando-se a influência da ação dos ventos. Esse registro deve ser posicionado fora das áreas de risco e afastados de acordo com o Anexo E desta NT;

c. alternativamente ao registro de sobrepressão, podem ser adotados sistemas que modulem a capacidade dos ventiladores de pressurização (variador de frequência do motor), sob comando de um controlador de pressão com sensor instalado no interior da escada pressurizada;

d. para sistemas de pressurização que se utilizam 2 conjuntos motoventiladores, um funcionando como reserva do outro, deve ser instalado no sistema de dutos, um dispositivo automático que identifique a parada de um grupo motoventilador e possibilitar o imediato acionamento do outro;

e. orienta-se que, quando se utilizar registros (dampers) nas descargas dos ventiladores, suas lâminas sejam posicionadas de forma perpendicular ao eixo do ventilador, como forma de diminuir o chamado “efeito do sistema”;

f. sistemas de controle também devem ser aplicados nos trechos de escadas situados em subsolos, quando existir a descontinuidade no piso de descarga (térreo) todavia, deve-se ter a precaução de que aberturas não sejam utilizadas para os pavimentos enterrados, devendo-se dar preferência para instalação de registros de sobrepressão localizados no nível térreo ou, então, de variador de frequência ou similar.

5.3.7 Sistema de acionamento e alarme

a. o sistema principal para acionamento do sistema de pressurização, na situação de emergência, deve ser o de detecção automática de fumaça, pontual ou linear. Em todos os edifícios, deve haver tal sistema, no mínimo, no hall interno de acesso à escada pressurizada e nos seus corredores principais de acesso, dimensionados conforme NT 19 - Sistemas de detecção e alarme de incêndio;

Obs.: Todos os ambientes ou halls que possuem acesso direto à escada pressurizada devem possuir sistema de detecção de fumaça.

b. nos edifícios em que os detectores de fumaça foram instalados apenas para acionar a situação de emergência do sistema de pressurização, esse detector deve ser posicionado no lado de menor pressão de todas as PCF de comunicação entre a escada pressurizada e o espaço adjacente, nos locais indicados no Anexo B desta NT;

c. a instalação do detector de fumaça dentro do espaço pressurizado não é aceitável;

d. o uso do sistema de detecção não isenta o uso do sistema de alarme manual, sistema de chuveiros automáticos ou outro sistema de prevenção ou combate a incêndios.

Obs.: 1) A existência de sistema de chuveiros automáticos ou outro sistema de combate a incêndios não isenta a necessidade de instalação de sistema de detecção e alarme, como forma principal de acionamento do sistema de pressurização;

2) O treinamento da brigada de combate a incêndios e a elaboração de plano de abandono e emergências, para a plena utilização do sistema de detecção e alarme, devem ser elaborados e constantemente avaliados.

e. procedimentos devem ser adotados no sentido de se testar o sistema de alarme de incêndio, sem necessariamente operar o sistema de pressurização de escadas;

f. a instalação dos detectores automáticos ou acionadores manuais de alarme devem seguir as orientações do Corpo de Bombeiros e, subsidiariamente, o que preceitua a NT 19;

g. o painel da central de comando de alarme/detecção deve sinalizar o setor atingido, não sendo permitido que um laço de alarme/detecção supervisione mais de um pavimento; todas as indicações da central de alarme/detecção devem ser informadas na língua portuguesa;

h. qualquer sinal de alarme ou defeito deve ser interpretado pela central de alarme/detecção como alarme e deve acionar o sistema de pressurização, sendo que não é permitido, por meio da central de alarme, realizar o desligamento do sistema de pressurização, respeitadas as considerações dos itens seguintes;

i. o sistema de pressurização deve ser acionado imediatamente quando a central de alarme e detecção de incêndio receber sinal de ativação do detector de fumaça/calor e/ou acionador manual de alarme de incêndio instalados na edificação. O funcionamento de motoventiladores não pode depender da ativação dos dispositivos sonoros, cujo retardo pode causar a contaminação da escada pela fumaça oriunda do incêndio; dessa forma, o sistema de alarme e detecção de incêndio deve ativar o sistema de pressurização antes mesmo do reconhecimento do sinal de alarme pela pessoa responsável pela vigilância;

j. o detector de fumaça instalado na sala dos motoventiladores deve possuir laço exclusivo e independente (ou similar) dos demais e funcionar de forma diferenciada, ou seja, ao ser acionado, deve inibir o acionamento do sistema de pressurização;

k. somente é aceito, para garantia do sistema de pressurização, sistemas com acionadores manuais que sejam supervisionados pela central de alarme e detecção, de acordo com os critérios estabelecidos na NT 19;

l. a lógica do sistema deve contemplar a necessidade de se evitar que o sistema de pressurização da escada entre em funcionamento automaticamente em caso da existência real de fumaça no interior do compartimento que abriga o conjunto motoventilador, proveniente de um incêndio em suas adjacências. Dessa forma, devem ser adotados mecanismos adequados que impeçam que o falso alarme desative o funcionamento

do conjunto motoventilador. O monitoramento através do sistema de detecção de fumaça desse compartimento deve ser realizado através de um laço exclusivo e independente (ou similar) em relação aos demais detectores de fumaça e acionadores manuais de alarme da edificação;

m. o sistema de detecção deve ser submetido aos testes de acordo com a NT 19, e também com as interferências da pressurização, quando o sistema for de 2 estágios. Deve-se apresentar o laudo de teste do sistema de detecção, quando da solicitação da vistoria junto ao Corpo de Bombeiros; comprovando que foram realizados os testes de acordo com a referida norma, bem como, o devido recolhimento da ART (Anotação de Responsabilidade Técnica);

n. é permitido o uso de destravadores eletromagnéticos para PCF de acesso à escada pressurizada, sendo que o seu circuito deve ser ligado à central de comando do sistema de detecção e alarme. O sistema deve permitir ainda o destravamento manual por meio da central de comando do sistema de alarme, ou manualmente na própria PCF. Esse sistema tem a função de destravar a PCF automaticamente na falta de energia elétrica ou quando acionado o sistema de pressurização de escadas;

o. o tempo máximo de fechamento das PCF de acesso à escada pressurizada, onde houver destravadores eletromagnéticos, deve ser de 30 s;

p. os acionadores manuais de alarme, de forma complementar (e nunca substitutiva), devem sempre permitir o acionamento do sistema de pressurização em situação de emergência;

q. um acionador remoto manual, do sistema de pressurização, deve sempre ser instalado em cada local abaixo descrito:

1) Na sala de controle central de serviços do edifício (desde que possua fácil comunicação com todo o edifício) ou na portaria ou guarita de entrada do edifício com vigilância permanente;

2) No compartimento do grupo motoventilador e seus acessórios, se este for distante da sala de controle central;

r. a parada do sistema de pressurização, em situação de emergência, somente pode ser realizada de modo manual.

5.3.8 Métodos de escape do ar para o exterior, a partir dos pavimentos

a. no dimensionamento do sistema de pressurização devem ser previstas áreas de escape de ar para o exterior da edificação, de preferência utilizando-se de aberturas em pelo menos duas de suas faces. Tais aberturas em cada pavimento devem proporcionar, no total, um mínimo de vazão correspondente a 15% da vazão volumétrica média que escapa de uma PCF aberta (com velocidade de 1 m/s). Para tanto, o projetista deve adotar uma das alternativas abaixo:

1) Método do escape de ar por janelas;

2) Método do escape de ar através de aberturas especiais no perímetro do edifício, que permanecem normalmente fechadas, na condição normal de uso da edificação, e funcionem no caso de ativação do sistema de pressurização;

3) Método do escape de ar através de dutos verticais, desde que não comprometa a compartimentação vertical exigida para a edificação. As aberturas devem ser protegidas nos moldes do especificado na NT 09 - Compartimentação horizontal e compartimentação vertical;

4) Método do escape de ar através de extração mecânica, seguindo critérios adotados na NT 09 e NT 15 - Controle de fumaça;

5) Outro método, a critério do projetista, desde que seja possível comprovar o desempenho e não haja prejuízo às demais medidas de segurança exigidas para a edificação, como por exemplo, compartimentação vertical, entre outras.

b. nos edifícios onde haja necessidade de sistema de escape do ar de pressurização, baseado na operação automática dos dispositivos instalados para esta finalidade, o sinal que opera tais dispositivos deve ser o mesmo que aciona o grupo motoventilador no estágio de emergência. Sensores independentes, que acionem apenas os dispositivos de escape, não são permitidos;

c. todo equipamento acionado automaticamente para proporcionar o escape do ar de pressurização do

edifício, caso exista, deve ser incluído nos procedimentos de manutenção.

5.3.9 Procedimentos de manutenção

a. todo equipamento de pressurização deve ser submetido a um processo regular de manutenção, que inclui: o sistema de detectores de fumaça ou qualquer outro tipo de sistema de alarme de incêndio utilizado, o mecanismo de comutação, o grupo motoventilador, suas correias de interligação, dutos (sucção e/ou pressurização) e suas ancoragens e proteções contra incêndio, os sistemas para o fornecimento de energia em emergência, portas corta-fogo e o equipamento do sistema de escape do ar acionado automaticamente. Os cuidados com esses equipamentos devem ser incluídos no programa de manutenção anual do edifício e devem ser apresentados quando da solicitação de vistoria. Esses cuidados são de inteira responsabilidade do proprietário da edificação e/ou seu representante legal (como exemplo o síndico);

b. todos os sistemas de emergência devem ser colocados em operação semanalmente, a fim de garantir que cada um dos grupos motoventiladores de pressurização esteja funcionando;

c. sistemas que se utilizam de duplicidade de motores, condições devem ser dadas para o teste individualizado;

d. os diferenciais de pressão devem ser verificados anualmente, podendo ser prevista a instalação permanente de equipamentos para esta finalidade. Uma lista de verificações dos procedimentos de manutenção deve ser fornecida aos proprietários do edifício ao final das obras, pelos responsáveis da instalação do sistema, com manuais em português.

5.4 Integração com outras medidas ativas de proteção contra incêndio

5.4.1 Acionamento do sistema de pressurização

O acionamento do sistema de pressurização deve estar em conformidade com o item 5.3.7 desta NT, podendo haver a interligação com outros sistemas automáticos de combate, permitindo de forma secundária, o acionamento do sistema.

5.4.2 Dutos conjugados com sistema de controle de fumaça

Serão aceitos projetos com dutos conjugados de pressurização de escadas e controle de fumaça (para entrada de ar), desde que atendam as respectivas demandas concomitantemente.

5.5 Testes de aprovação

5.5.1 Aspectos gerais

a. um teste de fumaça não é satisfatório para se determinar o correto funcionamento de uma instalação de pressurização, visto que não se pode garantir que todas as condições climáticas adversas possam estar presentes no momento da execução do teste. Entretanto, esse teste pode, às vezes, revelar trajetórias indesejáveis de fluxo da fumaça provocadas por defeitos na construção.

b. o teste de aprovação da pressurização deve consistir de:

1) Medição do diferencial de pressão entre a escada e os espaços não pressurizados adjacentes com todas as PCF fechadas;

2) Medição da velocidade do ar que sai de um conjunto representativo (de acordo com estipulado no cálculo) de PCF abertas que, quando fechadas, separam o espaço pressurizado dos recintos ocupados do edifício.

c. o teste deve ser feito quando o edifício estiver concluído, com os sistemas de condicionamento de ar e de pressurização balanceados e todo o sistema pronto e funcionando, com cada componente operando satisfatoriamente e sendo controlado pelo sistema de acionamento no seu modo correto de operação em emergência. As medições efetuadas em campo devem seguir as recomendações da AMCA 203, pela literatura Field Performance Measurement of Fan System.

d. nos sistemas com 2 estágios são exigidas medições apenas com o segundo estágio operando (estágio de emergência);

e. O sistema de detecção deve ser submetido aos testes, de acordo com a NT 19, e também considerando as interferências da pressurização, quando o sistema for de 2 estágios.

5.5.2 Medição dos diferenciais de pressão

a. a medição dos diferenciais de pressão, entre os espaços pressurizados e os espaços não pressurizados adjacentes, deve ser feita com o auxílio de um manômetro de líquido ajustável ou outro instrumento sensível e adequadamente calibrado;

b. um local conveniente para medir o diferencial de pressão é por meio de uma PCF fechada. Pequenas sondas são colocadas de cada lado da PCF, sendo que uma das sondas passa através de uma fresta da PCF, ou por baixo dela. As duas sondas, a seguir, são ligadas ao manômetro por meio de tubos flexíveis. É importante que o tubo que passa através da fresta da PCF, efetivamente, atravesse-a e penetre suficientemente no espaço, para que a extremidade livre fique em uma região de ar parado. Sugere-se que essa sonda tenha uma dobra em L (de pelo menos 50 mm de comprimento), para que depois da inserção através da fresta, a sonda possa ser girada em ângulo reto em relação à fresta. Este processo introduz a extremidade livre em uma região de ar parado;

c. é importante que a inserção da sonda não modifique as características de escape da PCF, por exemplo, afastando a superfície da PCF do rebaixo no batente. A posição da sonda de medição deve ser escolhida de acordo com esses critérios.

5.5.3 Correção de divergências no nível de pressurização obtido

a. se houver qualquer divergência séria, entre os valores medidos e os níveis de pressurização especificados, os motivos dessa divergência devem ser detectados e corrigidos. Há 3 razões principais que explicam a não obtenção do nível de pressurização projetado:

- 1) vazão de ar insuficiente;
- 2) áreas de vazamento para fora do espaço pressurizado, excessivas;
- 3) áreas de escape do ar para fora do edifício, insuficientes.

b. deve ser medida a vazão de ar dos ventiladores e a vazão de ar através de todas as grelhas de insuflamento, a fim de se detectar os níveis de escape e o suprimento total de ar que chega à escada. Para a avaliação do teste de escape podem ser utilizados os

procedimentos previstos no MA UAL SMAC A, HVAC AIR DUCT LEAKAGE TEST MA UAL ou da Recomendação Técnica DW3 da Heating and Ventilation Contractors' Association (HVAC). Essas medições devem ser efetuadas com as PCF da escada fechadas, utilizando o próprio ventilador da instalação;

c. caso a vazão de ar que entra na escada esteja de acordo com a prevista em projeto, devem ser verificadas as frestas em redor das PCF, dando-se atenção especial à folga na sua parte inferior. Se qualquer PCF tiver folgas inaceitavelmente grandes, estas devem ser reduzidas. Devem ser localizadas, também, áreas de vazamentos adicionais não previstas, que devem ser vedadas;

d. caso a vazão de ar não atinja o nível previsto, o escape de ar a partir dos espaços não pressurizados deve ser examinado para se ter certeza que está em conformidade com o projeto e as necessidades desta NT. Se for inadequado, o escape deve ser aumentado para os valores recomendados. Como alternativa, pode ser aumentada a vazão de entrada de ar até o nível desejado de pressurização a ser atingido, mesmo diante de escapes adicionais ou de condições insuficientes. O nível de pressurização medido não deve ser menor que 90% do valor projetado, nem exceder a 60 Pa.

5.5.4 Medição da velocidade média do ar através de uma PCF aberta

a. essa medida deve ser tomada com um anemômetro de fio quente ou outro instrumento com resolução e exatidão adequados e devidamente calibrado;

b. velocidade média através da PCF aberta deve ser obtida por meio da média aritmética de pelo menos 12 medições em pontos uniformemente distribuídos no vão da PCF, sendo necessárias condições estáveis de vento e com o edifício vazio;

c. o número de PCF abertas durante a realização das medições deve seguir o estabelecido no Anexo B desta NT.

Anexo A

Tabela 1 - Níveis de pressurização

VALORES DE DIFERENCIAL DE PRESSÃO (Pa)		
SISTEMA DE 1 ESTÁGIO	SISTEMA DE 2 ESTÁGIOS	
50	1º ESTÁGIO	2º ESTÁGIO
	15	50

Observações:

1) Pa = Pascal, sendo que 10 Pa equivalem a 1,0 mmH₂O;

2) Quando pavimentos subterrâneos necessitem ser pressurizados, o projeto deve ser submetido à avaliação em Comissão Técnica.

Tabela 2 - Áreas típicas de escape para quatro tipos de PCF

TIPO DE PCF	TAMANHO (m)	Área de escape PCF aberta (m ²)	Área de escape PCF fechada (m ²)
PCF simples, batente rebaixado dando ACESSO ao espaço pressurizado	2,10 x 0,89	1,64	0,03
PCF simples, batente rebaixado permitindo a SAÍDA do espaço pressurizado	2,10 x 0,89	1,64	0,04
PCF dupla com ou sem rebaixo central dando ACESSO	2,10 x 0,89 (cada)	3,28	0,045
PCF dupla com ou sem rebaixo central permitindo SAÍDA	2,10 x 0,89 (cada)	3,28	0,06

Observação: os demais tipos de PCF, PCF duplas, portas de elevadores, suas dimensões devem ser verificadas junto aos fabricantes.

Anexo B

Resumo de exigências para os diversos tipos de edificações com sistemas de pressurização

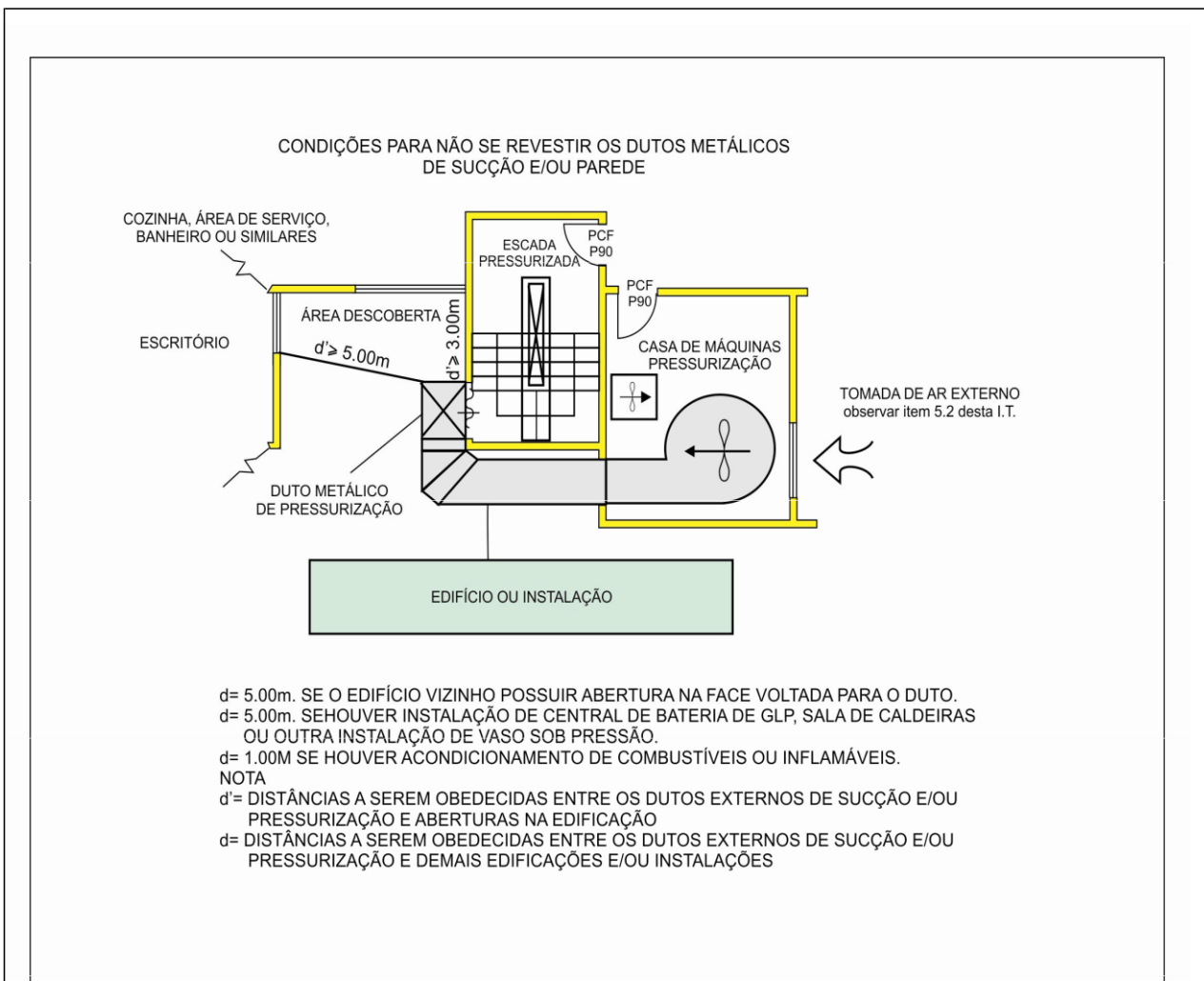
GRUPO	OCUPAÇÃO/USO (4)	CRITÉRIO DE ALTURA (7) (6)	NÚMERO DE PCF CONSIDERADAS ABERTAS (8) (9)	PREVER GRUPO MOTOGERADOR AUTOMATIZADO (Autonomia de 4 h)	PREVER DUPLICATA DO GRUPO MOTO VENTILADOR	LOCAIS A SEREM SUPERVISIONADOS PELO SISTEMA DE DETECÇÃO AUTOMÁTICA DE FUMAÇA (1)
A	Residencial (2) (3)	Até 80 m	1	NÃO (exceto Convento)	NÃO	a) no hall comum ou privativo de acesso à saída de emergência pressurizada;
		Acima de 80 m	2	SIM	SIM	
B	Serviço de Hospedagem	Até 30 m	2	SIM	SIM	b) em todos os corredores de circulação, em áreas comuns, utilizados como rota de fuga para acesso à saída de emergência pressurizada;
		Acima de 30 m	2	SIM	SIM	
C	Comercial	Até 12 m	2	SIM	SIM	c) em todos os corredores de circulação privativos, quando o acesso à saída de emergência pressurizada atender diretamente as áreas privativas;
		Acima de 12 m	2	SIM	SIM	
D	Serviço profissional (2)	Até 21 m(5)	1	NÃO (Apav < 750 m²)	NÃO (até 60 m)	d) em todos os ambientes com acesso direto à saída de emergência pressurizada;
		Acima de 21 m	2	SIM	SIM (a partir de 60m)	
E	Educativa e cultura física (2)	Até 30 m	2	NÃO	NÃO	e) no compartimento destinado ao conjunto motoventilador (laço exclusivo e independente ou similar);
		Acima de 30 m	2	SIM	SIM	
F	Local de Reunião de Público	Até 12 m	2	SIM	SIM	f) no compartimento destinado ao grupo motogerador, quando este atender ao sistema de pressurização de escadas;
		Acima de 12 m	2	SIM	SIM	
G	Serviço automotivo	Até 12 m	2	SIM	SIM	g) nos acessos à antecâmara de segurança do compartimento destinado ao conjunto motoventilador, quando este estiver localizado em pavimento subsolo.
		Acima de 12 m	2	SIM	SIM	
H	Serviço de saúde e institucional	Até 12 m	2	SIM	SIM	
		Acima de 12 m	2	SIM	SIM	
I	Indústria	Até 12 m	2	SIM	SIM	
		Acima de 12 m	2	SIM	SIM	
J	Depósito	Até 12 m	2	SIM	SIM	
		Acima de 12 m	2	SIM	SIM	
L	Explosivos	Até 12 m	2	SIM	SIM	
		Acima de 12 m	2	SIM	SIM	
M	Especial	Até 12 m	2	SIM	SIM	
		Acima de 12 m	2	SIM	SIM	

Notas:

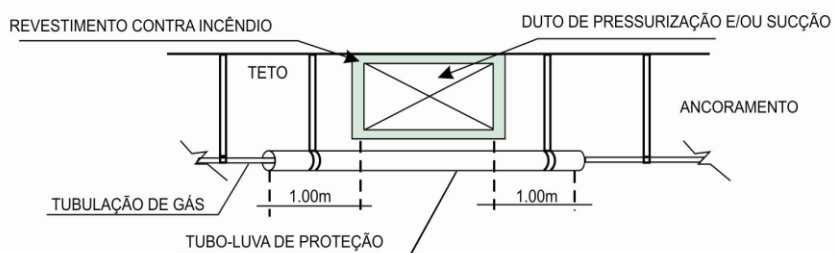
- (1) A exigência de sistema de detecção de fumaça para o sistema de pressurização não isenta a edificação das demais exigências previstas na Lei Complementar nº 082/2004.
- (2) Conforme item 5.3.1. letra c: “os edifícios residenciais com até 80 m de altura e escritórios com até 60 m de altura e nos edifícios escolares com até 30 m de altura, é permitido o uso de somente um ventilador com um motor. De forma substitutiva, podem ser utilizados 2 grupos motoventiladores, sendo que cada grupo deve, no mínimo, garantir 50% da vazão total do sistema e 100% da pressão total requerida, para atuarem especificamente no estágio de emergência, e em conjunto”.
- (3) Em edificações com altura superior a 12 m, do tipo Convento, é exigido grupo motogerador automatizado.
- (4) Quando o subsolo necessitar de proteção por escada à prova de fumaça, conforme NT 11, esta poderá alternativamente ser dotada de sistema de pressurização.
- (5) Edificações isentas de uso do grupo motogerador desde que a área de cada pavimento seja inferior a 750 m².
- (6) Somente é exigido “antecâmara de segurança” nos acessos à escada pressurizada, de acordo com item 5.1.6.8 desta NT, para edificações residenciais com altura igual ou superior a 120 m e demais ocupações com altura igual ou superior a 90 m.
- (7) Quando a edificação for dotada de elevador de emergência, seus acessos devem ser protegidos por antecâmara de segurança, conforme descrito no item 5.1.6.7. desta NT, em todos os pavimentos, inclusive para os pavimentos situados abaixo do piso de descarga; essa antecâmara pode ser dispensada apenas no nível térreo (piso de descarga) quando este não estiver em local de risco de incêndio, ou seja, esse pavimento seja destinado única e exclusivamente a hall de recepção ou, caso possua loja ou dependências com carga incêndio, estas devem possuir compartimentação em relação à esse hall.
- (8) Caso o edifício possua local de reunião de público, adotar o item 5.1.6.4. letra (j) desta NT.
- (9) Foi considerado que o acesso do pavimento para a escada se dá apenas por uma PCF; se o pavimento tiver acesso por duas ou mais PCFs, o cálculo será pelo n° total de PCFs de acesso multiplicado pelo n° de pavimentos do cálculo.
- (10) A previsão de detecção automática de fumaça nos locais descritos no item I acima não isenta a edificação da instalação desse mesmo sistema em outros locais que porventura sejam exigidos pelo Código Estadual de Proteção Contra Incêndio e Emergência de Roraima (CEPCIE).
- (11) Toda edificação com altura superior a 150 m deve obrigatoriamente ser analisada por meio de Comissão Técnica.

Anexo D

Condições para não se revestir os dutos metálicos de sucção e/ou pressurização



EXEMPLO DE USO DE TUBO-LUVA DE PROTEÇÃO



DESENHO APENAS ILUSTRATIVO

Anexo F

Modelo de cálculo de vazão do sistema de pressurização de escada

I – Parâmetros para os cálculos de vazão de ar

- 1) Quantidade de pavimentos com comunicação com a escada pressurizada: 18
- 2) Quantidade total de portas corta-fogo (PCF) de ingresso à escada de segurança: $p_I = 17$ portas simples
- 3) Quantidade total de PCF de saída da escada de segurança: $p_S = 01$ porta simples
- 4) Quantidade de PCF abertas a serem consideradas no cálculo para a situação de emergência (incêndio): $p_A = 02$ (conforme Anexo B - Edifício de serviços profissionais)
- 5) Área de vazamento por meio de frestas das portas corta-fogo (PCF) que comunicam a escada pressurizada com os diversos pavimentos adotando PCF simples e batentes rebaixados. Conforme Tabela 2 do Anexo A:
 - a. $0,03 \text{ m}^2$ – porta de acesso ao espaço pressurizado
 - b. $0,04 \text{ m}^2$ – porta de saída do espaço pressurizado
- 6) Área de passagem de ar por meio do vão de luz de uma porta corta-fogo aberta, em caso de situação de incêndio – adotar PCF simples: $1,64 \text{ m}^2$ (conforme Tabela 1 do Anexo A)
- 7) Fator de segurança adotados:
 - a. 15% para vazamentos em dutos metálicos;
 - b. 25% para vazamentos não identificados.
- 8) Velocidade mínima de ar pressurizado escapando através de uma porta aberta: $V = 1\text{m/s}$

II - Cálculo do suprimento de ar necessário para se obter o diferencial de pressão entre a escada e os ambientes contíguos

1) Condições consideradas:

- a. situação de emergência (incêndio);
- b. todas as PCF da escada pressurizada fechadas;
- c. diferencial de pressão entre o espaço pressurizado e os ambientes contíguos igual a 50 Pa.

2) Cálculo das áreas de restrição - escape de ar através de frestas das portas - (A):

a. dados:

$p_I = 17$; área de fresta de $0,03\text{m}^2$ para PCF de ingresso

$p_S = 01$; área de frestas de $0,04 \text{ m}^2$ para PCF de saída

b. cálculo da área de escape de ar por meio das frestas das PCF de ingresso ao espaço pressurizado (A_{pI}):

$$A_{pI} = 17 \times 0,03 \text{ m}^2$$

$$A_{pI} = 0,51 \text{ m}^2$$

c. cálculo da área de escape de ar por meio das frestas das PCF de saída do espaço pressurizado (A_{pS}):

$$A_{pS} = 01 \times 0,04 \text{ m}^2$$

$$A_{pS} = 0,04 \text{ m}^2$$

d. cálculo da área total de restrição (A):

$$A = A_{pI} + A_{pS} = 0,51 \text{ m}^2 + 0,04 \text{ m}^2$$

$$A = 0,55 \text{ m}^2$$

3) Cálculo do fluxo de ar necessário para o sistema de pressurização considerando as PCF fechadas - (Q_{FT})

Cálculo de Q_{FT} :

$$Q_{FT} = 0,827 \times A \times (P)^{(1/2)} \text{ (Equação 1)}$$

sendo

$$A = \text{área de restrição} = 0,55 \text{ m}^2$$

$$P = \text{diferencial de pressão} = 50 \text{ (Pa)} \text{ (conforme Anexo A da IT)}$$

$$N = \text{índice numérico} = 2$$

$$\text{Portanto, } Q_{FT} = 0,827 \times 0,55 \times (50)^{1/2}$$

$$Q_{FF} = 3,22 \text{ m}^3/\text{s}$$

III - Cálculo do suprimento de ar necessário para a condição de portas abertas

1) Condições consideradas:

a. área de passagem de ar por meio do vão de luz de uma porta corta-fogo aberta:

$$A_{VL} = 1,64 \text{ m}^2;$$

b. quantidade de PCF abertas a serem consideradas no cálculo para a situação de emergência (incêndio):

$$N_{PA} = 02 \text{ (sendo 1 de ingresso e 1 de saída)}$$

c. área de passagem de ar por meio das frestas de uma porta corta-fogo fechada:

$$A_{PF} = 0,03 \text{ m}^2 \text{ (portas de ingresso);}$$

d. quantidade de PCF fechadas a serem consideradas no cálculo:

$$N_{PF} = 16$$

e. velocidade mínima de ar pressurizado escapando através de uma porta aberta:

$$V_{PA}(\text{min}) = 1 \text{ m/s}$$

2) Cálculo da área aberta considerando as portas abertas mais as frestas das PCF consideradas fechadas:

$$A_{PA} = A_{VL} \times N_{PA} + A_{PF} \times N_{PF}$$

$$A_{PA} = 1,64 \text{ m}^2 \times 02 + 0,03 \times 16$$

$$A_{PA} = 3,76 \text{ m}^2$$

3) Cálculo da vazão de ar através da área aberta (Q_{AT}):

$$Q_{AT} = A_{PA} \times V_{PA}$$

$$Q_{AT} = 3,76 \text{ m}^2 \times 1,0 \text{ m/s}$$

$$Q_{AT} = 3,76 \text{ m}^3 / \text{s}$$

IV - Cálculo de vazão de ar considerando o incremento dos valores referenciais de vazamentos em dutos e vazamentos não identificados

1) Condições:

a. fator de segurança quanto ao tipo de duto: dutos metálicos: 15%

b. fator de segurança para vazamentos não identificados: 25%

2) aplicação das condições previstas na Equação 4:

$$Q_{FT} < Q_{AT}, \text{ então } Q_T = Q_{AT}$$

$$Q_T = 3,76 \text{ m}^3/\text{s}$$

3) Cálculo da vazão de ar para pressurização com acréscimo dos fatores de segurança:

$$Q_{TS} = Q_T \times 1,4 \text{ [Equação 5 a) item 5.1.6.6]}$$

$$Q_{TS} = 3,76 \times 1,4$$

$$Q_{TS} = 5,26 \text{ m}^3/\text{s}$$