



BS 5588 : Part 4 : 1978
UDC 614.841.334 : 699.815 : 721.052.2

Diretrizes relativas a

Precauções contra incêndio no projeto de edificações

Seção 4. Controle de fumaça através de pressurização, nas saídas de emergência protegidas.

Code of practice for

Fire precautions in the design of buildings

Part 4. Smoke control in protected escape routes using pressurization.

Code de bonne pratique pour les précautions contre l'incendie dans le calcul des bâtiments.

Partie 4. Contrôle de la fumée dans les voies de secours protégées utilisant la pressurisation.

Richtlinie für die Brandschutzvorkehrungen in der Ausführung von Bauten.

Teil 4. Rauchkontrolle in geschützten Fluchtwegen mit Druckbelüftung.

British Standards Institution

Gr8

BS 5588 : Part 4 : 1978

This British Standard, having been prepared under the direction of the Codes of Practice Committee for Building was published under the authority of the Executive Board on 30 June 1978.

© British Standards Institution, 1978

ISBN 0 580 10260 2

Copyright
Users of British Standards are reminded that copyright subsists in all BSI publications. No part of this publication may be reproduced in any form without the prior permission in writing of BSI. This does not preclude the free use, in the course of implementing the standard, of necessary details such as symbols and size, type or grade designations. Enquiries should be addressed to the Publications Manager, 101 Pentonville Road, London N1 9ND (Telephone 01-837 8801; Telex 23218).

Contract requirements

Attention is drawn to the fact that this British Standard does not purport to include all the necessary provisions of a contract.

Revision of British Standards

British Standards are revised, when necessary, by the issue either of amendment slips or of revised editions. It is important that users of British Standards should ascertain that they are in possession of the latest amendments or additions.

The following BSI references relate to the work on this standard:
Committee reference **BLCP/24** Draft for comment 76/12178 DC

FSM/14 (revised)

Code drafting committee BLCP/24 Precautions against fire

Most of the work on this code was undertaken while the reference number of the responsible committee was BLCP/24. The reference number was changed to FSM/14 in December 1977, but the membership was not altered because of the change in committee reference.

Committee Chairman
Association of Metropolitan Authorities
British Fire Services' Association
British Gas Corporation
Chief and Assistant Chief Fire Officers Association
Concrete Society Limited
Consumers' Standards Advisory Committee of BSI

P G Robinson
I Riley
C G Durrant
K J D Brady

Department of Education and Science
Department of Health and Social Security
Department of the Environment (PSA)

G Karran
R D Anchor

Mrs C Davis OBE
E P Cavanaugh
D H Griffin
R D Gajjar
K Elvin
D Andrews

Department of the Environment, Building
Research Establishment, Fire Research Station

G M E Cooke
A J M Heselden

Department of the Environment, Housing and
Construction
Electricity Supply Industry in England and Wales
Fire Insurers Research and Testing Organization
Fire Officers' Committee
Fire Protection Association
Greater London Council

A P Roach
G R Galaway
R W Pickard
G C Ackroyd
R W Fisher
K A Cockman
M J Doherty

Health and Safety Executive

Home Office
Incorporated Association of Architects
and Surveyors

Institute of Building Control
Institution of Fire Engineers
Institution of Gas Engineers
Institution of Structural Engineers

Multiple Shops Federation
National Coal Board
National Council of Building Materials Producers
Royal Institute of British Architects
Royal Institution of Chartered Surveyors

Scottish Development Department

HM Senior
Chemical
Inspector of
Factories
Fire Advisor
P G Robinson

P Mitchell
D J Edge
A R Oxley
I J Reader
K J D Brady
J M Brighton
D E Steadman
J E Aitken
Dr W G Kaye
P Jackman
A C Parnell
A Solomons
T D Hogg
M R Miller

Former members

Chief and Assistant Chief Fire Officers'
Association
Consumer Standards Advisory Committee of BSI

Fire Protection Association
Institution of Structural Engineers
National Council of Building Material Producers

R T Ford
J C Maxwell OBE
T N Watkins OBE
The Director
J C M Forrest
N M Chaldecott

Amendments issued since publication

Amd. No.	Date of issue	Text affected

Índice

	Página
Introdução	05
 Norma	
1. Alcance	07
2. Referências bibliográficas	07
3. Definições	07
4. A construção	08
5. O sistema	15
6. Instalação e equipamento	32
7. Aspectos gerais	36
 Anexo	
A. Exemplo de um caso	39
 Tabelas	
1. Níveis de pressurização	16
2. Valores de $(P)^{1/N}$ para $N=2$ e $N=1,6$	17
3. Áreas típicas de vazamento para 4 tipos de portas	19
4. Dados sobre o vazamento de ar relativo às portas	20
5. Dados sobre o vazamento de ar relativo às janelas	20
6. Valores do fator F para diversos tamanhos de aberturas de ventilação	22
7. Valores de K	23
8. Fluxo de ar através de uma porta aberta (1ª hipótese)	25
9. Fluxo de ar através de uma porta aberta (2ª hipótese)	26
10. Fluxo de ar através de duas portas abertas	26
11. Comprimento total mínimo das frestas das janelas	30
12. Sugestões para a escolha de um sistema de ventilação	31
 Figuras	
1. Pressurização somente da escada	10
2. Pressurização somente da escada (sem proteção para o saguão dos elevadores)	11
3. Pressurização da escada e do saguão dos elevadores	12
4. Rotas de vazamento em série	18
5. Rotas de vazamento em paralelo	18
6. Resistência combinada de rotas em série e paralelas	18
7. Diagrama de vazamento a partir das portas dos elevadores nos andares	21
8. Diagrama das condições de fluxo de ar relacionadas na tabela 8	25
9. Diagrama das condições de fluxo de ar relacionadas na tabela 9	26
10. Diagrama das condições de fluxo de ar relacionadas na tabela 10	26
11. Planta do edifício usada no exemplo detalhado	39

Introdução

Estas diretrizes foram elaboradas como complementação do código CP3 "Código de dados básicos para a projeção de edificações", Capítulo IV "Precauções contra incêndio", que inclui as seguintes Seções, todas elas em processo de revisão:

CP3 Capítulo IV: 1948 Precauções contra incêndio (casas e apartamentos de no máximo dois andares).

Seção 1 Apartamentos e duplex (em blocos de mais de dois andares).

Seção 2 Lojas e lojas de departamentos.

Seção 3 Edifícios de escritórios.

De conformidade com as práticas adotadas pelo BSI este código foi publicado como uma nova Seção da norma BS 5588. Outras seções incluirão as revisões das Seções do CP3 mencionadas acima: Capítulo IV e novas normas em processo de elaboração que fornecerão as diretrizes relativas às precauções a serem tomadas em construções de valor histórico e locais onde há concentração de público. Outras normas poderão vir a ser acrescentadas.

As normas do CP3: Capítulo IV e as editadas pelo *Greater London Council* (Conselho Administrativo da Grande Londres) para serem utilizadas em relação às Leis de Construção em Londres, juntamente com as Regulamentações dos Padrões de Construção (Escócia), exigem ventilação natural nas escadas, saguões e corredores que constituem as saídas de emergência protegidas.

Estas normas apresentam um método diferente para manter livres da fumaça as saídas de emergência protegidas, através da pressurização dessas saídas, criando assim um padrão de fluxo de ar que se afasta dessas áreas. Os objetivos destas normas são determinar os princípios gerais e fornecer dados técnicos e de planejamento relativos à pressurização das saídas de emergência protegidas. A pressurização é um entre vários métodos para controle da fumaça em edifícios no caso de um incêndio e não se pretende sugerir que seja o único método eficaz em todas as circunstâncias. Entretanto, ele tem certas vantagens, visto que oferece maior flexibilidade no tocante ao *layout* e reduz os custos em alguns casos justamente por causa desta flexibilidade.

Os projetistas terão que apresentar o sistema descrito nesta norma às autoridades que controlam o sistema de construções como uma alternativa para a ventilação natural que possivelmente seja exigida em virtude de legislação específica, ou recomendada pelo CP3 no seu Capítulo IV.

As saídas de emergência protegidas podem

incluir corredores, saguões, escadas e outros espaços comunicantes ligados a uma saída externa. Saídas não protegidas incluem os espaços dentro de salas ou andares abertos e corredores aos quais se aplica a norma das distâncias a percorrer. As distâncias a percorrer, tal como especificadas em outras normas e regulamentações, não devem ser modificadas em consequência do emprego do controle de fumaça descrito nesta norma.

Quando estiverem em uma saída protegida, as pessoas de um edifício deverão poder encaminhar-se para a saída externa e a segurança ao ar livre. A fumaça e os gases tóxicos, mais que as chamas, inibem inicialmente esta movimentação e a exclusão de fumaça e gases das saídas protegidas é, portanto, extremamente importante.

Em um projeto comum de prevenção de incêndio a intenção sempre será a de confinar o fogo em um compartimento de incêndio e, embora esta medida seja eficaz para limitar a propagação do incêndio, a fumaça penetra rapidamente os espaços adjacentes através de várias aberturas existentes no compartimento de incêndio e que permitem o vazamento, tais como fendas, folgas em torno de canos, dutos, grades para fluxo de ar e portas. Numa construção bem feita o vazamento através de alguns destes pontos será minimizado, mas geralmente não é possível vedá-los completamente.

Há dois fatores principais que determinam o movimento da fumaça resultante de um incêndio em um edifício. Esses fatores são:

- a) a mobilidade da fumaça que resulta do fato de que ela consiste de gases quentes, menos densos que o ar local;
- b) o movimento normal do ar (que pode não ter nada a ver com o incêndio) transportará a fumaça, às vezes lentamente, às vezes rapidamente, para outras partes do edifício.

O movimento do ar é controlado:

- a) pelo efeito de chaminé (veja o item 3.1.4);
- b) pelo vento, já que todos os edifícios têm vazamentos de ar e sofrem a ação do vento que contribui para a movimentação do ar através desses pontos de vazamento;
- c) por qualquer sistema mecânico de circulação de ar instalado no edifício.

A pressurização cria diferenciais de pressão que se opõem e superam aquelas geradas pelos fatores que causam a movimentação da fumaça. Na pressurização o ar é injetado nas saídas protegidas, isto é, nas escadas, saguões e corredores, a fim de aumentar a pressão ligeiramente acima da pressão existente nas partes adjacentes do edifício. Conseqüen-

temente, a fumaça e os gases tóxicos muito provavelmente não conseguirão encontrar um caminho para penetrar nas saídas de emergência.

A utilização de um sistema que extrai ar dos espaços pressurizados é totalmente desaprovada porque tomará extremamente difícil a manutenção da pressão necessária nas saídas de emergência.

Torna-se necessário determinar não apenas de onde virá o suprimento de ar fresco para a pressurização de um edifício, mas também por onde sairá esse ar fresco e que rotas serão utilizadas no processo. O objetivo é criar um gradiente de pressão (e, conseqüentemente, um padrão de fluxo de ar) tendo uma pressão mais alta nas saídas de emergência protegidas e diminuindo gradativamente nas áreas afastadas das saídas de emergência. Os critérios para projeção são apresentados em detalhe na cláusula 5 e se referem às diversas formas possíveis para dispor o escapamento do ar pressurizado.

Um sistema de pressurização para controle da fumaça deveria:

- a) controlar efetivamente a fumaça nas saídas de emergência protegidas;
- b) ser facilmente acessível quando houver um incêndio;
- c) ser confiável e capaz de funcionar durante um período de tempo que corresponda ao padrão de resistência ao fogo dos elementos que compõem a estrutura de um edifício;
- d) ser simples e econômico.

Algumas das vantagens que se pode esperar do uso da pressurização são:

- a) as escadas e saguões devem ser colocadas nas paredes externas;
- b) talvez não seja necessário recorrer aos poços de ventilação como medida alternativa de ventilação;
- c) talvez seja possível eliminar algumas "portas contra fogo" nas saídas de emergência;
- d) talvez seja possível eliminar a escada adicional que é considerada necessária para o cálculo do número de escadas exigido em função da densidade populacional do edifício quando outros métodos de controle da fumaça são empregados;
- e) conservação de energia.

Os diagramas que acompanham o texto desta norma destinam-se apenas a esclarecer pontos salientados no texto. Não se deve supor que a disposição mostrada seja mais satisfatória que outras que poderiam ser projetadas.

Recomenda-se que as autoridades encarregadas do controle das edificações sejam consultadas numa etapa inicial do projeto a fim de verificar se as propostas relacionadas às saídas de emergência são satisfatórias, bem como se outras regulamentações relativas às edificações foram atendidas, como por exemplo as que dizem respeito à ventilação de partes dos edifícios para fins de saúde pública.

Esta norma não contém todas as informações necessárias para projetar satisfatoriamente um esquema de pressurização, o que deveria ser feito por pessoa competente.

Normas Britânicas Padrão para

Precauções contra incêndio na projeção de edifícios

Seção 4. Controle da fumaça através da pressurização, em saídas de emergência protegidas.

1. Alcance

Estas diretrizes fornecem orientações quanto ao uso da pressurização em edifícios, para controle da fumaça em saídas de emergência protegidas.

Esta norma destina-se à aplicação em novos edifícios, embora não haja razão para que seus princípios não possam ser empregados por ocasião da reforma ou adaptação de construções já existentes. Em princípio esta norma é para ser aplicada a saídas de emergência protegidas de prédios de apartamentos e duplex, bem como escritórios e lojas; ela apresenta um método para a proteção das saídas de emergência, como alternativa para os métodos estabelecidos nas Seções 1, 2 e 3 do código CP3, Capítulo IV.

Os princípios estabelecidos na norma podem ser empregados por outros grupos de ocupação e finalidades diferentes, sempre que o objetivo fundamental seja manter as saídas de emergência protegidas e livres dos produtos da combustão.

Esta norma não se destina aos grandes *shopping centers* e aos projetos de recuperação das áreas centrais de cidades. Informações quanto a esses tipos de projeto podem ser encontradas na publicação do HMSO "*Fire Prevention Guide 1: Fire Precautions in Town Centre Redevelopments*" (Guia Nº 1 para a Prevenção de Incêndios: Precauções Contra Incêndio em Projetos de Recuperação das Áreas Centrais de Cidades).

2. Referências Bibliográficas

Os títulos das publicações que contêm os padrões mencionados nesta norma estão relacionados na contra-capá.

3. Definições

As definições constantes do BS 4422 são aplicadas para os fins desta norma, além das relacionadas abaixo.

3.1 - duto de ar. Uma passagem para a movimentação do ar.

3.2 - saída de ar ou saída de ventilação. O movimento do ar para fora de um edifício através de

uma saída de baixa resistência representada por aberturas acidentais ou especialmente projetadas, sendo o movimento do ar causado pelo diferencial de pressão criado dentro do edifício.

3.3 - vazamento de ar. O movimento do ar, geralmente a partir de um espaço pressurizado, através de aberturas com uma área de seção transversal relativamente pequena.

3.4 - suprimento de ar. Uma corrente de ar mecanicamente dirigida através de um duto apropriado, ou impelida pela ação direta de um ventilador.

3.5 - força ascensional. A força de ascensão exercida sobre um líquido quando este é circundado por outro mais denso.

3.6 - área de vazamento. A área da seção transversal da passagem para saída de ar, medida normalmente no sentido da direção do fluxo de ar e geralmente integrada à área total de um determinado componente do edifício (tal como uma porta ou janela).

3.7 - saguão. Um espaço em um edifício usado para separar uma parte do prédio de outra, habitualmente separando uma escada das áreas de utilização geral.

3.8 - câmara de distribuição. Um compartimento, câmara, ou espaço ao qual estão ligados um ou mais dutos de ar e que faz parte de um sistema de distribuição de ar.

3.9 - diferencial de pressão. A diferença de pressão entre dois espaços adjacentes de uma construção.

3.10 - espaço pressurizado. Um espaço em uma construção no qual a pressão do ar é mantida a um valor mais alto que no restante do edifício através da entrada direta de um suprimento de ar.

3.11 - pressurização. Método para proteger saídas de emergência contra a entrada da fumaça, mantendo o ar nessas passagens a uma pressão mais alta que a existente nas partes adjacentes do edifício.

3.12 - nível de pressurização. A diferença de pressão entre o espaço pressurizado e o recinto servido pela saída de emergência pressurizada (expresso em pascals (Pa))*.

* 1 Pa = 1N/m².

3.13 - saguão simples. Um saguão que não tenha outras portas de comunicação além da porta para uma escada e da porta (ou portas) de acesso a diferentes recintos.

Observação. Um saguão que tenha portas de acesso a sanitários ou portas de elevadores não é um saguão simples.

3.14 - efeito de chaminé. O diferencial de pressão provocado pelo ar dentro de um edifício, que está a uma temperatura diferente daquela do ar na parte externa e que, quando há aberturas na parte superior ou inferior, promove um fluxo de ar natural através do edifício, para cima quando o ar dentro do edifício for mais quente que o da parte externa e para baixo quando for mais frio.

4. A Construção

4.1 Aspectos Gerais

4.1.1 - Princípio geral de pressurização. Os espaços a serem pressurizados serão aqueles que constituem as saídas de emergência protegidas. Estas são a(s) escada(s), os saguões e, em alguns casos, os corredores. Um ou mais desses espaços será pressurizado e o princípio geral é que o controle da fumaça só será satisfatório nos espaços pressurizados, isto é, que têm uma entrada de ar pressurizado (suprimento de ar). Assim sendo, o nível desejado de prevenção da invasão pela fumaça determinará os espaços a serem pressurizados.

4.1.2 - Pressurização em um ou dois estágios. O sistema de pressurização pode ser projetado para operar somente em uma emergência. Este é chamado o sistema em um estágio. Alternativamente pode-se incorporar um nível baixo de pressurização ao sistema normal de ventilação, em funcionamento contínuo nos espaços apropriados, com previsão para um nível maior de pressurização que entrará em funcionamento em uma emergência. Este é o chamado sistema em dois estágios. (Veja o item 5.2.1)

De maneira geral o sistema em dois estágios é considerado preferível porque uma certa medida de proteção estará permanentemente em operação e, portanto, qualquer propagação de fumaça nas etapas iniciais de um incêndio será prevenida. Entretanto, qualquer um dos métodos será aceitável desde que as circunstâncias especiais cobertas por esta norma sejam levadas em conta.

4.1.3 - Material inflamável em saídas de emergência protegidas. É importante que todas as escadas, saguões ou corredores que integram uma

saída de emergência protegida contenham, ou possam vir a conter, o mínimo de materiais inflamáveis que poderiam dar origem a um incêndio.

4.2 Métodos de pressurização dos espaços a serem pressurizados

4.2.1 - Método 1. Pressurização somente da(s) escada(s). A proteção conferida por este método limita-se apenas à parte vertical da saída de emergência. Ele é apropriado somente nos edifícios nos quais não há necessidade de controle da fumaça para a parte horizontal da saída de emergência em cada andar do edifício e, de maneira geral, deveria ser utilizado somente quando houver acesso direto à escada a partir dos diferentes recintos, ou de um saguão simples. Por definição (veja o item 3.13) este não deveria ser o saguão de acesso aos elevadores ou outros recintos (por exemplo, sanitários) que poderiam representar uma rota de vazamento considerável e permitir que o ar pressurizado se desviasse da direção de fluxo necessária.

Um saguão simples, ou antecâmara, que pode ser necessário para completar a proteção da escada contra incêndio, servirá para reduzir o efeito de uma porta de acesso para a escada pressurizada que esteja aberta.

O saguão simples não deve ser ventilado, o que fará com que seja automaticamente pressurizado pelo ar que sai da escada. A Figura 1 ilustra alguns exemplos de escadas pressurizadas que dão acesso a um saguão simples. A pressurização resultante no saguão é indicada, bem como o efeito de uma porta aberta no saguão. A Figura 2 mostra as condições criadas quando somente a escada for pressurizada e esta der acesso a um saguão simples e deste para o saguão dos elevadores; esta disposição não é aceitável.

Todas as escadas pressurizadas de um edifício devem ser pressurizadas em uma emergência.

4.2.2 - Método 2. Pressurização da(s) escada(s) e do trajeto horizontal, total ou parcialmente.

4.2.2.1 - Aspectos Gerais. Em todos os edifícios nos quais cada andar tem um componente horizontal da saída de emergência protegida (além do saguão simples mencionado no item 4.2.1), a pressurização deveria incluir o saguão e possivelmente os corredores ligados a ele.

Esta disposição leva a proteção até a porta que dá acesso aos diferentes recintos nos quais poderia ter início um incêndio. Além disto, o efeito de uma porta aberta sobre os níveis de pressurização atinge em grande parte o próprio andar onde esta se localiza.

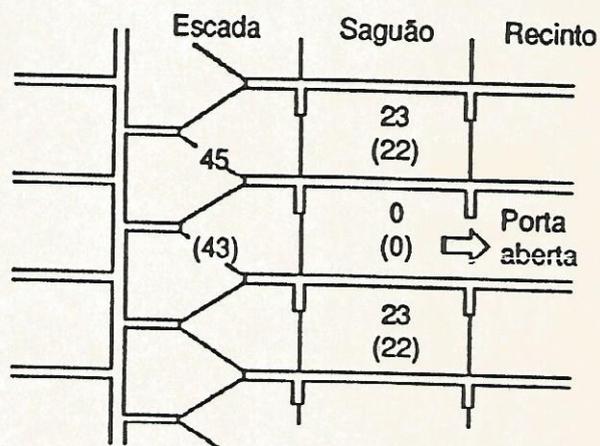
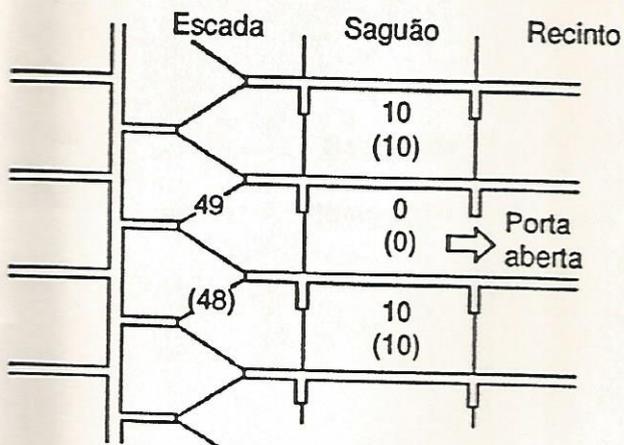
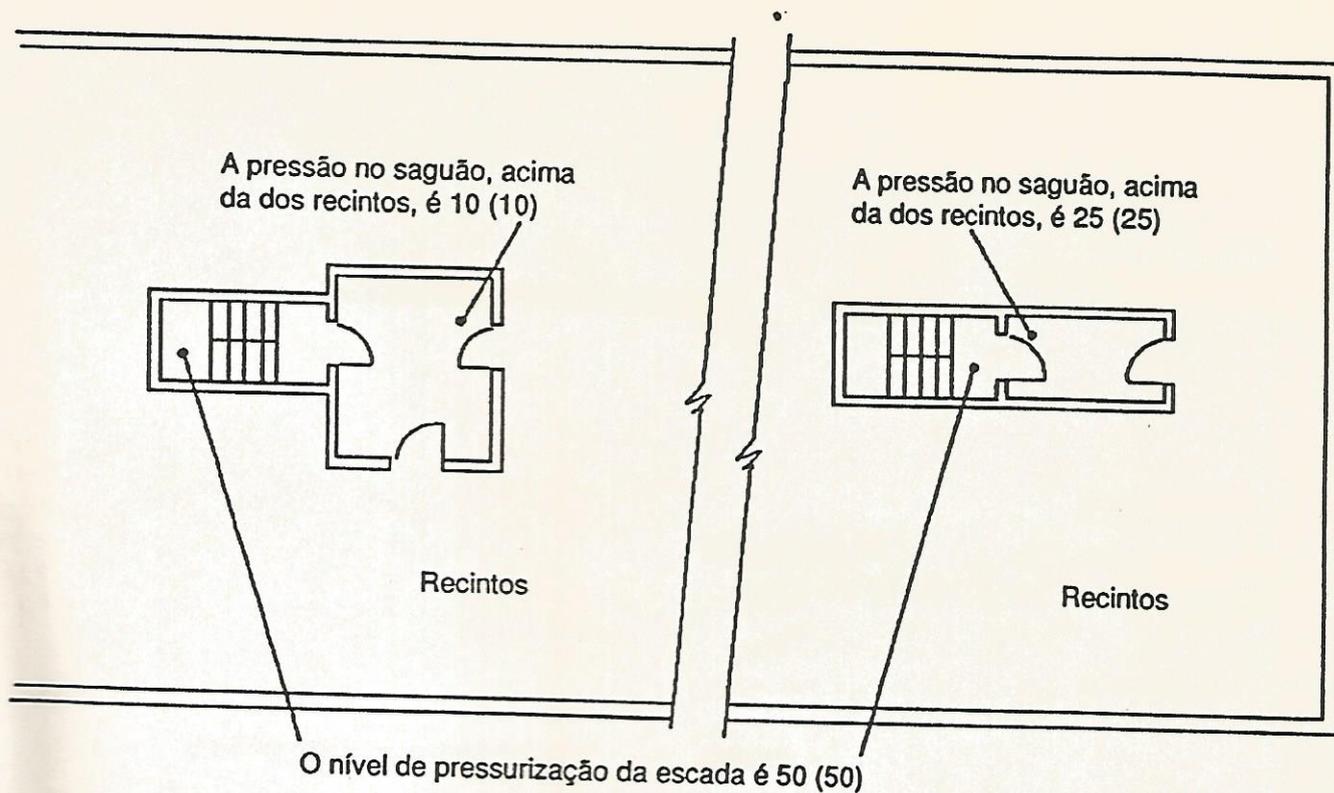
Todas as escadas pressurizadas, assim como

todos os saguões e corredores pressurizados, de todos os andares, devem ser pressurizados em uma emergência.

4.2.2.2 - Pressurização da escada e saguão. Se um saguão que separa a escada de recintos que não sejam um saguão simples, este saguão deveria ser pressurizado independentemente da escada, isto é, deveria ter um suprimento de ar pressurizado proveniente de um duto (ou fonte) separado daquele que alimenta a escada. A pressão no saguão deveria ser igual ou ligeiramente inferior à pressão na escada (mas não mais do que 5 Pa a menos). A Figura 3 apresenta um exemplo de pressurização independente da es-

cada e do saguão dos elevadores e indica o efeito de uma porta aberta.

4.2.2.3 - Pressurização da escada, saguão e corredor. Se o saguão der acesso a um corredor de construção resistente (isto é, 30 minutos ou mais de resistência ao fogo) que faz parte da saída de emergência protegida, a pressurização pode ser estendida com vantagens até o corredor, permitindo assim que o controle da fumaça seja exercido até a porta de acesso a cada recinto, escritório, ou apartamento. Para que isto seja possível é preciso prever um suprimento de ar independente daquele projetado para o corredor e sua pressão deve ser igual ou ligeiramente inferior à do saguão associado, mas não mais que 5 Pa a menos.

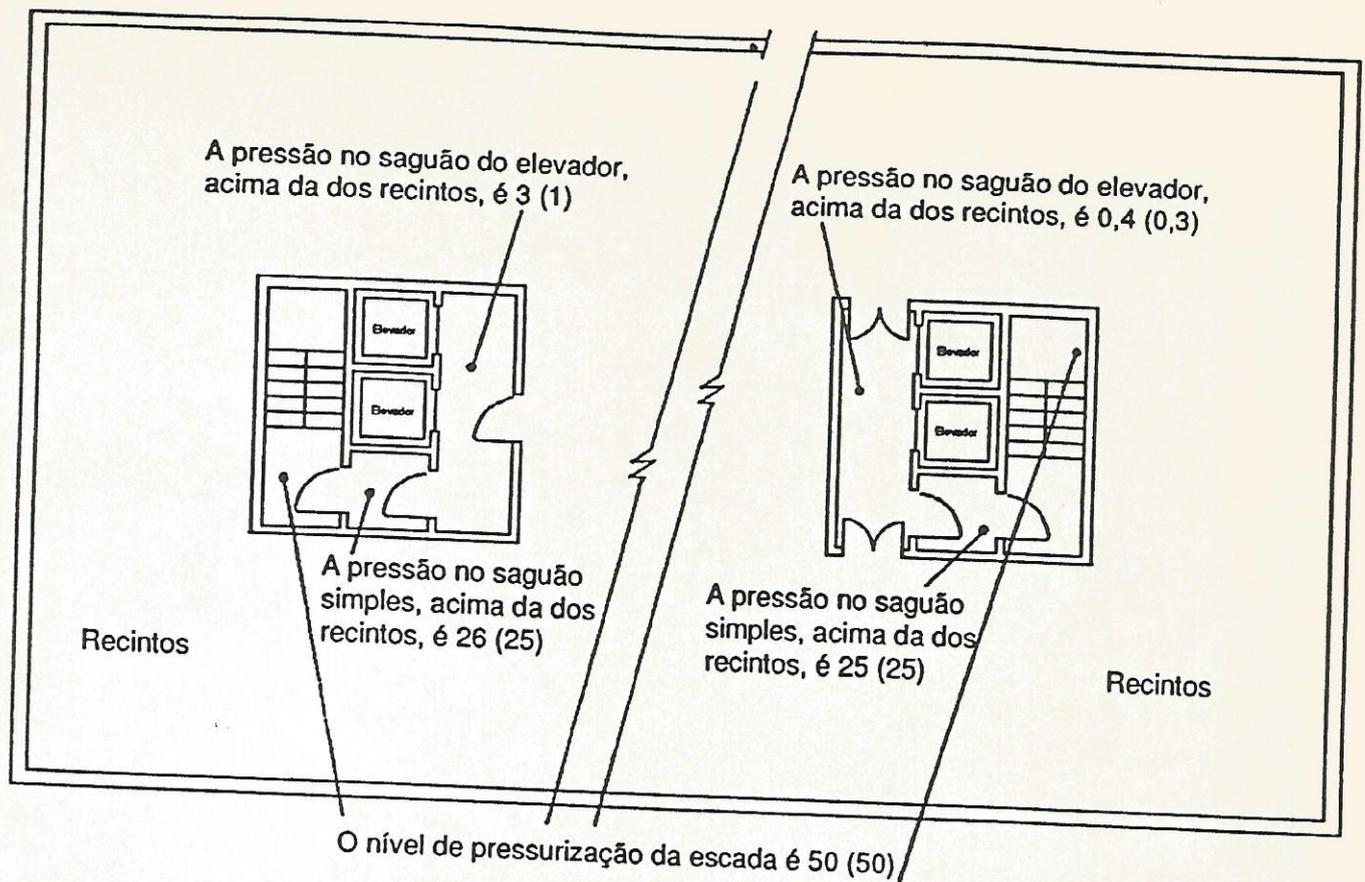


Os dois diagramas da parte de cima mostram os níveis de pressurização e a pressão quando as portas do saguão/recintos estiverem fechadas. Os dois diagramas da parte de baixo mostram os níveis de pressurização e a pressão quando uma porta do saguão/recintos estiver aberta, permanecendo as outras fechadas.

Para um edifício de 10 andares, os níveis de pressurização e a pressão apresentada em Pa é 49.

Para um edifício de 5 andares, os níveis de pressurização e a pressão apresentada em Pa é (48).

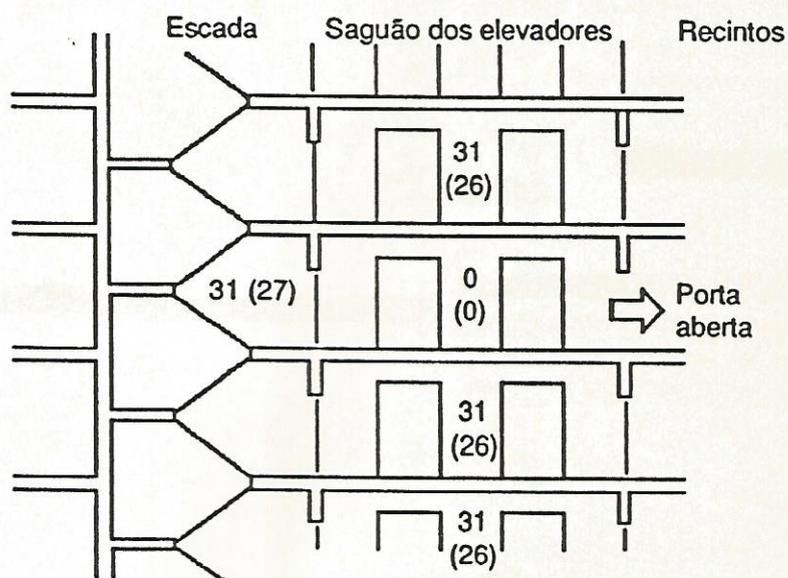
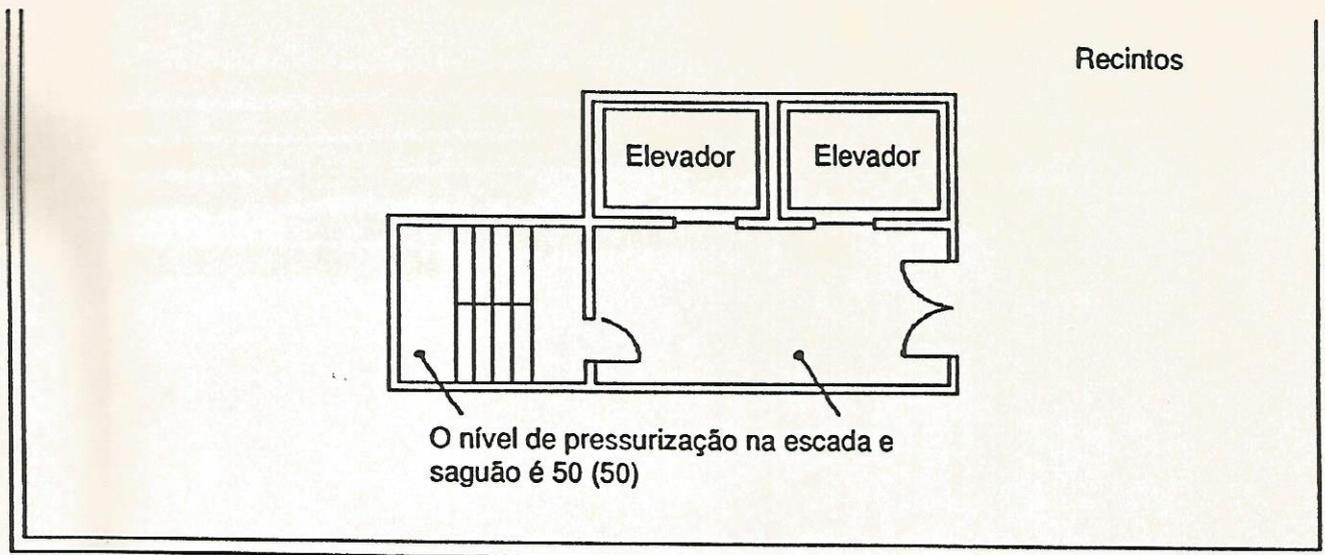
Figura 1. Pressurização somente da escada.



Para um edifício de 10 andares, os níveis de pressurização e a pressão apresentada em Pa é 50.

Para um edifício de 5 andares, os níveis de pressurização e a pressão apresentada em Pa é (50).

Figura 2. Pressurização somente da escada (não há proteção para o saguão dos elevadores).



O diagrama da parte de cima mostra os níveis de pressurização com as portas do saguão dos elevadores/recintos fechadas. O diagrama da parte de baixo mostra os níveis de pressurização com uma porta aberta no saguão dos elevadores/recintos, sendo que as outras permanecem fechadas.

Para um edifício de 10 andares, os níveis de pressurização e a pressão apresentada em Pa é 31.

Para um edifício de 5 andares, os níveis de pressurização e a pressão apresentada em Pa é (26).

Figura 3. Pressurização da escada e do saguão dos elevadores.

Há algumas dificuldades inerentes a esta extensão da pressurização. Se o corredor tiver muitas portas (ou outros pontos de vazamento) será necessário um grande suprimento de ar, cada porta deveria ter um mecanismo automático de fechamento e cada espaço não pressurizado dando para o corredor deveria ter uma saída apropriada para o ar na parte externa (tal como recomendado no item 5.5).

4.2.3 - Método 3. Pressurização somente dos saguões e/ou corredores. Em alguns edifícios talvez seja necessário, possivelmente em virtude do tipo de construção (como por exemplo no caso de dificuldade para dispor os dutos necessários para a pressurização independente), permitir que a escada seja pressurizada pelo ar que vaza para ela a partir de saguões ou corredores pressurizados associados. Se o projeto for adequado, este pode ser um método satisfatório, mas em alguns casos observar-se-á que o suprimento total de ar necessário para pressurizar somente os saguões será maior que o necessário para pressurizar independentemente a escada e os saguões.

Neste método a escada não deve ser permanentemente ventilada, a não ser por uma abertura que se verifique ser necessária com base nos cálculos relativos à condição com a porta aberta mencionada no item 5.3.2.8.

Todos os saguões e/ou corredores pressurizados em todos os andares de um edifício devem ser pressurizados em uma emergência.

4.2.4 - "Pressurização" de todo o edifício (não recomendada). Alguns projetos foram apresentados para um esquema segundo o qual os diferenciais de pressão não são criados dentro do edifício e sim através da introdução do ar de forma a permitir que todo o edifício tenha uma pressão maior que a existente na parte externa. No caso de um incêndio os fluxos de ar serão forçados no sentido contrário ao do fluxo de fumaça pela abertura de dutos de ventilação no andar do incêndio. Este sistema foi sugerido para edifícios nos quais as divisões internas têm tantos pontos de vazamento que a pressurização de determinados espaços (tais como escadas ou saguões) se torna impossível.

Não há experiência no Reino Unido com este método e acredita-se que, a não ser por razões indiscutíveis que levem à sua adoção em casos especiais, este método não é considerado satisfatório.

Para projetar este tipo de sistema serão necessários os dados relativos ao vazamento de ar pela parede externa, inclusive sua localização. Se este vazamento for considerável (tal como sugerido por algumas informações disponíveis), será necessária

uma quantidade absurdamente elevada de ar para pressurização.

A eficiência de um sistema que pressuriza todo um edifício depende totalmente da abertura dos dutos de ventilação somente no andar em que há um incêndio. A ventilação de outros locais pode fazer com que a fumaça invada outras partes do edifício. Particularmente, uma porta aberta na parte de baixo de uma escada pode fazer com que essa escada se encha de fumaça. Conseqüentemente, se este sistema for utilizado será necessário um número adicional de "portas contra fogo". Pelas razões mencionadas acima, a pressurização de todo o edifício não é recomendada por estas diretrizes.

4.3 Interação entre diversos espaços pressurizados

4.3.1 - Considerações gerais. É possível haver vários espaços pressurizados em um edifício, especialmente em um edifício grande. Estes podem ser diretamente interligados, ou podem ser separados por uma grande área não pressurizada. A presença de diversos espaços pressurizados em um edifício geralmente não cria problemas.

4.3.2 - Espaços pressurizados diretamente interligados. Esta situação acontece quando a escada e o saguão (e talvez os corredores) são pressurizados. Isto se aplica a muitos edifícios. Neste sistema o objetivo do projeto deveria ser assegurar um fluxo de ar proveniente da escada, através do saguão, através do corredor (se apropriado), para a área de um recinto onde um incêndio poderia ter início.

Não há objeções contra o fato de todos os espaços pressurizados interligados serem mantidos à mesma pressão, que deveria ser a determinada na Tabela 1 para um edifício com determinada altura.

Se houver uma diferença de pressão entre espaços pressurizados adjacentes, esta deveria ser pequena e não deveria exceder 5 Pa. O espaço pressurizado mais próximo de cada recinto deve ser sempre mantido à pressão mais baixa.

Esta condição de projeto será alterada se, por exemplo, uma porta da escada der acesso a um espaço não pressurizado. Esta circunstância pode ser considerada como uma ocorrência esporádica e de curta duração, durante a qual a pressão na escada cairá a um nível inferior ao do saguão adjacente, mas a pressurização do saguão ainda manterá um fluxo de ar suficiente para a possível área de incêndio. Uma verificação de projeto é descrita na cláusula 5 e visa garantir que esta condição seja satisfeita.

4.3.3 - Espaços pressurizados sem ligação di-

reta. Esta condição acontece quando um edifício tem dois ou mais sistemas de saídas de emergência pressurizadas dando acesso ao mesmo recinto não pressurizado.

Não há problemas ou restrições especiais relativos a esta disposição porque cada sistema de saídas de emergência deveria ter sua própria instalação independente de pressurização e os recintos não pressurizados deveriam ter pontos de vazamento adequados para permitir que o ar para pressurização de todas as áreas pressurizadas saia para a parte externa. Desde que estas condições sejam satisfeitas, não haverá a possibilidade de uma interação entre as diferentes áreas pressurizadas de um edifício.

4.4 Edifícios com uma ou múltiplas escadas

4.4.1 - As escadas. Os fatores ligados à área do andar que determinam se um edifício deve ter uma ou muitas escadas não serão afetados pela proposta do uso de pressurização no edifício, a não ser pelo fato de que uma escada pressurizada (juntamente com um saguão e/ou corredor, na medida do necessário) será considerada mais segura que uma saída de emergência ventilada naturalmente.

4.4.2 - Restrições

4.4.2.1 - Escadas pressurizadas e não pressurizada no mesmo edifício. Não haverá restrições quando todas as escadas de um edifício forem pressurizadas, mas o uso da pressurização e da ventilação natural nas escadas de um mesmo edifício criará dificuldades e deverá ser evitado na medida do possível. Isto deveria ser cogitado apenas se a escada tiver ventilação cruzada e separada da(s) escada(s) pressurizada(s), a fim de impedir que a escada não pressurizada fique cheia de fumaça.

Em nenhuma circunstância uma escada pressurizada pode ser ligada por meio de um corredor ou saguão a uma não pressurizada.

4.4.2.2 - Espaços pressurizados e não pressurizados na mesma saída de emergência. Uma outra possibilidade seria um sistema misto para a saída de emergência, como por exemplo uma escada pressurizada e um saguão com ventilação natural entre a escada e os recintos. Neste exemplo a proteção conferida pela pressurização limitar-se-á exclusivamente à escada. A pressurização não contribuirá em nada para manter livre de fumaça o saguão ventilado naturalmente; ela poderá apenas fornecer um suprimento contínuo de ar fresco para diluir a fumaça que invade o saguão. Esta disposição não é recomendada e um

saguão nesse tipo de localização não deve ser ventilado.

4.5 Relação entre a pressurização de emergência e o sistema comum de condicionamento de ar

Já foi explicado que a finalidade de um sistema de pressurização é criar condições de fluxo de ar no edifício que impeçam que a fumaça de um incêndio se propague além das portas das saídas de emergência. Este objetivo é alcançado mantendo-se as saídas de emergência com uma pressão mais alta, proporcionando-lhes um suprimento constante de ar fresco dirigido mecanicamente e, além disto, proporcionando saídas ou pontos de vazamento deste ar para a parte externa do edifício, em locais identificados e localizados nas paredes externas, ou próximos a elas e tão longe quanto possível das portas das saídas de emergência.

Portanto, é preferível que o padrão do fluxo de ar criado no edifício pelo sistema comum de condicionamento de ar também seja mantido longe do ponto de acesso à saída de emergência, sendo o ar viciado retirado para o sistema de escapamento ou para pontos de recirculação afastados dos pontos de acesso às saídas de emergência.

Se o sistema de pressurização for em dois estágios, isto é, se tiver a característica de funcionamento constante que mantém as saídas de emergência sempre com uma pressão ligeiramente mais elevada, o sistema de condicionamento de ar, para adaptar-se a este esquema, precisará adotar um padrão satisfatório de fluxo de ar permanentemente afastado das saídas de emergência.

Quando o sistema de pressurização for em um estágio, isto é, operando apenas nas emergências, a interação entre ele e o sistema de condicionamento de ar talvez não seja tão óbvia, mas apesar disto deveria ser levada em conta na conceituação geral do projeto.

Um sistema de condicionamento de ar que utilize os corredores ou o forro falso de um corredor como câmara de distribuição para a eliminação do ar viciado não deve ser usado juntamente com um sistema de pressurização, a não ser que disposições especiais sejam adotadas no sentido de fechar todo o sistema de escapamento em caso de incêndio.

Em qualquer hipótese, um sistema de condicionamento de ar que permita que a fumaça entre nos corredores não é recomendável do ponto de vista da segurança em caso de incêndio, mesmo que não exista qualquer pressurização no edifício.

4.6 Integração do sistema de emergência com o equipamento comum de condicionamento de ar

Sugere-se que o sistema comum de condicionamento de ar e o sistema de pressurização sejam tratados como um todo quando forem feitos os cálculos do projeto. Isto será certamente necessário quando a pressurização for em dois estágios, isto é, um nível reduzido de pressurização que funcionará normalmente, fazendo com que os volumes de ar e a movimentação do ar usado por este sistema tenham que ser considerados em um contexto mais amplo que o da movimentação do ar em um sistema comum de ventilação.

Quando for acionada a pressurização de emergência, as seguintes alterações deverão ser feitas no sistema normal de condicionamento de ar:

- a) Toda a recirculação de ar deverá ser interrompida e todas as saídas de ar viciado deverão ser direcionadas para a atmosfera, por exemplo por meio de uma válvula de tiragem apropriada.
- b) Todo o suprimento de ar para os diferentes recintos deverá ser suspenso.
- c) O sistema de escapamento de ar poderá ser mantido se:
 1. a posição das grades de coleta for compatível com a necessidade de criar um fluxo geral de ar não dirigido para os pontos de acesso às saídas de emergência;
 2. a construção do sistema de dutos e ventiladores for de natureza a não se tornar inoperante pela ação de gases e fumaça quentes;
 3. não houver risco de propagação da fumaça para outros pavimentos através do sistema de retirada do ar viciado; a fim de assegurar que isto aconteça, o ventilador de retirada do ar deve ser mantido em funcionamento, o que exige que sua localização e fonte de energia sejam protegidas.

O sinal que dará início a todas estas alterações na operação do sistema de condicionamento de ar deve vir da mesma fonte que opera a pressurização de emergência.

O uso de um detector de fumaça no sistema de dutos do condicionamento de ar não é confiável para esta finalidade por causa da diluição da fumaça que ocorrerá quando vários andares forem atendidos por um mesmo sistema. Isto poderia provocar um atraso na realização dos ajustes necessários no sistema de condicionamento de ar em caso de incêndio.

5. O Sistema

5.1 Critérios básicos de projeto para o sistema e seus componentes

5.1.1 - Projeto básico. O critério é estabelecer no edifício um padrão de gradiente de pressão que assegure sempre que a fumaça se afaste das saídas de emergência. Para atingir este objetivo a saída de emergência é mantida com uma pressão mais elevada, proporcionando-se ainda uma saída de ar a partir dos diferentes recintos.

5.1.2 - Diferenciais de pressão. São criados mantendo-se nos espaços pressurizados um suprimento contínuo de ar fresco, alimentado mecanicamente.

5.1.3 - Espaço sob pressurização. Este espaço terá inevitavelmente, em qualquer edifício, rotas de vazamento de ar nas superfícies que fecham os recintos. Estas rotas de vazamento poderão ser frestas em torno de portas, frestas à volta das janelas, vazamento direto através do material da construção, vazamento através do sistema de dutos do condicionamento de ar e assim por diante. Se um diferencial de pressão for mantido entre um espaço pressurizado e os recintos adjacentes, haverá um fluxo de ar através dessas rotas de vazamento.

5.1.4 - Sistema de pressurização. Será projetado identificando-se em primeiro lugar as rotas de vazamento (veja item 5.1.3), estimando seu tamanho e a seguir calculando o fluxo de ar que será necessário para criar e manter o necessário diferencial de pressão nessas rotas de vazamento. Será necessário providenciar um suprimento constante de ar, com essa magnitude, para o espaço que se deseja pressurizar.

5.1.5 - Princípio geral. O princípio mais importante que deve ser entendido é que para manter o espaço A com uma pressão mais elevada que o espaço B, sendo estes espaços interligados, por exemplo, por uma porta fechada mas que contém pontos de vazamento, será preciso uma rota de vazamento a partir de B para que seja possível manter um fluxo de A para B. Se não houver uma rota de vazamento a partir de B, o ar introduzido em A elevaria a pressão de ambos os espaços, A e B, até o mesmo nível, acima da dos espaços adjacentes e não seria possível impedir que a fumaça de um incêndio em B invadisse o espaço A.

5.1.6 - Componentes de um sistema de pressurização. São os seguintes:

- a) um suprimento de ar fresco acionado mecanicamente e cujos dutos levam o ar diretamente

- para cada espaço pressurizado (ou seja, escada, saguão, ou corredor);
- b) rotas de vazamento de ar a partir de cada espaço pressurizado;
 - c) uma rota de vazamento de ar a partir da área dos diferentes recintos.

Será preciso especificar ou determinar todos estes fatores para projetar um sistema de pressurização para um edifício. Cada um deles dependerá em parte do nível de pressurização necessário, que é o primeiro fator que precisa ser decidido.

5.2 Os diferenciais de pressão

5.2.1 - Sistemas em um ou dois estágios. Os méritos relativos dos sistemas com um ou dois estágios foram discutidos no ítem 4.1.2, sendo agora especificados os níveis de pressão relacionados a cada sistema.

Em um sistema com um estágio a pressurização é aplicada somente quando ocorre um incêndio, enquanto no sistema com dois estágios mantém-se continuamente um nível baixo de pressurização, o qual é aumentado para o nível de emergência quando ocorre um incêndio.

O nível de emergência da pressurização será o mesmo, tanto no sistema com um, quanto no de dois estágios e dependerá da altura e posicionamento do edifício. O nível reduzido de pressurização, no caso do sistema com dois estágios, também dependerá da altura e posicionamento do edifício.

5.2.2 - Níveis de pressurização a serem empregados. O nível de pressurização utilizado para fins de projeto, para qualquer espaço pressurizado no edifício, não deve ser menor que o nível adequado segundo a altura do edifício, apresentado na Tabela 1 (ou maior que 60 Pa*), com todas as portas de acesso ao espaço ou espaços pressurizados fechadas, bem como todas as portas de acesso a um saguão simples.

OBSERVAÇÃO 1. Os edifícios utilizados por pessoas muito jovens, muito idosas, ou incapacitadas precisam de considerações especiais a fim de assegurar que as portas possam ser usadas apesar da força criada pelo diferencial de pressão.

OBSERVAÇÃO 2. A força que pode ser aplicada para abrir uma porta será limitada pela fricção entre os sapatos e o chão e talvez seja necessário evitar pisos escorregadios na proximidade das portas que dão acesso aos espaços pressurizados de edifícios nos quais há um grande número de pessoas jovens.

* 1 Pa = 1 N/m²; 25 Pa ≈ 0,1 em fluviômetro.

OBSERVAÇÃO 3. Os mecanismos de fechamento automático colocados nas portas que dão acesso aos espaços pressurizados podem ser ajustados a fim de requererem um mínimo de força compatível com o fechamento efetivo da porta na utilização normal. Nos edifícios nos quais crianças pequenas poderão estar desacompanhadas, será preciso levar em conta a força necessária para abrir as portas com dispositivo de fechamento automático. As portas de saída do espaço pressurizado deveriam ter um dispositivo de fechamento capaz de manter a porta fechada contra a pressão ambiente.

Tabela 1. Níveis de Pressurização

Altura do Edifício	Nível de Pressurização	
	Operação em Emergências	Operação Reduzida Para o Estágio 1 de Um Sistema de Dois Estágios
Até 12 m ou subterrâneo	Pa 5 0†	Pa 8
Acima de 12 m	50	15

Os níveis de pressurização apresentados na Tabela 1 destinam-se a escadas. Se possível, os mesmos níveis deveriam ser empregados nos saguões e corredores, embora níveis ligeiramente menores possam ser usados nesses espaços, se desejado. A diferença entre os níveis de pressurização das escadas e saguões (ou corredores) não deve ser maior que 5 Pa.

Edifícios com configurações pouco comuns, especialmente se houver grande exposição ao vento, requerem considerações especiais.

5.3 Suprimento de ar necessário para obter os diferenciais de pressão desejados

5.3.1 - Princípios Gerais

5.3.1.1 - Cálculo do suprimento de ar. O suprimento de ar necessário para obter um certo diferencial de pressão é determinado pelo vazamento de ar para

† Em algumas circunstâncias 25 Pa poderão ser apropriados. Consulte a Nota 958 de Pesquisas Sobre Incêndios publicada por HMSO.

fora do espaço. Quando o ar passa através de alguma restrição, como por exemplo a fresta em torno de uma porta ou janela, o efeito de um diferencial de pressão sobre a restrição, a relação entre o índice do fluxo de ar, a área da restrição e o diferencial de pressão são fornecidos pela seguinte equação:

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

na qual

Q é o fluxo de ar (m³/s),

A é a área da restrição (m²),

P é o diferencial de pressão (Pa), e

N é um índice que pode variar de 1 a 2.

No caso de frestas grandes, tais como os espaços em torno das portas, ou de aberturas grandes, o valor de N poderá ser considerado 2, mas no caso dos pontos de vazamento estreitos formados pelas frestas em torno das janelas, o valor de N mais apropriado é 1,6.

Os valores de (P)^{1/N} para esses dois valores de N em relação à faixa de pressões de 1 a 50 Pa, que provavelmente serão utilizados nos cálculos para o projeto de um sistema de pressurização, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de (P)^{1/N} para N=2 e N=1,6

P	(P) ^{1/2}	(P) ^{1/1,6}	P	(P) ^{1/2}	(P) ^{1/1,6}
1	1,0	1,0	26	5,1	7,7
2	1,4	1,5	27	5,2	7,8
3	1,7	2,0	28	5,3	8,0
4	2,0	2,4	29	5,4	8,2
5	2,2	2,7	30	5,5	8,4
6	2,4	3,1	31	5,6	8,6
7	2,6	3,4	32	5,7	8,7
8	2,8	3,7	33	5,7	8,9
9	3,0	3,9	34	5,8	9,1
10	3,2	4,2	35	5,9	9,2
11	3,3	4,5	36	6,0	9,4
12	3,5	4,7	37	6,1	9,6
13	3,6	5,0	38	6,2	9,7
14	3,7	5,2	39	6,2	9,9
15	3,9	5,4	40	6,3	10,0
16	4,0	5,6	41	6,4	10,2
17	4,1	5,9	42	6,5	10,3
18	4,2	6,1	43	6,6	10,5
19	4,4	6,3	44	6,6	10,6
20	4,5	6,5	45	6,7	10,8
21	4,6	6,7	46	6,8	10,9
22	4,7	6,9	47	6,9	11,1
23	4,8	7,1	48	6,9	11,2
24	4,9	7,3	49	7,0	11,4
25	5,0	7,5	50	7,1	11,5

A equação (1) é usada para calcular o suprimento de ar necessário para obter um nível de pressurização em um espaço, levando em conta a área total efetiva da rota de vazamento para fora do espaço. Na maior parte dos casos as rotas de vazamento predominantes serão através das portas, o que permite que um valor de 2 seja normalmente atribuído a N; assim,

$$Q_E = 0,827 \times A_E \times (P_E)^{1/2} \quad \dots(2)$$

onde

Q_E é o suprimento de ar para o espaço pressurizado (m³/s),

A_E é a área total efetiva das rotas de vazamento para fora do espaço (m²), e

P_E é o nível de pressurização no espaço pressurizado (Pa).

5.3.1.2 - *Regras para somar as áreas de vazamento.* As rotas de vazamento para fora de um espaço pressurizado podem ser em série, tal como ilustrado na Figura 4, ou em paralelo, como apresentado na Figura 5, ou ainda uma combinação de rotas em série e paralelas, tal como se vê na Figura 6 (a).

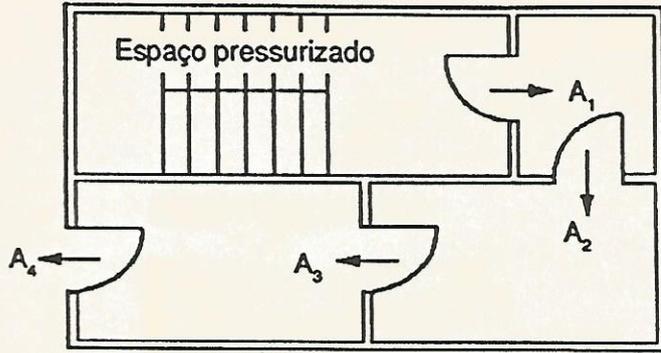
Um exemplo de uma rota de vazamento em paralelo seriam várias portas de saída do recinto de uma escada, cada uma dando acesso a um espaço não pressurizado.

No caso de rotas paralelas a área total de vazamento é determinada pela simples soma de todas as áreas envolvidas onde há vazamento. Com relação à Figura 5,

$$A_{\text{total}} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \quad \dots(3)$$

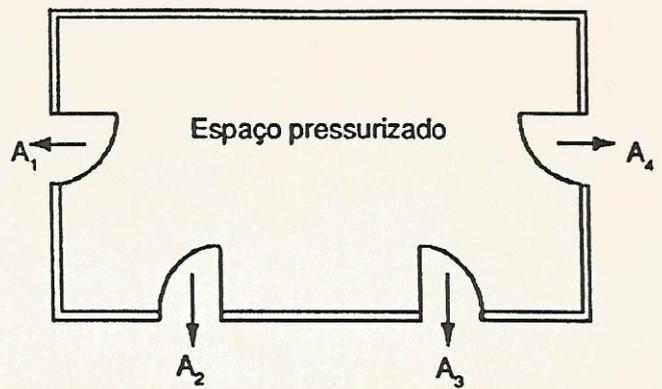
Deve-se observar que esta forma de cálculo aplica-se apenas e tão somente às rotas de vazamento que têm o mesmo valor de N na equação (1). Na prática, as principais rotas de vazamento em paralelo, a partir de espaços não pressurizados, serão invariavelmente portas ou outras aberturas suficientemente grandes para que seja atribuído a N o valor 2.

Rotas de vazamento em série ocorrem quando há um espaço intermediário pelo qual o ar de um espaço pressurizado deve passar antes de chegar finalmente ao espaço não pressurizado através de outra rota de vazamento. Um exemplo desta situação seria um saguão simples colocado entre a escada e outros recintos, ou um poço de elevador interligando todos os saguões pressurizados, para o qual fluirá o ar de cada saguão que depois será direcionado para a área externa pela abertura de ventilação no topo do poço do elevador.



OBSERVAÇÃO. As portas mostradas geralmente estão fechadas e o fluxo de ar apresentado acontece através das frestas em torno das portas.

Figura 4. Rotas de vazamento em série.



OBSERVAÇÃO. As portas mostradas geralmente estão fechadas e o fluxo de ar apresentado acontece através das frestas em torno das portas.

Figura 5. Rotas de vazamento em paralelo.

No caso de rotas em série a área total efetiva de vazamento será determinada pela equação (4):

$$\frac{1}{(A_{total})^2} = \frac{1}{(A_1)^2} + \frac{1}{(A_2)^2} + \frac{1}{(A_3)^2} + \frac{1}{(A_4)^2}$$

(veja a Figura 4) ... (4)

No contexto de um sistema de pressurização é raro que mais de duas rotas de vazamento sejam em série, de modo que o cálculo será:

$$\frac{1}{(A_{total})^2} = \frac{1}{(A_1)^2} + \frac{1}{(A_2)^2} \quad \dots (5)$$

ou

$$A_{total} = \frac{(A_1 \times A_2)}{(A_1^2 + A_2^2)^{1/2}} \quad \dots (6)$$

Os cálculos utilizando as equações (4), (5) e (6) aplicam-se apenas e tão somente às rotas de vazamento para as quais o valor de N na equação (1) é igual a 2 (isto é, às portas). Entretanto, o método pode ser empregado como uma forma de cálculo aproximado quando janelas fizerem parte de uma rota de vazamento em série.

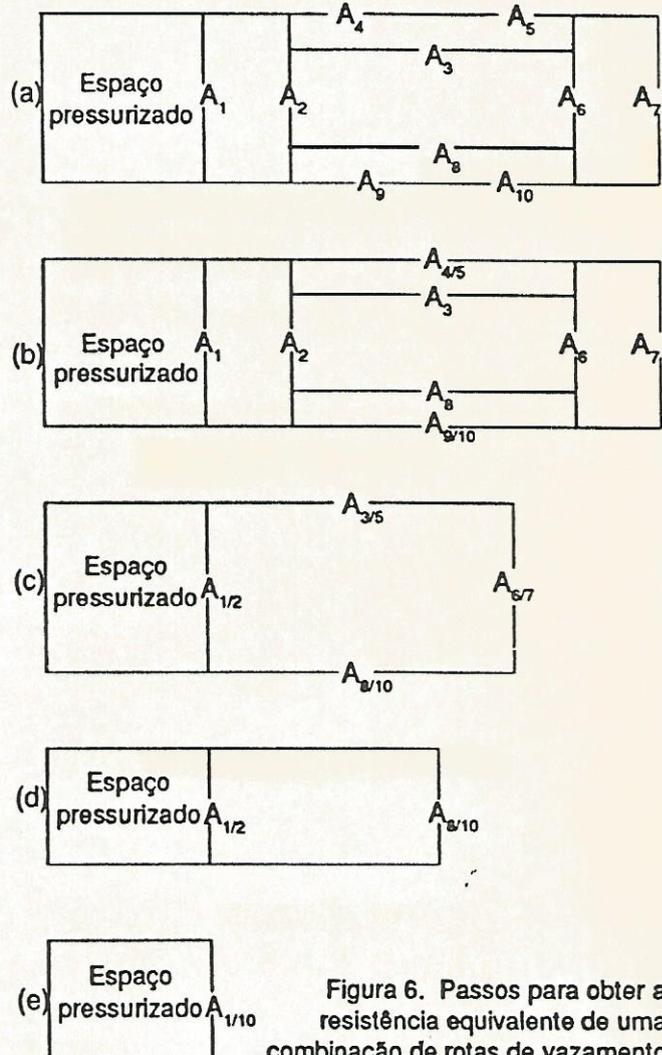


Figura 6. Passos para obter a resistência equivalente de uma combinação de rotas de vazamento de ar em série e paralelas

Combinação de rotas em série e paralelas. O vazamento total efetivo de uma combinação de rotas em série e paralelas geralmente pode ser obtido combinando-se sucessivamente grupos simples de vazamentos isolados com outros equivalentes, tendo o cuidado de combinar primeiro os vazamentos em paralelo entre os mesmos espaços, e os vazamentos em série com apenas uma entrada e uma saída de um espaço. A Figura 6 apresenta um exemplo deste processo. Esta forma de cálculo aplica-se apenas e tão somente às rotas de vazamento para as quais o valor de N na equação (1) é 2 (isto é, às portas). Entretanto, pode ser utilizada para fazer um cálculo aproximado quando janelas fizerem parte de uma rota de vazamento em série. Assim sendo, com relação à Figura 6 (b)

$$A_{4/5} = A_4 + A_5 \quad \dots(7)$$

$$A_{3/10} = A_3 + A_{10} \quad \dots(8)$$

Na Figura 6 (c) temos:

$$A_{1/2} = \frac{A_1 \times A_2}{(A_1^2 + A_2^2)^{1/2}} \quad \dots(9)$$

$$A_{3/5} = \frac{A_3 \times A_{4/5}}{(A_3^2 + A_{4/5}^2)^{1/2}} \quad \dots(10)$$

e da mesma forma no caso de A6/7 e A8/10 na Figura 6(d).

$$A_{3/10} = A_{3/5} + A_{6/7} + A_{8/10} \quad \dots(11)$$

O vazamento total equivalente dos espaços pressurizados será dado pela equação:

$$A_{1/10} = \frac{A_{1/2} \times A_{3/10}}{(A_{1/2}^2 + A_{3/10}^2)^{1/2}} \quad \dots(12)$$

5.3.2 - Áreas de vazamentos de diversos componentes.

5.3.2.1 - Portas. De maneira geral o vazamento de ar através de uma porta será confinado às frestas em torno da porta. O valor total da área de vazamento dependerá, portanto, do comprimento das frestas (ou seja, do tamanho da porta, bem como do projeto e modo de operação da porta). Em termos gerais as portas que fecham um espaço pressurizado também precisam ser resistentes ao fogo e isto garantirá que não apresentem folgas em relação a seus batentes.

As áreas típicas de vazamento para os quatro tipos de portas que mais provavelmente serão encontradas fechando um espaço pressurizado são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Áreas típicas de vazamento para quatro tipos de portas

Tipo de Porta	Tamanho	Comprimento da Fresta	Área de Vazamento
Porta simples, batente rebaixado, dando acesso ao espaço pressurizado	2 m de altura 800 mm de largura	m 5,6	m ² 0,01
Porta simples, batente rebaixado, permitindo a saída do espaço pressurizado	2 m de altura 800 mm de largura	5,6	0,02
Porta dupla com ou sem rebaixo central	2 m de altura 1,6 m de largura	9,2	0,03
Porta do elevador no andar (veja o Item 5.3.2.3)	2 m de altura 2 m de largura	8	0,06

No caso de portas menores que as descritas acima deverão ser utilizadas as áreas de vazamento apresentadas. No caso de portas maiores, a área de vazamento deverá ser aumentada em proporção direta com o aumento do comprimento das frestas. Veja também o item 5.4.3.

Por exemplo, uma porta simples e larga, com 2 m de altura e 1,2 m de largura, em um batente rebaixado, dando acesso a um espaço pressurizado terá uma área de vazamento de $(6,4/5,6) \times 0,01 \text{ m}^2 = 0,0114 \text{ m}^2$ (ou seja, um aumento de 14%).

Usando-se as áreas de vazamento apresentadas na Tabela 3 e a equação para cálculo apresentada em 5.3.1, os valores do vazamento de ar através das portas fechadas apresentados na Tabela 4 serão obtidos no tocante aos diferenciais de pressão mais comumente necessários no projeto de um sistema de pressurização.

5.3.2.2 - Janelas. Embora em muitos casos os espaços pressurizados não sejam nas paredes externas e portanto não têm janelas, poderá haver situações nas quais uma janela se abre a partir do espaço pressurizado. Portanto, julgou-se conveniente incluir Na Tabela 5 os dados típicos relativos ao vazamento nas janelas.

5.3.2.3 - Portas do elevador. O vazamento de ar através das portas dos elevadores nos andares não pode ser determinado simplesmente mediante o emprego da área de vazamento na porta do elevador, tal como foi feito na Tabela 4, porque o ar escapa do saguão através do espaço intermediário representado pelo poço do elevador. Neste caso, o ar dos saguões

pressuriza também o poço do elevador, fluindo para dentro do poço em todos os andares. O fluxo total dependerá, portanto, das rotas de vazamento (a) entre os saguões e o poço do elevador; e (b) entre o poço do elevador e o ar externo (veja a Figura 7). Estas rotas de vazamento serão em série e a relação que expressa o índice total de fluxo de ar pelo poço, a partir de todos os saguões do elevador, será a seguinte:

$$Q_F = 0,827 \times \frac{A_L \times A_F}{(A_L^2 + A_F^2)} \times P_L^{1/2} \quad \dots(13)$$

na qual

Q_F é o fluxo total de ar que entra no poço do elevador (m^3/s),

A_L é a área total de vazamento entre os saguões e o poço do elevador (m^2); este valor geralmente é igual a nA_d , onde n é o número de saguões pressurizados que dão para o poço do elevador e A_d é a área de vazamento

de uma porta do elevador.

A_F é a área total de vazamento entre o poço do elevador e os espaços não pressurizados (m^2).

P_L é o nível de pressurização no saguão do elevador (Pa).

A quantidade de vazamento de ar de cada saguão para dentro do poço do elevador pode ser determinada distribuindo-se proporcionalmente o total Q_F entre os saguões, na proporção da contribuição de cada saguão para o valor de A_L . Se a área de vazamento for igual em todos os andares a entrada de ar para o poço do elevador em cada andar será simplesmente Q_F/n , onde n é o número de saguões pressurizados que dão para o poço do elevador.

Sugere-se que quando for utilizada a pressurização nos saguões dos elevadores deve-se sempre providenciar uma área de ventilação de pelo menos $0,1 m^2$ por elevador.

Tabela 4. Dados Sobre o Vazamento de Ar Relativo às Portas

Tipo de porta	Área de vazamento	Vazamento de ar em m^3/s					Valor de N (veja a equação 1)
		Diferencial de pressão em Pa					
		8 Pa	15 Pa	20 Pa	25 Pa	50 Pa	
Porta simples dando acesso ao espaço pressurizado	m^2	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	
	0,01	0,0234	0,0320	0,0370	0,0413	0,0585	2
Porta simples permitindo a saída de um espaço pressurizado	0,02	0,0468	0,0641	0,0740	0,0827	0,117	2
Porta dupla	0,03	0,070	0,096	0,111	0,124	0,175	2
Porta do elevador no andar (veja o item 5.3.2.3)	0,06	0,140	0,192	0,222	0,248	0,351	2

Tabela 5. Dados Sobre o Vazamento de Ar Relativos às Janelas

Tipo de janela	Área da fresta em m^2 por metro de comprimento	Vazamento de ar em m^3/s por metro de comprimento da fresta e diferenciais de pressão em Pa.					Valor de N (veja a equação 1)
		Diferencial de pressão em Pa					
		8 Pa	15 Pa	20 Pa	25 Pa	50 Pa	
	m^2/m	$(m^3/s)/m$	$(m^3/s)/m$	$(m^3/s)/m$	$(m^3/s)/m$	$(m^3/s)/m$	
Janela de fulcro sem proteção removível contra o frio	$2,55 \times 10^{-4}$	$0,77 \times 10^{-3}$	$1,15 \times 10^{-3}$	$1,37 \times 10^{-3}$	$1,58 \times 10^{-3}$	$2,43 \times 10^{-3}$	1,6
Janela de fulcro com proteção removível contra o frio	$3,61 \times 10^{-5}$	$0,11 \times 10^{-3}$	$0,16 \times 10^{-3}$	$0,19 \times 10^{-3}$	$0,22 \times 10^{-3}$	$0,34 \times 10^{-3}$	1,6
Janela de correr	$1,00 \times 10^{-4}$	$0,30 \times 10^{-3}$	$0,45 \times 10^{-3}$	$0,54 \times 10^{-3}$	$0,62 \times 10^{-3}$	$0,95 \times 10^{-3}$	1,6

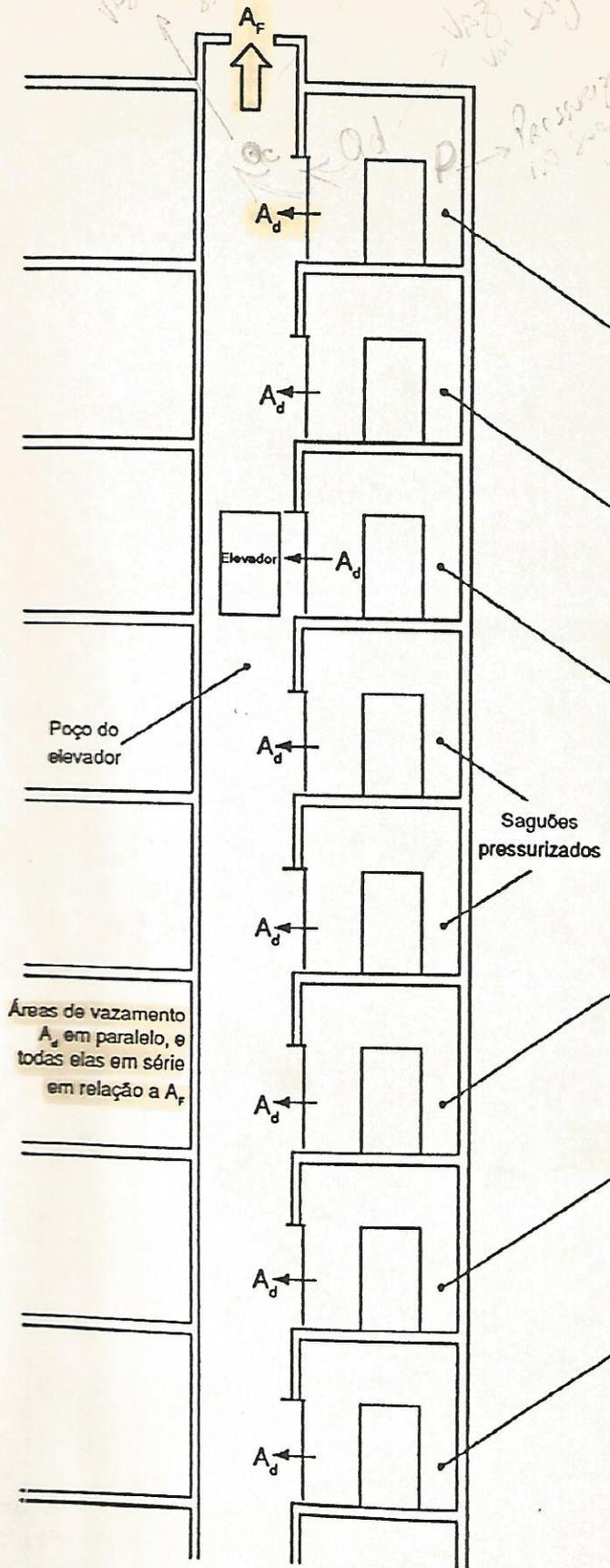


Figura 7. Diagrama de vazamento a partir das portas dos elevadores nos andares

Em função do tamanho específico da abertura de um poço de elevador para o ar externo, o vazamento de um saguão para o poço do elevador pode ser calculado por meio da seguinte equação:

$$Q_d = \frac{Q_c \times F}{n} \quad \dots (14)$$

onde

Q_d é o vazamento de um saguão através de uma porta do elevador;

Q_c é o vazamento de ar de uma porta isolada de elevador (valor tirado da Tabela 4, ou calculado com base em $Q_c = 0,0496 \times (P)^{1/2}$, onde P é o nível de pressurização para o saguão);

F é o fator que depende do tamanho da abertura de ventilação no poço do elevador e é tirado da coluna apropriada na Tabela 6; e

n é o número de saguões pressurizados que dão para o poço do elevador.

Se um poço de elevador interliga diversos saguões pressurizados não deveria ter uma porta dando para um saguão ou espaço não pressurizado, a não ser que esse espaço não faça parte da saída de emergência e não tenha porta de comunicação com a saída de emergência.

O cálculo acima relaciona-se a um elevador, supondo-se que o poço do elevador seja protegido. Será necessário fazer um cálculo separado para cada elevador. Quando houver dois ou mais elevadores em um mesmo poço será suficiente, para fins de cálculo, tratar cada um deles como tendo seu próprio poço individual, caso em que o valor de A_f empregado deveria ser o que diz respeito a cada elevador separadamente (geralmente A_f , no caso de um grande poço comum, dividido pelo número de elevadores que usam o mesmo poço).

5.3.2.4 - Outras rotas de vazamento em série ou paralelas. Combinações semelhantes de rotas de vazamento em série e paralelas podem ocorrer em outras situações e os métodos descritos acima (adequadamente adaptados a fim de levar em conta as circunstâncias de cada caso em particular) poderão ser utilizados desde que todos os espaços envolvidos sejam estruturalmente protegidos. Quando o espaço intermediário não for uma estrutura protegida não se deve supor que este espaço continue pressurizado e o método para avaliar as necessidades de fluxo de ar para pressurização deveria ser baseado na equação (1).

5.3.2.5 - Área dos sanitários. Quando os sanitários, ou outras áreas diretamente ligadas a um espaço pressurizado têm sistemas de extração mecânica de ar, o índice de vazamento para dentro dessas áreas acontecerá:

- a) quando o ventilador de retirada de ar estiver funcionando, supondo-se que o índice de retirada de ar seja expresso em metros cúbicos por segundo, ou
- b) quando o ventilador de retirada de ar estiver desligado, caso em que a base de cálculo será a equação:

$$Q_G = Q_B \times K \quad \dots(17)$$

onde

Q_G é o vazamento para dentro do sanitário (ou de outro espaço) em m^3/s .

Q_B é o índice de vazamento pela porta (m^3/s), com a pressurização estabelecida no projeto, tirada da Tabela 4 ou calculada a partir da equação (1); e

K é um fator que depende de A_X/A_G , tirado da Tabela 7,

onde

A_X é a área mínima de seção transversal (m^2) dos dutos de retirada de ar (esta pode ser uma seção transversal de um duto, do dispositivo de equilíbrio na abertura do duto, ou de uma válvula); e

A_G é a área de vazamento na porta, inclusive a área (m^2) de qualquer grade de ventilação ou grandes lacunas previstas para a transferência de ar.

OBSERVAÇÃO. O valor de A_G , inclusive das grades de ventilação e/ou grandes lacunas para transferência de ar também deve ser usado para calcular o valor de Q_B quando a área de vazamento for maior que a área total habitualmente considerada para as frestas.

Tabela 6. Valores do fator F para diversos tamanhos de aberturas de ventilação

Número de saguões pressurizados dando para o poço do elevador (= n; veja a equação 14)	Valor de F por tamanho de abertura de ventilação:		
	0,1 m ²	0,16 m ²	0,22 m ²
1	0,86	0,94	0,96
2	1,28	1,60	1,76
3	1,46	1,99	2,32
4	1,54	2,22	2,70
5	1,58	2,35	2,96
6	1,61	2,44	3,13
7	1,62	2,49	3,25
8	1,63	2,53	3,33
9	1,64	2,56	3,40
10	1,645	2,58	3,44
12	1,65	2,60	3,51
14	1,655	2,62	3,55
16	1,66	2,63	3,57
Mais que 16	1,66	2,66	3,66

OBSERVAÇÃO 1. Os números na coluna 2 (abertura de ventilação de 0,1 m²) deverão ser usados quando a única abertura do poço do elevador para um espaço não pressurizado for desse tamanho. (Esta é a situação normal de projeto).

OBSERVAÇÃO 2. Os números na coluna 3 (abertura de ventilação de 0,16 m²) deverão ser empregados quando a abertura de ventilação tiver um tamanho 50% ou mais acima de 0,1 m², ou quando a abertura de ventilação tiver 0,1 m² mas houver uma porta de elevador dando acesso a um saguão não pressurizado.

OBSERVAÇÃO 3. Os números na coluna 3 (abertura de ventilação de 0,22 m²) deverão ser empregados quando a abertura de ventilação tiver um tamanho 100% ou mais acima de 0,1 m², ou quando a abertura de ventilação tiver 0,1 m² mas houver duas portas de elevador, no mesmo poço, dando acesso a um saguão não pressurizado.

OBSERVAÇÃO 4. Se o poço do elevador atender a n saguões pressurizados dando para o poço e além disto houver portas dando acesso a mais que 2 saguões não pressurizados será preciso calcular novamente o valor de F usando as equações (15) e (16).

OBSERVAÇÃO 5. As colunas 3 e 4 devem ser usadas para calcular o fluxo de ar que sai de um saguão quando uma porta em um saguão (coluna 3) tiver sido deixada aberta, ou quando duas portas, uma em cada um de dois saguões diferentes, tiver sido deixada aberta (coluna 4).

OBSERVAÇÃO 6. Se houver outras rotas de vazamento saindo do poço do elevador, os novos valores do fator F deverão ser calculados com base na seguinte equação:

$$F = \frac{A_f}{A_d} \quad \dots(15)$$

onde

$$A_f = \left(\frac{1}{\left(\frac{1}{A_f}\right)^2 + \left(\frac{1}{n \times A_d}\right)^2} \right)^{1/2} \quad \dots(16)$$

= área total efetiva de vazamento a partir do poço do elevador,

onde

A_d é a área de vazamento de uma porta do elevador;

A_f é a área total de vazamento entre o poço do elevador e os espaços não pressurizados (geralmente a área de ventilação); e

n é o número de saguões pressurizados que dão para o poço do elevador.

Tabela 7. Valores de K

A_x/A_0	K
4 ou mais	1
2	0,9
1	0,7
0,5	0,45
0,25 ou menos	0,25

5.3.2.6 - Vazamento não identificado a partir de um espaço pressurizado. O processo para projetar um esquema de pressurização depende da identificação de todas as áreas de vazamento para fora do espaço a ser pressurizado. A partir do conhecimento do vazamento total saindo do espaço, calcula-se o suprimento de ar necessário para manter o diferencial de pressão no nível desejado.

Conseqüentemente, qualquer espaço a ser pressurizado precisa ser construído de forma a minimizar o vazamento de ar através do próprio material de construção do edifício.

Se a construção for de concreto provavelmente será suficientemente estanque aos vazamentos, mas se na construção tiverem sido empregados blocos, provavelmente será necessário vedá-la ou plastificá-la a fim de garantir sua estanqueidade.

Além disto deve-se dar atenção às juntas entre paredes, ou entre as paredes e os pisos e tetos para se ter a certeza de que não haverá vazamentos acidentais nesses locais. Esta última precaução é particularmente importante quando se trata de uma estrutura pré-moldada.

Deve-se partir de duas hipóteses principais para calcular o suprimento de ar necessário para um sistema de pressurização, que são as seguintes:

- que as áreas de vazamento dos componentes (portas, portas dos elevadores e janelas) usadas nos cálculos aplicar-se-ão aos componentes envolvidos quando o edifício estiver terminado;
- que não há áreas de vazamento não identificadas nos espaços pressurizados.

No intuito de compensar estas duas grandes hipóteses sugere-se que uma porcentagem de 25% seja acrescentada aos valores calculados para o suprimento de ar necessário. É preciso enfatizar que este acréscimo é sugerido a fim de compensar as incertezas quanto aos valores das áreas de vazamento que tiverem sido supostos. Este acréscimo não é entendido como uma compensação destinada a levar em conta o vazamento nos dutos de alimentação. O

instalador deveria fazer suas próprias avaliações da probabilidade de haver vazamentos no seu sistema de dutos e tomar as medidas cabíveis.

O valor calculado para o suprimento de ar precisa ser totalmente direcionado para os espaços pressurizados envolvidos e as autoridades que aprovam o projeto terão competência para exigir provas de que o fluxo de ar efetivo esteja de acordo com o valor calculado.

5.3.2.7 - Grandes espaços abertos. A pressurização projetada não poderá ser mantida se houver grandes espaços abertos entre as áreas pressurizadas e espaços adjacentes; nestas circunstâncias talvez seja necessário considerar outros aspectos relativos ao controle da fumaça.

Quando não for possível manter a pressurização projetada, a fumaça poderá ser mantida fora do espaço aberto desde que a velocidade de saída do ar desse espaço (que seria pressurizado se não fosse tão grande) seja suficientemente elevada.

Quando este espaço for permanentemente aberto (isto é, não se tratar de uma porta que é aberta de forma intermitente), a velocidade de saída do ar deveria ser de 3 m/s a 4 m/s, dependendo da provável temperatura do incêndio (que por sua vez dependerá da carga do incêndio e da ventilação). No caso de uma baixa carga de incêndio, com probabilidade de boa ventilação, a velocidade menor do ar poderá ser adequada, mas na presença de uma carga elevada de incêndio deve-se usar o nível mais alto.

Para obter estas velocidades através de grandes espaços abertos será preciso um grande volume de ar e este sistema de controle da fumaça possivelmente será anti-econômico, a não ser em circunstâncias muito especiais.

Entretanto, quando o grande espaço aberto for uma porta seria razoável supor que será aberta apenas intermitentemente e durante períodos curtos de tempo, e neste caso velocidades mais baixas do ar podem ser aceitáveis. Esta situação é examinada no item 5.3.2.8.

5.3.2.8 - A porta aberta. Nenhuma saída de emergência pode ser eficaz se não tiver portas que lhe dêem acesso e é inevitável que estas sejam abertas ocasionalmente. No projeto de um sistema de pressurização, portanto, será preciso levar em consideração o fato de que uma porta de acesso a um espaço pressurizado possivelmente precisará ser aberta durante curtos períodos de tempo.

No item 5.3.2.7 afirmou-se que, embora não seja possível manter um diferencial de pressão quando há um grande espaço aberto entre o espaço pressurizado e os espaços adjacentes, a proteção contra a fumaça ainda assim poderá ser obtida assegurando-

se a manutenção de uma velocidade razoável do ar que atravessa o espaço aberto. No caso de uma abertura intermitente, como é o caso de uma porta, poderá ser usada uma velocidade do ar menor que a sugerida para grandes espaços permanentemente abertos e os valores dependerão do posicionamento da porta. Os requisitos relativos às principais situações são os seguintes:

- a) Se somente a escada for pressurizada e não houver um saguão interligado, a velocidade mínima de saída do ar deverá ser de 0,75 m/s através de uma porta aberta, se necessário, sendo que em um edifício de mais de 20 andares, quando duas portas em andares diferentes estiverem abertas será necessária a mesma velocidade de saída do ar através dessas portas (Consulte a Tabela 8 que apresenta exemplos dos valores relacionados com o fluxo de ar por uma porta aberta, apesar de nem todas se encontrarem nessa situação). Supõe-se que a escada pressurizada tenha acesso direto aos diferentes recintos que dão origem ao vazamento, tal como recomendado no ítem 5.5.
- b) Se a escada e o saguão forem pressurizados independentemente em cada andar, a velocidade mínima de saída do ar deverá ser de 0,7 m/s quando houver duas portas abertas no saguão de um andar (isto significa que a porta escada/saguão e uma porta saguão/recintos estão abertas); esta velocidade de saída do ar poderá ocorrer em qualquer uma das portas abertas. Quando o edifício tiver mais de 20 andares esta condição deveria existir quando as portas dos saguões de dois andares estivessem abertas. (A Tabela 10 apresenta exemplos de valores relativos ao fluxo de ar). Supõe-se que os saguões pressurizados tenham acesso direto aos espaços dos recintos onde se origina o vazamento, de acordo com as recomendações contidas no ítem 5.5.
- c) Se a escada e o saguão forem pressurizados independentemente em cada andar, além da exigência mencionada na alínea (b) acima, uma das seguintes condições deveria também ser aplicável quando todas as portas escada/saguão estiverem fechadas e qualquer porta saguão/recintos estiver aberta. A velocidade de saída do ar através da porta saguão/recintos deveria ser de no mínimo 0,5 m/s, ou o diferencial de pressão através da porta escada/saguão pertinente deveria estar a 5 Pa do valor de projeto apropriado para o nível de pressurização da escada (Tabela 1). Supõe-se que os saguões

pressurizados tenham acesso direto ao recinto de onde se origina o vazamento, de acordo com as recomendações contidas no ítem 5.5.

- d) Se somente a escada for pressurizada e ela der acesso a um corredor que atende diversas unidades, o fluxo de ar através da porta aberta recomendado na alínea (a) deveria ser obtido quando uma (ou mais) porta(s) do corredor estiver(em) aberta(s) e o vazamento proveniente de cada unidade estiver de acordo com as recomendações contidas no ítem 5.5.
- e) Se somente a escada for pressurizada e ela der acesso a saguões e/ou corredores que atendem uma ou mais unidades, o fluxo de ar através da porta aberta da escada recomendado na alínea (a) deveria ser obtido quando as portas entre a escada e as unidades estiverem abertas, de modo a permitir que haja pelo menos uma rota na qual não há portas fechadas entre a escada e as unidades. O vazamento a partir de cada unidade deveria estar de acordo com as recomendações contidas no ítem 5.5.
- f) Se o saguão pressurizado independentemente der acesso a um corredor que atende diversas unidades e a construção desse corredor for de natureza a permitir a resistência ao fogo durante pelo menos 30 minutos, o fluxo de ar através da porta aberta recomendado nas alíneas (b) e (c) poderá não ser necessário porque haverá "três portas de proteção" entre as unidades e a escada.
- g) Se o saguão pressurizado independentemente der acesso a um corredor que atende diversas unidades, mas os limites do corredor não tiverem uma construção resistente ao fogo, as condições de fluxo de ar determinadas nas alíneas (b) e (c) terão que ser obtidas quando uma (ou mais) porta(s) das unidades estiver(em) aberta(s), sendo que cada unidade deverá ter um vazamento de acordo com as recomendações contidas no ítem 5.5. Alternativamente poderão ser instaladas grades de ventilação de tamanho apropriado entre as unidades, caso em que o vazamento recomendado no ítem 5.5 poderá ser distribuído entre as diversas unidades.
- h) Se durante a fase de projeto de um sistema pressurizado os diferentes recintos de cada andar não forem subdivididos, mas forem posteriormente divididos em unidades separadas, será necessário instalar grades de ventilação entre as unidades.

As Tabelas 8, 9 e 10 supõem um vazamento infinito e mostram que na situação particular dos casos

analisados as condições de velocidade de saída do ar estabelecidas acima foram obtidas automaticamente em todos os edifícios, com exceção dos menores, quando os espaços envolvidos foram pressurizados nos níveis recomendados na Tabela 1.

A apresentação dos valores relativos à velocidade de saída do ar que será obtida quando as portas estiverem abertas, tal como descrito acima, deveria ser parte integrante dos cálculos realizados pelo projetista na fase de projeto. Se a necessária velocidade de saída do ar não for obtida em consequência do projeto inicial, os valores de entrada de ar nas escadas deveriam ser aumentados até que as condições relativas às portas abertas sejam satisfeitas. Quando isto se tornar necessário, aberturas permanentes adicionais deverão ser providenciadas na escada a fim de impedir que a pressão se eleve acima de 60 Pa quando todas as portas estiverem fechadas. Esta área adicional de vazamento poderá ser fechada por uma chapeleta de válvula contrabalançada, projetada de forma a abrir somente quando a pressão exceder 60 Pa. A chapeleta de válvula seria colocada normalmente entre um espaço pressurizado e um espaço interno. A quantidade de ar adicional calculada não deveria sofrer o acréscimo de 25% relativo a vazamentos não identificados de que trata o item 5.3.2.6.

Tabela 8. Fluxo de ar através de uma porta aberta; apenas a escada é pressurizada; porta escada/recintos aberta.

Caso 1. A escada tem uma porta simples interligando-a com uma unidade em cada andar, além de uma porta dupla que dá acesso à parte externa, no andar térreo, e uma porta interna simples que dá acesso ao telhado. Supõe-se que a porta aberta tenha uma área de 1,6 m².

Caso 2. Igual ao caso 1, mas com uma porta dupla dando acesso a uma unidade em cada andar.

Altura do edifício	Número de andares	Nível de pressurização	Fluxo de ar através de uma porta aberta			
			Caso 1		Caso 2	
m		Pa	m ³ /s	m/s	m ³ /s	m/s
15	5	50	0,50	0,31	1,0	0,63
30	10	50	0,76	0,47	1,7	1,0
75	25	50	1,4	0,90	3,1	2,0
150	50	50	2,4	1,5	4,6	2,9

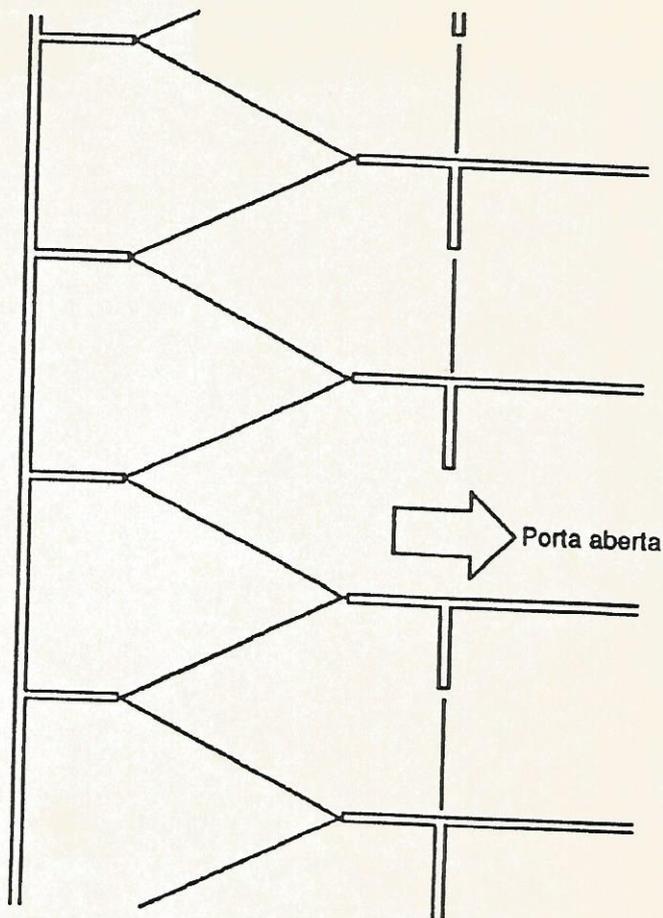


Figura 8. Diagrama das condições de fluxo de ar relacionadas na tabela 8.

Tabela 9.

Fluxo de ar através de uma porta aberta: escada e saguão do elevador com o mesmo nível de pressurização; fluxo de ar criado quando uma porta saguão/recintos estiver aberta.

Condições previstas no projeto. A escada tem uma porta dupla para a parte externa no andar térreo e uma porta simples para a parte externa no telhado. Há portas simples em todos os níveis entre o poço da escada e o saguão. Há duas portas de elevador em cada saguão e uma porta dupla entre o saguão e as unidades.

Altura do edifício	Número de andares	Nível de pressurização	Pressão nos outros saguões	Fluxo de ar através de uma porta aberta	
				m³/s	m/s
m		Pa	Pa		
15	5	50	26	0,86	0,54
30	10	50	31	0,87	0,54
75	25	50	38	0,88	0,55
150	50	50	43	0,90	0,56

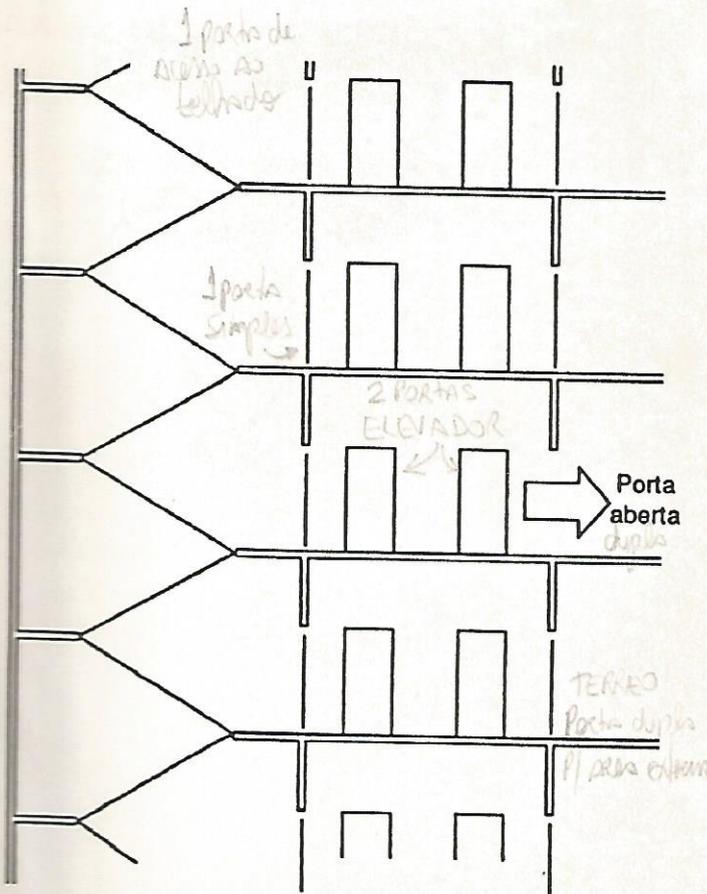


Figura 9. Diagrama das condições de fluxo de ar descritas na Tabela 9.

Tabela 10.

Fluxo de ar através de duas portas abertas; a escada e o saguão do elevador têm o mesmo nível de pressurização; no mesmo andar há duas portas no saguão (escada/saguão e saguão/recintos).

Condições previstas no projeto. A escada tem uma porta dupla para a parte externa no andar térreo e uma porta simples para a parte externa no telhado. Há portas simples em todos os níveis entre o poço da escada e o saguão. Há duas portas de elevador em cada saguão e uma porta dupla entre o saguão e as unidades. (Estas condições são idênticas às previstas na Tabela 9).

Altura do edifício	Número de andares	Nível de pressurização	Nível de pressurização nos outros saguões	Fluxo de ar através da porta escada/saguão		Fluxo de ar através da porta saguão/recintos	
				m³/s	m/s	m³/s	m/s
m		Pa	Pa				
15	5	50	20	0,42	0,26	1,20	0,75
30	10	50	23	0,62	0,39	1,37	0,85
75	25	50	25	1,24	0,78	1,96	1,23
150	50	50	27	2,30	1,44	3,01	1,88

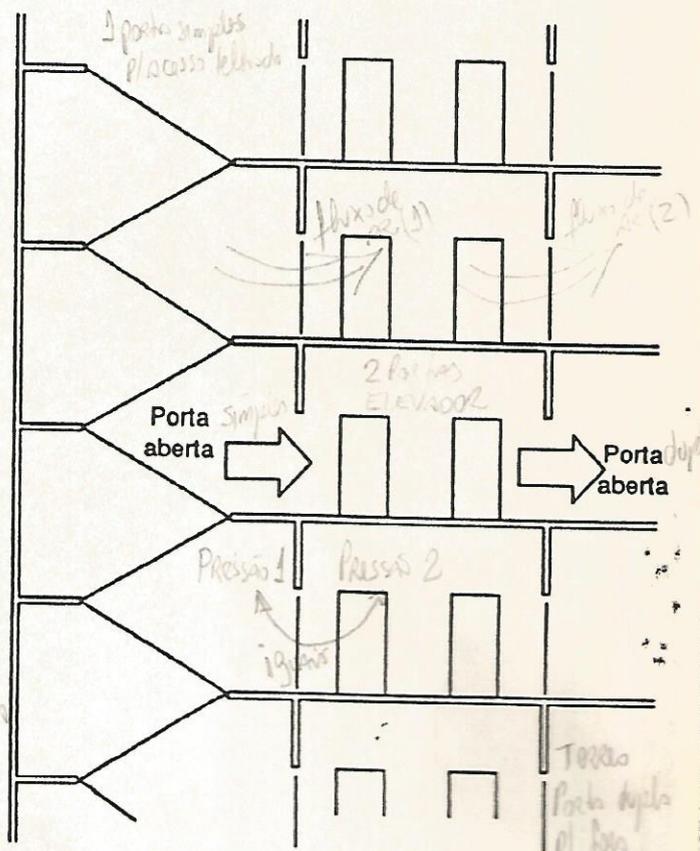


Figura 10. Diagrama das condições de fluxo de ar descritas na Tabela 10.

5.3.2.9 - Estimativa da velocidade de saída do ar através de uma porta aberta (e de outros grandes espaços abertos). A velocidade efetivamente atingida através de uma porta aberta, quando prevalecerem as condições de ventilação recomendadas no item 5.5, serão menores que as previstas para um projeto de andar aberto e no caso de vazamentos infinitos (tais como os supostos nas Tabelas 8, 9 e 10). Portanto, a velocidade através de uma porta aberta deve ser calculada, para um vazamento infinito nos recintos, com o auxílio dos métodos descritos em 5.3.2.9.1, 5.3.2.9.2 e 5.3.2.9.3, devendo depois ser multiplicada pelo fator 0,6 para obter uma aproximação melhor da velocidade que seria obtida na prática quando as recomendações de ventilação contidas no item 5.5 forem atendidas. Este fator deve ser usado somente quando os fluxos de ar através de uma porta aberta forem calculados de acordo com os métodos descritos em 5.3.2.9.1, 5.3.2.9.2 e 5.3.2.9.3. (Veja o exemplo detalhado no Anexo A).

Este processo e os métodos apresentados em 5.3.2.9.1, 5.3.2.9.2 e 5.3.2.9.3 para calcular o fluxo de ar através de uma porta aberta não são exatos, mas são suficientemente precisos para os fins a que se destinam e em muitos casos constituem uma grande simplificação do processo de cálculo. Incertezas ligadas à resistência ao vazamento dos sistemas já instalados não justificam um processo de cálculo mais sofisticado.

O volume do fluxo de ar através de uma porta aberta obtido segundo os métodos descritos em 5.3.2.9.1, 5.3.2.9.2 e 5.3.2.9.3 será expresso em metros cúbicos por segundo.

Pode-se supor que a porta aberta seja uma porta simples (ou apenas uma folha de uma porta dupla) e que sua área seja de 1,6 m².

A fim de expressar o fluxo de ar através da porta em termos de velocidade do ar em metros por segundo, os valores obtidos para o volume de fluxo devem ser divididos por 1,6.

5.3.2.9.1 - Estimativa da velocidade de saída do ar; somente a escada é pressurizada.

- a) No caso de edifícios com 10 andares ou menos é suficiente supor que todo o suprimento de ar para a escada escapará pela porta aberta. (Partiu-se da hipótese de que a porta aberta seja simples e tenha uma área de 1,6 m²).
- b) No caso de edifícios com mais de 10 andares a área de vazamento de todas as outras portas existentes na escada (além de quaisquer outras áreas de vazamento) tem que ser totalizada e a proporção da alimentação de ar que escapará

pela porta de 1,6 m² de área deverá ser calculada.

Exemplo. Se houver 20 andares e 21 portas duplas permitindo a saída da escada, a área total de vazamento através das restantes portas fechadas será de (21-1) x 0,03 m³ e a proporção de ar que sairá do recinto através da porta aberta será:

$$\frac{1,6}{(1,6 + 0,6)} = 0,727$$

5.3.2.9.2 - Estimativa da velocidade de saída do ar; escada e saguão independentemente pressurizados em cada andar; uma porta (saguão/recintos) aberta.

a) *Saguões não interligados pelo poço do elevador.* O fluxo total de ar que sairá por uma porta aberta no saguão será a soma:

1. do suprimento de ar para o saguão através do duto de alimentação, e
2. do fluxo de ar através de uma porta fechada, da escada para o saguão.

Para calcular o item (2) será suficiente supor que a pressão projetada para a escada está sendo mantida e que a pressão no saguão cai a zero quando a porta estiver aberta.

b) *Saguões interligados por um ou mais poços de elevador.* O fluxo de ar total que sai por uma porta aberta no saguão será a soma:

1. do suprimento de ar para o saguão através do duto de alimentação;
2. do fluxo de ar através de uma porta fechada entre a escada e o saguão; e
3. do fluxo de ar que sai de cada poço de elevador através da porta fechada do elevador.

Para calcular o item (2) utiliza-se o método descrito na alínea (a) acima. Para calcular o item (3) parte-se do pressuposto de que o fluxo de ar para dentro de cada poço de elevador ainda seja igual ao valor utilizado nos cálculos para o projeto. Aproximadamente um terço deste total escapará para o saguão se as portas de cada poço de elevador estiverem abertas. Se houver no edifício dois saguões com uma porta aberta, aproximadamente um quarto do fluxo total de ar que entra em cada poço de elevador escapará para cada saguão.

5.3.2.9.3 - Estimativa da velocidade de saída do ar; escada e saguão em cada andar pressurizados independentemente; duas portas (escada/saguão e saguão/recintos) abertas no mesmo andar.

a) *Saguões não interligados ao poço do elevador.* O fluxo de ar através da porta entre o saguão e

a escada será a soma:

1. do suprimento de ar para a escada através do duto de alimentação, e
2. de todo o ar que fluirá para dentro da escada pelas portas fechadas de todos os outros saguões.

O valor de (2) será calculado com o auxílio da seguinte equação:

$$Q_T = Q_L \times \frac{A_D}{A_L} \times (n_s - 1) \quad \dots(18)$$

na qual

Q_T é o fluxo de ar total que entra na escada proveniente de todos os saguões pressurizados cujas portas estiverem fechadas.

Q_L é o suprimento de ar de um saguão, alimentado por um duto.

A_D é a área de vazamento da porta fechada entre o saguão e a escada (supondo-se que seja o mesmo em todos os andares).

A_L é a área total de vazamento através da qual o ar sai de cada saguão = $A_D + A_I$,

onde

A_I é a área de vazamento de cada saguão utilizada no cálculo do projeto,

n_s é o número de saguões pressurizados que dão acesso à escada.

Se dois saguões no mesmo edifício tiverem ambas as portas abertas o ar que fluirá através da porta de comunicação com a escada, em cada saguão, será igual à metade do total de (1) e (2) acima, e o fator ($n_s - 1$) deverá ser substituído pelo fator ($n_s - 2$) na equação (18).

O fluxo de ar através da segunda porta do saguão será a soma:

1. do suprimento de ar para o saguão proveniente do duto de alimentação, e
2. do fluxo de ar que sai da escada através da porta aberta entre a escada e o saguão (calculado como indicado acima para o caso de um ou de dois saguões com portas abertas, segundo o que for mais indicado).

b) *Saguões interligados pelo poço do elevador.* O fluxo de ar através da porta entre o saguão e a escada será a soma:

1. do suprimento de ar para a escada proveniente do duto de alimentação, e
2. de todo o ar que entrará na escada através das portas fechadas de todos os outros saguões.

O valor de (2) será calculado com o auxílio da equação

$$Q_T = Q_L \times \frac{A_D}{A_D + A_{II} + \frac{m}{n} A_d F} \times (n - 1) \quad \dots(19)$$

onde

Q_T é o fluxo de ar total que entra na escada, proveniente de todos os saguões pressurizados cujas portas estiverem fechadas.

Q_L é o suprimento de ar em um saguão pressurizado, proveniente do duto de alimentação.

A_D é a área de vazamento da porta fechada entre o saguão e a escada (supondo-se que seja o mesmo em todos os andares).

A_{II} é a área de vazamento de cada saguão utilizada no cálculo do projeto, excluindo a área de vazamento das paredes dos elevadores.

A_d é a área de vazamento das portas de entrada do elevador (supondo-se geralmente que seja $0,06 \text{ m}^2$).

n é o número de saguões pressurizados que dão para o mesmo poço de elevador.

m é o número de poços de elevador que têm acesso a cada saguão.

F é o fator relacionado na Tabela 6 para o número apropriado de andares, usando a coluna 3 ou a coluna 4 dessa tabela, dependendo de haver um saguão no edifício com duas portas abertas, ou dois saguões com as portas abertas. Neste último caso o fator ($n - 2$) deverá substituir o fator ($n - 1$) na equação (19).

O fluxo total de ar através da porta aberta entre a escada e o saguão do elevador será igual a $Q_s + Q_T$, onde Q_s é o suprimento de ar para a escada proveniente do duto de alimentação.

O fluxo de ar através da porta aberta entre o saguão do elevador e os recintos será a soma:

3. do fluxo total de ar proveniente da escada que entra no saguão (ou seja, $Q_s + Q_T$),
4. do suprimento de ar em cada saguão proveniente do duto de alimentação (ou seja, Q_L), e
5. do fluxo de ar que sai de todos os poços dos elevadores através das portas de entrada fechadas dos elevadores.

O valor de (5) será calculado mediante a equação:

$$Q_A = \frac{m}{3} \frac{F \times A_d \times Q_L}{A_D + A_{II} + \frac{m}{n} A_d F} \quad \dots(20)$$

na qual Q_A é o fluxo total de ar que sai de todos os poços dos elevadores para um saguão que tenha duas portas abertas, e as outras quantidades são iguais às descritas na equação (19).

Quando dois saguões tiverem duas portas abertas cada um, o fator $m/3$ na equação (20) deverá ser substituído por $m/4$ e a coluna 4 da Tabela 6 deveria ser usada para determinar o valor de F .

A soma dos itens (3), (4) e (5) acima, ou seja, do fluxo de ar total através das portas abertas entre o

saguão do elevador e os recintos pode ser expresso como

$$\text{Fluxo total de ar através da porta} = Q_s + Q_L \frac{A_1 + nA_D + \left(\frac{m}{n} + \frac{m}{3}\right) A_d F}{A_D + A_{II} + \frac{m}{n} A_d F} \dots (21)$$

onde Q_s é o suprimento de ar para a escada, proveniente do duto de alimentação e as outras quantidades são iguais às utilizadas nas equações (19) e (20).

5.4 Disposições relativas ao suprimento de ar

Há condições importantes para a disposição e interconexão de dutos de alimentação de ar e pontos de saída de ar em um sistema de pressurização.

5.4.1 - Pressurização da(s) escada(s). Deve-se prever um sistema separado de pressurização para cada escada.

O suprimento de ar para uma escada pressurizada deve ser uniformemente distribuído por toda a altura da escada. Conseqüentemente, um único ponto de alimentação não é aceitável, a não ser que o edifício tenha três andares ou menos.

O suprimento de ar deveria ser levado para cima (e não para baixo) pelos dutos da escada, com as grades de saída colocadas a intervalos regulares que não devem exceder a altura de três andares entre duas grades adjacentes. Os pontos de saída devem ser dispostos e equilibrados de maneira a permitir a saída de quantidades iguais de ar em cada grade de saída.

5.4.2 - Pressurização dos saguões. Em termos gerais, os saguões podem ser pressurizados mediante a utilização de um ventilador comum e o sistema de dutos fornecido, desde que disposições adequadas de balanceamento sejam asseguradas, a fim de garantir um fornecimento apropriado de ar para cada saguão.

Quando a pressão ambiente em um ou dois saguões for alterada em virtude de portas que abertas, o efeito sobre o suprimento de ar dos outros saguões deverá ser mínimo (veja o item 6.1).

Se o esquema de pressurização consistir de uma escada e dos saguões associados, um sistema comum de ventiladores para pressurização poderá ser empregado para a escada e os saguões, mas serão necessários dois sistemas de dutos, uma para a escada e outro para os saguões.

Se mais que uma escada der acesso a um saguão comum, deve-se usar sistemas separados de pressurização para cada escada (tal como recomendado no item 5.4.1). Todos, ou qualquer um dos

sistema de pressurização da escada poderão ser usados para alimentar os saguões, desde que haja um duto separado para os saguões, independente do que é usado para a escada.

5.4.3 - Importância das folgas nas portas. Quando está sendo preparado um projeto para um sistema de pressurização é preciso partir de suposições relativas ao vazamento de ar através de portas, janelas e outros componentes do edifício a fim de especificar o ventilador e o sistema de dutos necessários.

Portanto, é essencial garantir que:

- apesar das informações sobre vazamento nas portas, apresentadas no item 5.3.2, as áreas de vazamento somadas devem ser razoáveis para cada elemento (porta, janela, etc.) que será utilizado no edifício; e
- depois de sua colocação no edifício, esses elementos devem estar de acordo com as hipóteses adotadas a respeito do vazamento.

Uma dificuldade que surge comumente diz respeito à folga por baixo da porta. Se, por exemplo, como resultado da mudança da espessura do revestimento do piso, for criada uma grande folga na parte de baixo da porta, isto não seria considerado importante do ponto de vista da resistência ao fogo, mas teria um grande efeito sobre a operação do sistema de pressurização. Esta mudança no revestimento do piso poderia afetar todas as portas de um edifício.

5.4.4 - Registros de tiragem no sistema de dutos. Considerando que um sistema de pressurização precisa continuar a funcionar durante todo o tempo do incêndio, o sistema de dutos deve ser posicionado no edifício de maneira a permitir que a instalação de registros de tiragem seja evitada. Os dutos instalados dentro de poços protegidos geralmente não precisam de registros de tiragem. (Veja o item 6.4.2)

5.5 Saída do ar para pressurização para fora do edifício

5.5.1 - Aspectos Gerais. É importante assegurar que o ar para pressurização saia do edifício em um local (ou locais) e condições compatíveis com o critério adotado no projeto do esquema de pressurização. Ao fazer uma subdivisão, será preciso dar atenção à preservação do fluxo de ar.

Existem quatro métodos possíveis, A, B, C e D para os quais as recomendações pertinentes são apresentadas nos itens 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4 e 5.5.5. Se mais de um desses métodos for utilizado em um edifício, as exigências relativas a um método isolada-

mente poderão ser proporcionalmente reduzidas em função da quantidade de ventilação proporcionada por cada método. O tamanho das aberturas de ventilação deve ser o mesmo, tanto nos andares acima quanto abaixo do solo. As condições climáticas locais devem ser levadas em conta pelo projetista.

Em todas as tabelas e equações apresentadas abaixo,

Q_N é o volume líquido de ar para pressurização que entra em um andar (excluindo o vazamento de ar para a atmosfera através dos poços dos elevadores e sanitários) em m^3/s . O número relativo ao fluxo de ar na situação em que há uma porta aberta, mencionada no item 5.3.2.8, deve ser considerado para esta finalidade.

5.5.2 - Método A: vazamento pela janela. Quando o edifício tem janelas que podem ser abertas em cada andar, é provável que o vazamento através delas seja suficiente para permitir a ventilação satisfatória do ar para pressurização. A Tabela 11 apresenta o comprimento total mínimo das frestas das janelas que seria satisfatório para esta finalidade.

Tabela 11.

Comprimento total mínimo das frestas das janelas (por andar) para uma ventilação satisfatória do ar para pressurização

Tipo de janela	Comprimento recomendado da fresta em metros (Veja o item 5.5.1 no tocante a Q_N)
Janela de fulcro sem proteção removível contra o frio	$1.200 \times Q_N$
Janela de fulcro com proteção removível contra o frio	$8.300 \times Q_N$
Janela de correr	$3.000 \times Q_N$

Condições de vento adversas. Na avaliação do comprimento total das frestas disponível deve-se descontar um lado do edifício porque possivelmente as condições de vento serão adversas. Se o vazamento pelas janelas não for uniformemente distribuído à volta da parede externa, o lado que tiver a maior área de vazamento pelas janelas deverá ser descontado.

5.5.3 - Método B: instalação de aberturas especiais de ventilação na periferia do edifício. Quando se tratar de um edifício vedado, ou não houver janelas que possam ser abertas em número suficiente, aberturas

de ventilação especiais deverão ser instaladas em todos os lados do edifício e a área total efetiva por andar não deverá ser menor que $Q_N/2,5 m^2$ (Veja o item 5.5.1 no que se refere a Q_N).

Condições de vento adversas. Um lado do edifício deverá ser descontado na avaliação da área efetiva de ventilação necessária por andar. Se a ventilação não for uniformemente distribuída à volta da parede externa, o lado que tiver a maior área de ventilação deverá ser descontado para fins de cálculo.

Dispositivo de abertura das janelas de ventilação. É pouco provável que janelas de ventilação sob a forma de aberturas permanentes sejam aceitáveis para a utilização normal de um edifício e portanto, o projeto das aberturas de ventilação deve assegurar que a área da janela de ventilação esteja aberta quando o sistema de pressurização começar a funcionar numa emergência. As características necessárias das janelas de ventilação são:

- O fechamento da janela deve ser sua condição normal (ou condição de repouso);
- Quando o sistema de pressurização entrar em funcionamento numa emergência, a janela de ventilação deverá ser aberta para que o ar para pressurização possa sair livremente, sem precisar desenvolver uma pressão apreciável para poder fazê-lo.
- O dispositivo de fechamento da janela de ventilação deverá permitir seu fechamento automático pela ação de ventos adversos naquele lado do edifício.

Caso seja sugerido o controle automático das janelas de ventilação, é preferível que essa ventilação ocorra somente no andar onde houver o incêndio. Em todos os outros andares, embora a pressurização esteja ativa, as janelas de ventilação devem permanecer fechadas. Entretanto, os cálculos para o projeto devem partir da suposição de que haverá ventilação em todos os andares.

5.5.4 - Método C: poços verticais. Caso não seja possível ventilar o ar para pressurização através de vazamentos do edifício, ou de janelas de ventilação periféricas, poder-se-á recorrer a poços verticais de ventilação para este fim. O tamanho mínimo do poço e das aberturas de ventilação aceitável para esta finalidade é:

Área líquida de ventilação por andar (recintos para o poço)

$$A_v = \frac{Q_N}{2} \text{ (m}^2\text{)} \quad \dots(22)$$

$$\text{Tamanho do poço} = A_v \text{ (m}^2\text{)} \quad \dots(23)$$

$$\text{Abertura superior de ventilação (poço para a atmosfera)} = A_v \text{ (m}^2\text{)} \quad \dots(24)$$

Veja o item 5.5.1 no que se refere a Q_N

No caso de edifícios com mais de 100 m de altura talvez seja necessário adotar considerações especiais sobre a perda de pressão através dos dutos e suas aberturas.

Condições de vento adversas. As dificuldades resultantes de condições de vento adversas podem facilmente ser evitadas quando for empregado um poço vertical porque será possível instalar um sistema de descarga vertical (com uma mangueira de ventilação adequada).

Janelas de ventilação abertas automaticamente. Uma disposição vertical dos dutos, que utilize um sistema no qual as janelas de ventilação em todos os andares permanecem fechadas normalmente em virtude de um dispositivo de fechamento resistente ao fogo que, quando o sistema de pressurização entrar em funcionamento numa emergência, abrirá *somente as janelas de ventilação do andar em que há o incêndio* é a mais satisfatória e deveria ser utilizada sempre que possível quando for sugerido um sistema vertical de dutos. Isto permitirá que seja usado um duto comum, sem o risco de propagação do fogo e da fumaça para outros andares e oferece a vantagem da ventilação do ar para pressurização somente no andar em que há um incêndio.

5.5.5 - Método D: extração mecânica. A retirada do ar para pressurização através de extração mecânica

será um método satisfatório se as devidas precauções forem tomadas.

O índice de extração por andar não deverá ser menor que Q_N m³/s, sendo este valor obtido quando existir uma passagem livre através de portas abertas dando para o espaço pressurizado. O sistema de extração (dutos e ventiladores) deverá ser capaz de suportar temperaturas de até 500°C durante um período de tempo razoável, e a fumaça e fogo deverão ser impedidos de propagar-se de andar para andar através do sistema de extração (Veja o item 5.5.1 no que se refere a Q_N).

Esta última condição poderá ser satisfeita através de um sistema separado de extração para cada andar, ou tomando-se as medidas necessárias para que os dutos em todos os andares sejam normalmente fechados por um registro de tiragem resistente ao fogo. Quando o sistema de pressurização entrar em operação numa emergência, o registro de tiragem que fecha o sistema de extração deverá abrir apenas nos andares em que houver fogo.

Se esta última disposição, que é a preferível, for empregada,

- o sistema de dutos deverá ser construído de acordo com padrões apropriados de resistência ao fogo;
- o índice de extração deverá ser capaz de manter um índice de extração igual a Q_N no andar em

Tabela 12. Sugestões para a escolha de um sistema de ventilação

Layout do edifício	Janelas	Ventilação	Sistema de ventilação	
			Métodos principais	Métodos adicionais ou alternativos (se necessários)
Plano aberto	Podem ser abertas, s/ proteção removível contra frio	Natural	Vazamento natural (vazamento pela janela)	—
	Podem ser abertas, c/ proteção removível contra frio	Natural ou mecânica	Vazamento natural ou poço vertical	Janelas de ventilação periféricas ou extração mecânica
	Vedadas	Mecânica	Janelas de ventilação periféricas ou poço vertical	Extração mecânica
Divisões nos andares	Podem ser abertas, s/ proteção removível contra frio	Natural	Vazamento natural (vazamento pela janela)	—
	Podem ser abertas, c/ proteção removível contra frio	Natural ou mecânica	Vazamento natural ou janelas de ventilação periféricas	Poço vertical ou extração mecânica
	Vedadas	Mecânica	Janelas de ventilação periféricas	Poço vertical ou extração mecânica

que houver fogo. (Veja o item 5.5.1 no que se refere a Q_N).

5.5.6 - *Resumo das disposições relativas à ventilação.* As disposições relativas à ventilação foram resumidas na Tabela 12.

5.6 Processo a ser adotado na fase de projeto

Na elaboração do projeto para um sistema de pressurização de um edifício deverá ser adotado o processo descrito a seguir.

- a) Considerar as propostas relativas ao edifício e indicar as alterações de *layout* possíveis ou necessárias caso venha a ser instalado o sistema de pressurização.
- b) Identificar os espaços a serem pressurizados e considerar qualquer interação possível entre os espaços pressurizados e não pressurizados.
- c) Decidir se o sistema terá um ou dois estágios e determinar os níveis de pressurização a serem empregados durante a operação de emergência e, caso apropriado, durante a operação com capacidade reduzida (Tabela 1).
- d) Identificar todas as rotas de vazamento através das quais o ar poderá sair dos espaços pressurizados e determinar o índice de vazamento de ar em cada um desses pontos, na presença do diferencial de pressão apropriado. Os processos descritos nos itens 5.3.1 e 5.3.2 deverão ser seguidos.
- e) Somar todos os fluxos de ar que saem dos espaços pressurizados e acrescentar 25% a esse total, de acordo com o disposto no item 5.3.2.6. Isto dará o suprimento de ar necessário para cada espaço pressurizado.
- f) A velocidade do ar através de uma porta aberta deverá ser estimada por meio do processo apropriado, descrito no item 5.3.2.9. Se não forem atendidas as condições previstas no item 5.3.2.8, o suprimento de ar proposto deverá ser aumentado.
- g) O suprimento de ar estimado em (e) e (f) deverá ser fornecido pelo terminal (ou terminais) dos dutos em cada espaço pressurizado. O posicionamento dos terminais dos dutos será discutido com o arquiteto e com as autoridades pertinentes.
- h) A capacidade do ventilador e o tamanho dos dutos deverão ser decididos por um engenheiro competente depois de levar em conta as recomendações adicionais que constam da cláusula 6. O posicionamento das grades de alimentação

deve ser acordado com o arquiteto, devendo ainda ser especificadas todas as proteções especiais porventura necessárias (Cláusula 6).

- i) A saída do ar para pressurização do edifício deverá ser levada em conta e especificado método apropriado de ventilação (5.5).
- j) A operação do sistema deverá ser considerada e especificada a posição dos detectores de fumaça (se necessários) (Cláusula 6).
- k) Uma notificação sobre as áreas de vazamento assumidas por hipótese deverá ser enviada ao arquiteto, lembrando-o de que essas áreas deverão estar presentes no edifício concluído.
- l) Deverá ser especificado um processo de manutenção para que seja possível verificar a operação satisfatória da instalação no edifício concluído. (Cláusula 6).

Um exemplo detalhado é apresentado no Anexo A.

6. Instalação e Equipamento

6.1 - A instalação e equipamentos associados a um esquema de pressurização consistem de:

- a) disposições para a entrada de ar;
- b) ventilador com seu sistema elétrico próprio;
- c) sistema de dutos de distribuição;
- d) terminais do sistema de dutos, isto é, grades dispersores, etc.;
- e) dispositivos de sensoramento automático e comutadores manuais para acionar a condição de emergência no sistema;
- f) disposições para soltar o ar para pressurização;
- g) disposições para a manutenção de todo o equipamento.

Disposições especiais deverão ser adotadas em relação a todos esses itens a fim de assegurar que, na hipótese de um incêndio, ou durante essa emergência a instalação funcione e mantenha-se em funcionamento a fim de proporcionar o necessário controle de fumaça. Todos os itens da instalação deverão ser projetados e instalados de modo a evitar que qualquer de suas partes seja ameaçada por um incêndio no edifício. As instalações deverão estar de acordo com as recomendações constantes da norma CP352.

6.2 Disposições relativas à entrada de ar

É essencial que o suprimento de ar usado para pressurização nunca esteja em risco de contaminação pela fumaça proveniente de um incêndio no edifício.

Um aumento ou redução da pressão de entrada ou saída devido ao efeito do vento será propagado

Como Avaliar o vento? Seta da brisa

todo o edifício e provavelmente modificará o equilíbrio das pressões em toda a construção. Portanto, é vital que as condições de pressão do ar para os sistemas de entrada e saída de ar para pressurização sejam substancialmente independentes da velocidade e direção do vento.

Quando um sistema de pressurização for usado juntamente com um sistema mecânico de distribuição de ar no edifício, será igualmente essencial que qualquer efeito provocado pela velocidade e direção do vento seja igual em ambos os sistemas.

O posicionamento dos pontos de entrada de ar para o sistema de pressurização devem estar de preferência no andar térreo, ou próximos desse andar, não devendo ser colocados na proximidade de um ponto de risco potencial de incêndio. Recomenda-se que seja estabelecida uma conexão, através de um duto, entre a entrada de ar e a entrada do ventilador.

Se a entrada de ar for colocada a nível do telhado, deverá ser posicionada de modo a evitar que seja afetada pela fumaça que sobe; por exemplo, deverá ser separada da fumaça que sobe pelos lados do edifício por meio de uma parede alta e deverá ser colocada em um nível mais baixo que o ponto de descarga de qualquer duto ou poço que possa eventualmente vir a descarregar fumaça durante um incêndio no edifício. Sugere-se que esta parede alta seja pelo menos 1 m mais alta que o nível da entrada de ar e, da mesma forma, que o ponto de descarga de qualquer duto de fumaça esteja localizado pelo menos 1 m acima desse nível. A entrada de ar e o ponto de descarga devem estar separados, no plano horizontal, por uma distância de pelo menos 5 m.

Se o edifício for pressurizado por ventiladores separados em cada andar, as entradas de ar deverão ser posicionadas ou projetadas de maneira a reduzir ao mínimo o risco de absorção de fumaça pelo sistema.

De maneira geral, a entrada de ar estará provavelmente no mesmo nível que a sala das máquinas, o que faz com que a importância da colocação da entrada de ar no andar térreo seja levada em conta no momento de decidir sobre a localização da sala das máquinas.

6.3 O ventilador e seu sistema elétrico

6.3.1 - Avaliação da carga de trabalho do ventilador. A necessária carga de trabalho do ventilador deverá ser avaliada com base no seguinte:

Volume do fluxo de ar - Suprimento agregado para todas as áreas pressurizadas alimentadas pelo ventilador, *mais* uma folga para cobrir qualquer

possível vazamento no sistema de dutos. A folga para cobrir vazamentos, a ser acrescentada ao volume do fluxo de ar, deve ser de 15% no caso de dutos construídos em metal laminado e de 25% no caso de dutos construídos por empreiteiros, a não ser que um teste realizado no local garanta um nível menor de vazamento.

Pressão total do ventilador - Resistência total do sistema de distribuição, *mais* o nível de pressurização em emergências.

Pressão estática do ventilador - pressão total do ventilador, *menos* a velocidade no ponto de descarga do ventilador.

6.3.2 - Equipamentos de reserva. Nos edifícios com uma só escada, ventiladores e motores em duplicata deverão ser providenciados. Nos edifícios com mais que uma escada deverão ser providenciados ventiladores com motores em duplicata. Um sistema duplo de alimentação deverá ser providenciado, mas não haverá necessidade de duplicar todo o equipamento.

É preciso observar, no entanto, que a previsão de equipamentos de reserva não elimina a necessidade de manutenção adequada das instalações.

6.3.3 - Fornecimento de energia e equipamento elétrico.

- O cabo de alimentação de força deverá ser instalado no edifício de maneira a protegê-lo do fogo caso haja um incêndio em qualquer ponto do edifício.
- Se o edifício tiver um sistema de fornecimento de energia em situações de emergência que utiliza um gerador independente, deverão ser previstos dispositivos automáticos para ligar o ventilador e seu equipamento elétrico à fonte de fornecimento de energia em emergências, para o caso de ela vir a ter que ser usada.
- Se o edifício não tiver uma fonte de fornecimento de energia em emergências, deverá ser providenciada a ligação a uma fonte principal de alimentação alternativa, proveniente de uma subestação diferente da que fornece energia para o edifício.
- Quaisquer que sejam as disposições relativas ao fornecimento de energia, as conexões destinadas ao equipamento de pressurização deverão ser de natureza a assegurar que, se for necessário cortar o suprimento de energia para o edifício, o fornecimento de energia para o equipamento de pressurização não seja interrompido.
- Os comutadores de eletricidade e outros equipamentos de controle associados ao motor do

ventilador de pressurização deverão ter a mesma proteção contra fogo que a indicada na alínea (a).

- f) As seguintes disposições de controle são recomendadas:
1. O ventilador deverá ser energizado a partir de um sistema automático de detecção de fumaça ou fogo, incluindo um sistema de regadores automáticos (*spinklers*), sempre que estes tiverem sido instalados, ou a partir de um ponto de acionamento manual. As disposições para desligamento do ventilador deverão ser independentes do sistema detector de fumaça e fogo.
 2. Controles manuais de parada/funcionamento deverão ser colocados nos seguintes locais:
 - na sala central de controle de serviços do edifício;
 - na sala de máquinas do sistema de pressurização, se esta for distante da sala central de controle de serviços;
 - perto da entrada do edifício, em local acordado com as autoridades incumbidas da prevenção e controle de incêndios.
- g) As instalações elétricas deverão estar de acordo com o "Regulations for the electrical equipment of buildings" publicadas pela *Institution of Electrical Engineer*.

6.3.4 - Estruturas de proteção para o ventilador de pressurização. A planta de pressurização, isto é, o ventilador, o motor elétrico e qualquer equipamento de controle associado geralmente serão colocados próximo ao motor e deverão, de preferência, ser alojados em uma sala de máquinas separada da sala de manutenção principal. Se for colocada na mesma sala que os outros equipamentos de serviço, deverá ser separada dos outros equipamentos por uma divisória resistente ao fogo, com uma resistência contra fogo de no mínimo uma hora. As portas de acesso à sala de máquinas da pressurização deverão ter o mesmo tempo de resistência contra fogo, além de dispositivos de fechamento automático. Um gerador na sua carcaça deverá ter a mesma proteção que o ventilador.

6.4 O sistema de dutos de distribuição

6.4.1 - Aspectos gerais. Nos edifícios com vários andares a disposição preferida para um sistema de distribuição para a pressurização consiste de um duto vertical que corre ao longo dos espaços pressurizados. O sistema de dutos de distribuição deverá, de maneira geral, estar de acordo com as recomendações constantes da norma CP413, bem como com as exigências de quaisquer regulamentos pertinentes, relativos às edificações.

6.4.2 - Registros de tiragem no sistema de dutos. A regulamentação das construções e/ou a norma CP413 possivelmente determinem a instalação de registros de tiragem nas ramificações dos dutos que penetram no poço estrutural vertical de proteção. As condições de operação para um sistema de pressurização não deverão levar ao fechamento desses registros, mas poderiam criar um risco, no caso dos sa-guões pressurizados, sempre que ocorresse uma falha mecânica ocasional em uma ligação fusível quando fosse ligado o ventilador de pressurização. Para evitar que isto aconteça recomenda-se que seja obtida permissão para não instalar esses registros de tiragem. A necessidade de ter registros de tiragem poderá ser evitada se os dutos forem colocados totalmente dentro de uma carcaça protegida. Os registros de tiragem operados por controle remoto, como por exemplo os detectores de fumaça ou ligações fusíveis instalados fora do sistema de dutos não deverão ser incorporados ao sistema de suprimento de ar para pressurização.

6.4.3 - Construção dos dutos. Os dutos utilizados para a distribuição do ar para pressurização deverão, de preferência, ser construídos em metal laminado, suas costuras longitudinais deverão ser usinadas e um material de vedação deverá ser aplicado em todas as juntas transversais. Este tipo de construção deverá estar de acordo com a especificação DW141 relativa a dutos, da *Heating and Ventilating Contractors' Association*.

Não se deve confiar na utilização de fitas adesivas para a vedação dos dutos a longo prazo.

O *layout* do sistema de dutos e o tamanho do duto principal ou coletor, bem como dos dutos nas ramificações deverão estar de acordo com normas padrão de projeto estabelecidas em diversas publicações relacionadas com a indústria de calefação e ventilação, como por exemplo *IHVE Manual of the Chartered Institution of Building Services*, ou *ASHRAE Guide and Data Book of the American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*. O sistema deverá ser regulado e os índices de fluxo de ar determinados de acordo com a norma *IHVE Com-*

missioning Code Series A. Além disto, o processo de concessão de autorização incluirá a mensuração do fluxo de ar total que entra em cada espaço pressurizado (veja o item 7.3).

6.5 Terminais dos dutos, grades, dispersores, etc.

6.5.1 - Posicionamento no espaço pressurizado. O posicionamento da grade de entrada de ar não é crítico para a pressurização de um espaço. No caso dos saguões pressurizados, deverá ser colocada próxima à rota principal de vazamento para fora do espaço e se o vazamento tiver uma distribuição razoavelmente uniforme por todo o espaço, a localização central da grade de entrada de ar deverá ser escolhida.

Para a pressurização de uma escada deverão ser previstas várias grades de entrada de ar, localizadas a intervalos regulares por toda a altura da escada, e posicionadas de modo a haver uma distância máxima de três andares entre grades adjacentes. (Veja o item 5.4.1).

6.5.2 - Projeto dos terminais. Quando um sistema de duto comum atende a diversos espaços pressurizados separados, é importante assegurar que o efeito sobre o suprimento de ar para outros espaços seja mínimo quando houver uma alteração da pressão em um ou mais desses espaços em virtude da abertura de portas.

Se, quando for aberta a porta de um saguão o fluxo de ar para outros saguões sofrer uma redução de 15%, a redução correspondente do diferencial de pressão nesses outros saguões será de 30%. Esta condição deverá ser considerada como o máximo permissível e os terminais dos dutos deverão ser projetados ou escolhidos de modo a assegurar que esta condição não seja excedida. Para que esta condição seja criada, quando o nível de pressurização de emergência for de 50 Pa, será necessária uma queda de pressão de 50 Pa nos terminais dos dutos.

6.6 Uso de sensoreamento automático ou comutação manual para acionar o estado de emergência do sistema

6.6.1 - Tipo de sensoreamento ou comutação necessários. O sistema preferencial para acionar o estado de emergência do sistema de pressurização são os detectores automáticos de fumaça, mas em alguns casos a pressurização poderá ser acionada por um sistema automático de alarme de incêndio, ou por um sistema manual de chamada, se estes tiverem sido instalados no edifício.

• A escolha do sistema deverá obedecer ao seguinte:

- a) Nos edifícios ocupados por pessoas e nos quais haja acomodações para dormir, o sistema de alarme para acionar a pressurização deverá ser o de detecção automática de fumaça.
- b) Nos edifícios ocupados por pessoas, mas que não tenham acomodações para dormir, poderá ser empregado um sistema automático de alarme de incêndio (como por exemplo um sistema de sensores de calor), ou um sistema manual de pontos de chamada (como por exemplo um sistema de alarme do tipo "quebra vidro").

Disposições deverão ser adotadas no sentido de testar o sistema de alarme de incêndio sem necessariamente operar o sistema de pressurização.

6.6.2 - Posicionamento dos detectores de fumaça ou de outros pontos (automáticos ou manuais) de alarme de incêndio. Nos edifícios nos quais os detectores de fumaça foram instalados apenas para acionar o estado de emergência do sistema de pressurização (veja o item 6.6.1), o detector de fumaça deverá ser colocado no lado de menor pressão de todas as portas de comunicação entre um espaço não pressurizado e outro pressurizado.

A colocação do detector de fumaça dentro do espaço pressurizado geralmente não é aceitável, mas em blocos de apartamentos poderá ser necessário colocar os detectores de fumaça nos corredores comuns.

Nos edifícios nos quais são permitidos outros sistemas de alarme de incêndio como alternativa para os detectores de fumaça (veja o item 6.6.1), os pontos manuais de chamada poderão ser localizados de acordo com a norma CP1019.

6.7 Disposições para soltar o ar da pressurização

Nos edifícios que têm disposições para soltar o ar do sistema de pressurização baseadas na operação automática dos dispositivos de ventilação (veja os itens 5.5.3, 5.5.4 e 5.5.5), o sinal que opera estes dispositivos deverá ser o mesmo que aciona os ventiladores de pressurização de emergência. Sensores separados, que acionam apenas os dispositivos de ventilação não são satisfatórios.

Todo equipamento acionado automaticamente que proporcionar a ventilação do ar para a pressurização do edifício deverá ser incluído no processo de manutenção.

6.8 Processo de manutenção

Todo o equipamento de pressurização, que inclui o sistema de detectores de fumaça ou qualquer outro tipo de sistema de alarme de incêndio utilizado, o mecanismo de comutação, os ventiladores, as disposições para o fornecimento de energia em emergências e o equipamento de ventilação acionado automaticamente deverão ser submetidos a um processo regular de manutenção. Os cuidados com este tipo de equipamentos deverão ser incluídos no programa de manutenção do edifício. A operação de emergência de qualquer sistema deverá ser testada semanalmente a fim de garantir que cada um dos ventiladores esteja funcionando. Os diferenciais de pressão deverão ser verificados anualmente, de acordo com o item 7.3.2, sendo que existe a possibilidade de instalação de um equipamento permanente que tem esta finalidade. Uma lista de verificação dos processos de manutenção deverá ser fornecida pelo consultor profissional ou instalador responsável pelo projeto do sistema.

Sempre que o processo de manutenção for posto em prática, a pessoa responsável pelo edifício deverá exigir uma confirmação assinada deste fato, juntamente com um relatório por escrito de quaisquer características insatisfatórias encontradas durante a manutenção.

7. Aspectos Gerais

7.1 Integração com outras medidas ativas de proteção contra incêndio existentes no edifício.

A finalidade das outras medidas de proteção contra incêndio instaladas no edifício será quase com certeza no sentido de apagar o fogo quando este começar; este objetivo é diferente do da pressurização que visa impedir a entrada da fumaça nas saídas de emergência.

Uma quantidade considerável de fumaça poderá ser produzida na etapa inicial de um incêndio antes que um sistema de *sprinklers* ou regadores automáticos, ou outros dispositivos de detecção automática de calor ou extintores sejam acionados. Recomenda-se, por esta razão, que o funcionamento desses sistemas não seja o único método de acionamento da operação de emergência do sistema de pressurização. Os métodos recomendados são descritos nos itens 6.6.1 e 6.6.2. Se houver *sprinklers*, detectores de calor, ou extintores instalados, estes deverão ser ligados ao sistema de pressurização.

7.2 Testes de aprovação

7.2.1 - Aspectos Gerais. A única maneira satisfatória para determinar se uma instalação de pressurização está funcionando corretamente e de acordo com o projeto será tomar medidas físicas dos diferenciais de pressão através de portas fechadas e da velocidade do ar através de portas abertas.

Um teste com fumaça fria demonstrará somente a movimentação do ar no edifício e, com exceção de um incêndio real, o teste com fumaça quente é quase impossível. Entretanto, os testes com fumaça fria às vezes revelam rotas indesejáveis de fluxo da fumaça provocados por defeitos na construção.

Os critérios de projeto para um sistema de pressurização incluem uma folga para compensar condições climáticas adversas e como não se pode garantir que essas condições estejam presentes no dia escolhido, mesmo um teste com fogo não poderá ser considerado totalmente satisfatório como teste de aprovação.

- Assim sendo, o teste de aprovação consiste:
- a) da mensuração, em todos os espaços pressurizados, do diferencial de pressão entre cada espaço e os espaços não pressurizados adjacentes, com todas as portas fechadas (isto poderá exigir a soma dos diferenciais de pressão medidos através de conjuntos de portas);
 - b) da mensuração da velocidade do ar que sai de um conjunto representativo de portas abertas que, quando fechadas, separam o espaço pressurizado dos outros recintos do edifício.

O teste só deverá ser feito quando o edifício estiver concluído, os sistemas de condicionamento de ar e de pressurização equilibrados, e todo o sistema pronto para funcionar, com cada componente operando satisfatoriamente e controlado pelo sistema de condicionamento no seu modo correto de operação e em emergências. Quando sistemas mecânicos são empregados para a ventilação normal ou condicionamento de ar, torna-se especialmente necessário assegurar que as condições estabelecidas no item 4.6 sejam satisfeitas. (Normalmente é recomendável que o engenheiro responsável pelo sistema esteja presente na ocasião dos testes).

7.2.2 - Mensuração dos diferenciais de pressão. A mensuração dos diferenciais de pressão entre espaços pressurizados e os espaços não pressurizados adjacentes deverá ser feita com o auxílio de um manômetro líquido ajustável, ou de outro aparelho sensível e adequadamente calibrado.

Um modo conveniente para medir o diferencial de pressão é através de uma porta fechada; qualquer

Como Refer
Análise de
36

sondas são colocadas de cada lado da porta, sendo que uma das sondas passa através de uma fresta da porta, ou por baixo dela. As duas sondas são a seguir ligadas ao manômetro por meio de tubos flexíveis. É importante que o tubo que passa através da fresta da porta efetivamente atravesse a porta e penetre suficientemente no espaço além dela para que a extremidade livre fique em uma região de ar parado. Sugere-se que esta sonda contenha 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 introduzirá a extremidade livre em uma região de ar parado.

É importante que a inserção da sonda não modifique as características de vazamento da porta, por exemplo afastando a superfície da porta do rebaixo no batente. A posição da sonda de mensuração deverá ser escolhida de acordo com estes critérios.

O processo completo de operação e mensuração é descrito no *Manual for Regulating Air Conditioning Installations, BSRIA Application Guide 1/75* publicado pela *Building Services Research and Information Association*. Os métodos descritos nessa publicação deverão ser seguidos.

7.2.2.1 - Obtenção do nível correto de pressurização. Se houver qualquer divergência séria em relação ao nível de pressurização especificado no projeto, em qualquer dos espaços pressurizados, deverá-se determinar a razão disto.

Há três razões principais que explicam a não obtenção do nível de pressurização projetado, que são as seguintes:

- a) O índice de entrada de ar fresco no espaço pressurizado está muito baixo e continua baixo mesmo quando forem abertas rotas substanciais de vazamento deste espaço para o ar livre, por exemplo abrindo portas e janelas.
- b) As áreas de vazamento para fora dos espaços pressurizados são maiores que o suposto nos cálculos do projeto.
- c) As áreas de vazamento para fora do restante do edifício são insuficientes. Neste caso o índice de entrada de ar fresco no espaço pressurizado será menor que o considerado no projeto, mas aumentará se forem abertas rotas substanciais de vazamento, por exemplo abrindo portas e janelas.

7.2.2.2 - Mensuração do suprimento de ar para os espaços pressurizados. O processo de mensuração a ser usado para estimar o fluxo de ar em qualquer ponto de um sistema de dutos de ventilação é descrito no manual da BSRIA mencionado no item 7.2.2; as seguintes etapas serão necessárias para

determinar o volume do fluxo de ar que entra em qualquer espaço pressurizado:

- a) Medir o volume total do suprimento de ar proveniente do ventilador, tal como descrito na seção três do manual da BSRIA.
- b) Subtrair o vazamento do sistema, determinado pelo teste de vazamento de pressão realizado segundo o método descrito na Especificação HVCA DW141 da *Heating and Ventilating Contractors' Association* (veja o item 6.4.3).
- c) Determinar a proporção líquida de fluxo de ar para os terminais com base nas medidas obtidas durante a regulagem do sistema (o que deve ser feito de acordo com o *IHVE Commissioning Code, Series A*, da *Chartered Institution of Building Services*).

Os métodos de mensuração para estimar o fluxo de ar que sai de qualquer terminal do sistema são descritos no manual da BSRIA e podem ser empregados como alternativa para o processo completo descrito acima quando se procura determinar os locais nos quais o suprimento é inadequado.

A mensuração do suprimento de ar para os espaços pressurizados deverá ser feita primeiro com as portas que dão acesso aos espaços pressurizados fechadas e um vazamento normal dos recintos. Se o suprimento de ar medido for menor que o valor projetado, uma nova mensuração deverá ser feita com rotas substanciais de vazamento abertas entre o espaço pressurizado e a parte externa.

7.2.2.3 - Rotas de vazamento do ar para pressurização. Se as mensurações realizadas de acordo com o item 7.2.2.2 revelarem que o índice de entrada projetado foi atingido satisfatoriamente na instalação, a razão para o baixo nível de pressurização deverá ser procurada nas áreas de vazamento para fora dos espaços pressurizados, ou dos espaços não pressurizados.

As frestas em volta das portas e janelas deverão ser examinadas, dando-se atenção especial à folga na parte de baixo de todas as portas. Se qualquer porta ou janela tiver folgas inaceitavelmente grandes, seu tamanho deverá ser reduzido.

Se todas as portas e janelas apresentarem um fechamento normal, o recinto do espaço pressurizado deverá ser examinado para verificar se há outras rotas de vazamento que não foram identificadas e consideradas nos cálculos originais para o projeto. As rotas de vazamento adicionais encontradas deverão ser vedadas, ou aumentado o volume de entrada de ar, para permitir que o nível de pressurização seja atingido mesmo diante da existência de vazamentos adicionais.

Finalmente, o vazamento de ar a partir dos espaços não pressurizados deverá ser examinado para se ter a certeza de que esteja de acordo com os valores descritos no item 5.5. Se forem inadequados, o vazamento deverá ser aumentado para os valores recomendados naquela seção.

Se um vazamento excessivo de um espaço pressurizado for corrigido através do aumento do suprimento de ar, talvez seja necessário aumentar igualmente o vazamento dos espaços não pressurizados.

7.2.3 - Tolerância permitida no nível de pressurização. O nível de pressurização medido não deverá ser mais de 80% menor que o valor projetado, nem exceder 60 Pa.

7.2.4 - Mensuração do fluxo de ar através de uma porta aberta. Esta medida deverá ser tomada com um anemômetro de palheta giratória, ou outro instrumento adequado, calibrado de forma apropriada, segundo o método descrito na *BSRIA Application guide 1/75 da Building Services Research and Information Association*.

A velocidade média através de uma porta aberta deverá ser encontrada por meio da combinação das medidas tomadas em um número suficiente de pontos em toda a abertura, a fim de evitar que uma assimetria vertical e horizontal do fluxo dê origem a uma falta substancial de precisão. Para obter alta precisão serão necessárias pelo menos 10 medidas em pontos uniformemente distribuídos no vão da porta, obtendo-se o valor médio do fluxo de ar; para que haja alta precisão geralmente será necessário haver condições estáveis de vento e um edifício vazio.

7.3 Informações a serem fornecidas

7.3.1 - Às autoridades competentes. A autoridade que aprova o sistema deverá receber informações detalhadas sobre a instalação. Estas informações deverão incluir:

- a) cálculos completos mostrando os critérios de projeto adotados;
- b) detalhes completos sobre a especificação do equipamento usado;
- c) plantas completas mostrando a posição e as medidas de proteção do ventilador e do equipamento elétrico de controle associado, bem como a localização das entradas de ar fresco;
- d) detalhes sobre a construção do sistema de dutos e dos terminais de dutos utilizados no sistema de pressurização;

- e) qualquer outra informação relevante sobre construção, solicitada pela autoridade competente;
- f) detalhes operacionais completos descrevendo em palavras e diagramas a sequência exata das ações que serão desenvolvidas pelo sistema de pressurização e pelo sistema normal de ventilação se houver um incêndio no edifício;
- g) um programa completo de manutenção incluindo a verificação de manutenção necessária para cada item do equipamento, e a frequência dessa verificação;
- h) o resultado dos testes realizados no sistema de pressurização, depois que estes tiverem concluídos.

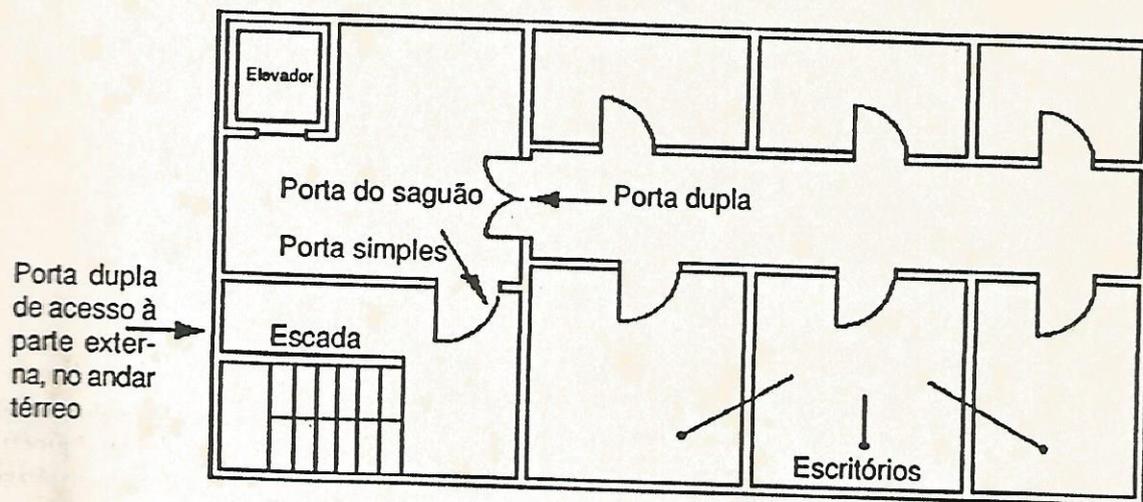
7.3.2 - Ao ocupante/proprietário do edifício ocupante/proprietário do edifício deverá receber uma descrição clara da finalidade e operação da instalação. Esta descrição deverá incluir:

- a) uma descrição clara da finalidade da instalação;
- b) uma explicação concisa da operação da instalação, em palavras, complementada por diagramas, com uma indicação clara da sequência de acontecimentos que se seguirão a um alarme de incêndio;
- c) uma descrição da função de cada item de instalação, com a indicação da localização de cada peça no edifício;
- d) um esquema completo de manutenção incluindo a verificação de manutenção necessária para cada item do equipamento, bem como a frequência dessa verificação (veja o item 6.8);
- e) no esquema de manutenção, uma lista de verificação das necessárias atividades de manutenção, juntamente com um livro de registro que constituirá o registro das manutenções realizadas e das falhas encontradas. Qualquer ação corretiva deverá também ser registrada nesse livro.
- f) um conjunto de plantas a serem guardadas localmente;
- g) um aviso no sentido de que alterações na divisões andares, ou no revestimento do piso sob portas poderão afetar a operação do sistema de pressurização;
- h) uma recomendação no sentido de informar os ocupantes do edifício de que foi instalado o sistema de pressurização e que, portanto, caso de um incêndio, será mais difícil ou impossível abrir as portas e poderá haver ruído produzido pelos ventiladores.

Anexo A

Um Exemplo Detalhado

O exemplo detalhado que se segue é apresentado para indicar a maneira como a norma foi utilizada. Para maior clareza, foi selecionado um caso muito simples.



OBSERVAÇÃO. Os seis andares são semelhantes, com exceção do térreo que tem uma porta de acesso à parte externa.

Figura 11. Planta do edifício usada no exemplo detalhado

A fim de tornar o exemplo mais fácil de acompanhar, as partes relevantes do processo a ser adotado na fase de projeto, apresentado no ítem 5.6, são reproduzidas a seguir.

- Considerar as propostas relativas ao edifício e indicar as alterações de layout possíveis ou necessárias caso venha a ser instalado o sistema de pressurização. Neste exemplo não serão discutidas as possibilidades de alteração do layout em virtude da utilização do sistema de pressurização.
- Identificar os espaços a serem pressurizados e considerar qualquer interação possível entre os espaços pressurizados e não pressurizados. O mesmo nível de pressurização será empregado na escada e no saguão, que serão independentemente pressurizados. (Veja o ítem 4.2.2.2)
- Decidir se o sistema terá um ou dois estágios e determinar os níveis de pressurização a serem empregados durante a operação de emergência e, caso apropriado, durante a operação com

capacidade reduzida (Tabela 1). Para este exemplo foi escolhido o sistema com um estágio, com um nível de pressurização de 50 Pa.

- Identificar todas as rotas de vazamento através das quais o ar poderá sair dos espaços pressurizados e determinar o índice de vazamento de ar em cada um desses pontos, na presença do diferencial de pressão apropriado. Os processos descritos nos ítems 5.3.1 e 5.3.2 deverão ser seguidos.

Escada com 6 portas de acesso aos saguões do elevador. Não há um diferencial de pressão através das 6 portas que dão acesso aos saguões do elevador e portanto não haverá necessidade de um suprimento de ar nesses locais.

1 porta dupla para a parte externa:
 área de vazamento $\cong 0,03 \text{ m}^2$ (tabela 3)
 vazamento de ar $\cong 0,175 \text{ m}^3/\text{s}$ (tabela 4 para 50 Pa).

Alternativamente, com base nos dados da equação

(2), o vazamento de ar = $0,827 \times 0,03 \times (50)^{1/2} = 0,175 \text{ m}^3/\text{s}$.]

Saguão do elevador (cada um)

1 porta dupla para os diferentes recintos:

área de vazamento $\cong 0,03 \text{ m}^2$ (tabela 3)

vazamento de ar $\cong 0,175 \text{ m}^3/\text{s}$ (tabela 4 para 50 Pa)

1 porta do elevador para o poço:

área da porta = $0,06 \text{ m}^2$ (tabela 3)

vazamento de ar (não corrigido) = $0,351 \text{ m}^3/\text{s}$ (tabela 4).

Com base nos dados da tabela 6 e da equação (14), se o poço do elevador tiver uma abertura para ventilação de $0,1 \text{ m}^2$ de área, teremos:

$$F = 1,61 \text{ e}$$

$$Q_d = \frac{0,351 \times 1,61}{6} = 0,0942 \text{ m}^3/\text{s}$$

Alternativamente, com base nas equações (16) e (15):

$$A_t = \left(\frac{1}{\frac{1}{(0,1)^2} + \frac{1}{(6 \times 0,06)^2}} \right)^{1/2} = 0,0935 \text{ m}^2$$

$$F = \frac{0,0935}{0,06} = 1,61$$

- e) Somar todos os fluxos de ar que saem dos espaços pressurizados e acrescentar 25% a esse total, de acordo com o disposto no item 5.3.2.6. Isto dará o suprimento de ar necessário para cada espaço pressurizado.

$$\begin{aligned} \text{Fluxo de ar na Escada} &= 0,175 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 0,269 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Com o acréscimo de 25% o suprimento de ar será de $0,337 \text{ m}^3/\text{s}$

- f) A velocidade do ar através de uma porta aberta deverá ser estimada por meio do processo apropriado, descrito no item 5.3.2.9. Se não forem atendidas as condições previstas no item 5.3.2.8, o suprimento de ar proposto deverá ser aumentado.

DUAS PORTAS ABERTAS (5.3.2.9, caso (b))

Porta escada/saguão

- (1) O ar fornecido para a escada pelo duto de alimentação = $0,219 \text{ m}^3/\text{s}$

- (2) O ar que entrará na escada através das portas fechadas de todos os outros saguões (equação (19)) será dado pela seguinte equação:

$$Q_T = \frac{0,337 \times 0,01 \times (6 - 1)}{\left(0,01 + 0,03 + \frac{0,06 \times 1,61}{6} \right)}$$

$$= 0,300 \text{ m}^3/\text{s}$$

O fluxo de ar total através da porta escada/saguão aberta (supondo um vazamento infinito nos outros recintos)

$$= 0,300 + 0,219 = 0,519 \text{ m}^3/\text{s}$$

O fluxo total de ar através da porta escada/saguão aberta, corrigido pela resistência dos vazamentos nos recintos

$$= 0,519 \times 0,6 = 0,311 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$\text{A velocidade estimada através da porta} = \frac{0,311}{1,6}$$

$$= 0,19 \text{ m/s}$$

Este valor é menor que o valor exigido no item 5.3.2.8 (c), que é de $0,7 \text{ m/s}$, mas como qualquer uma das portas pode ser levada em consideração, não será necessário modificar o projeto nesta etapa.

Porta saguão/recintos

- (1) O fluxo total de ar do saguão para a escada é de $0,519 \text{ m}^3/\text{s}$ (obtido acima).
 (2) O ar fornecido para o saguão pelo duto de alimentação = $0,337 \text{ m}^3/\text{s}$.
 (3) O fluxo de ar que sai de todos os poços do elevador para o saguão através das portas fechadas do elevador (equação (20)) será:

$$Q_A = \frac{1}{3} \left(\frac{1,61 \times 0,06 \times 0,337}{0,01 + 0,03 + 1/6 \times 0,06 \times 1,61} \right)$$

$$= 0,193 \text{ m}^3/\text{s}$$

Portanto, o fluxo de ar total através da porta saguão/recintos (supondo um vazamento infinito nos recintos)

$$= 0,519 + 0,337 + 0,193$$

$$= 1,049 \text{ m}^3/\text{s}$$

O fluxo de ar total, corrigido pela resistência do vazamento nos outros recintos,

$$= 1,049 \times 0,6 = 0,629 \text{ m}^3/\text{s}$$

A velocidade estimada através da porta

$$= \frac{0,629}{1,6} = 0,39 \text{ m/s}$$