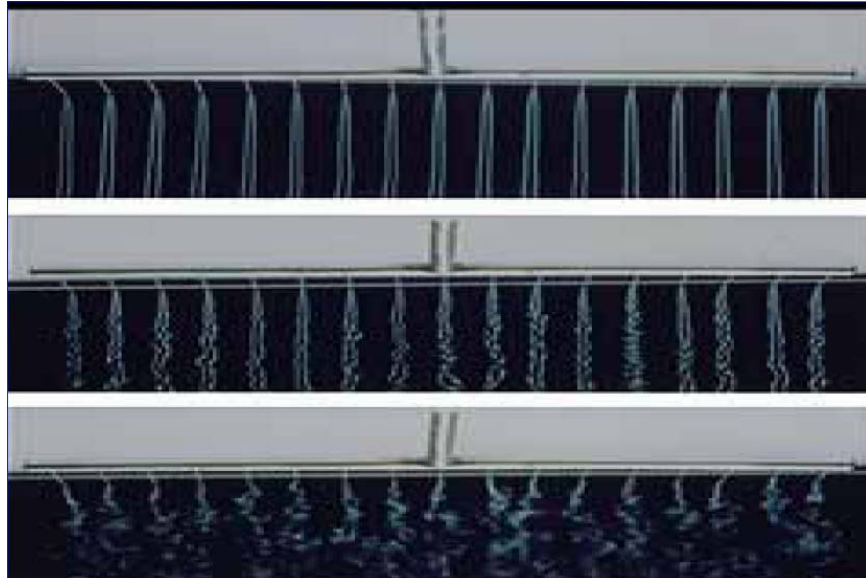




**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Departamento de Engenharia Mecânica**



## **Sistemas de Climatização Destinados a Blocos Operatórios**

**ANTÓNIO JORGE DA COSTA SANTOS**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Mecânica

Orientador:

Prof. Eng.º João Manuel Vinhas Frade

Júri:

Presidente: Prof. Eng.º Francisco Manuel Fernandes Severo

Vogais:

Prof. Doutor Luís Filipe Canhão Roriz

Prof. Eng.º João Manuel Vinhas Frade

**Novembro de 2009**



**ISEL**

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Departamento de Engenharia Mecânica**

## **Sistemas de Climatização Destinados a Blocos Operatórios**

**ANTÓNIO JORGE DA COSTA SANTOS**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Mecânica

Orientador:

Prof. Eng.º João Manuel Vinhas Frade

Júri:

Presidente: Prof. Eng.º Francisco Manuel Fernandes Severo

Vogais:

Prof. Doutor Luís Filipe Canhão Roriz

Prof. Eng.º João Manuel Vinhas Frade

**Novembro 2009**

A Rosa, minha mãe, pelo respeito e tolerância;  
A Laura, minha filha, pela compreensão e apoio;  
A Lídia, querida, pela orientação, ensinamentos e críticas,  
Aos meus sobrinhos, pela esperança no futuro,  
A todos aqueles para quem direcciono este trabalho;  
E, para quem vier, por haver esperado.

## 1 AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Eng.º João Manuel Vinhas Frade pela disponibilidade e encorajamento, aos demais professores do departamento de Engenharia Mecânica pela formação base, aos membros do Júri, aos meus colegas pelo apoio, e a todas as pessoas que de alguma forma colaboraram para a execução deste trabalho.

## 2 **RESUMO**

O presente trabalho pretende servir de apoio ao projecto das instalações mecânicas para blocos operatórios, em particular para as salas de operação.

O objectivo e a lacuna encontrada na bibliografia portuguesa sobre os requisitos dos sistemas de climatização para blocos operatórios conduziram à reunião de um conjunto de elementos que, não esgotando o assunto, julgo serem suficientes para dar respostas à curiosidade de uns e para apoiar a decisão dos técnicos projectistas deste tipo de instalações mecânicas.

Como objectivo do trabalho entende-se a definição de um sistema de climatização destinado a blocos operatórios, versátil, no sentido de que possa ser instalado em qualquer localidade, bastando para o efeito adaptar a unidade de tratamento e neutralização de ar novo, e mais económico, no que respeita ao consumo energético, quando comparado com os sistemas existentes, 100% ar novo.

### 3 ABSTRACT / RÉSUMÉ

This work has a specific purpose to support an HVAC system for operating theatre, particularly in operating-rooms.

The relevant omission and default of information in Portuguese bibliography concerning this subject and purpose about ventilation and climatization of operating theatres was a light motif to add a group of elements which weren't enough to fulfil the subject contents, but sufficiently adequate to satisfy the natural curiosity, and in an another way to encourage and sustain HVAC systems designer technicians.

The main objective, presented in this work is essentially an HVAC system for operating theatres, which should versatile, meaning that it should be installed in any place, only demanding to adequate an general air handling unit, and more economic in energetic waste, compared to known systems of make-up air.

Le travail a comme objectif l'appui au projet d'installations techniques pour blocs opératoires.

LA relevante absence d'information à la bibliographie portugaise à propose de ce sujet, et des demandes des systèmes de climatisation et ventilation, groupent des éléments nécessaires, capables de répondre à la curiosité des uns et aussi d'appuyer la décision des techniques qui projètent ce genre d'installations.

L'objectif principal du travail comprend la définition d'un système de climatisation dirigé aux indifférents endroits, suffisant, pour l'effet l'adaptation de l'unité générale de traitement de l'air, et plus économique, permettant la réduction de la consommation énergétique comparé aux systèmes existants tout air neuf.

## 4 PALAVRAS-CHAVE

Palavras chave: Sala de cirurgia; Infecção hospitalar; Ar condicionado para blocos operatórios, Fluxo laminar, Fluxo unidireccional, Contaminação aérea, Contaminação cruzada

Keywords: Operating theatre; Hospital infection; Operating room Air conditioning, Laminar airflow, Unidirectional airflow, Airborne contamination, Cleanrooms,

Mots associées: Salle opératoire, infection nosocomiale, opératoire, Système de renouvellement d'air, Flux unidirectionnel, Flux laminaire,

## 5 INDICE

1	AGRADECIMENTOS .....	4
2	RESUMO .....	5
3	ABSTRACT / RÉSUMÉ .....	6
4	PALAVRAS-CHAVE .....	7
5	INDICE .....	8
6	LISTA DE FIGURAS .....	10
7	LISTA DE TABELAS.....	11
8	GLOSSÁRIO.....	12
9	OBJECTIVO .....	14
10	INTRODUÇÃO.....	15
11	METODOLOGIA.....	16
12	Cap. 1 – ESTADO DA ARTE.....	17
12.1	O Bloco Operatório .....	17
12.1.1	Arquitectura .....	17
12.1.2	Salas Brancas e Salas de Operações .....	18
12.1.3	Classes de Limpeza.....	18
12.1.4	Zonas de risco .....	21
12.1.5	Classe Bacteriológica.....	22
12.1.6	O Ar das Salas de Operação e sua Relação com a Infecção Hospitalar .....	23
12.1.6.1	Taxa de mistura ou de recirculação de ar.....	24
12.1.6.2	Taxa de Renovação de ar .....	24
12.1.6.3	Taxa de recirculação vs Taxa de renovação.....	25
12.1.6.4	Filtragem (Limpeza do ar).....	28
12.1.6.5	Classe Cinética de Descontaminação.....	30
12.1.6.6	Infecção Nosocomial .....	31
12.1.7	Qualidade do Ar nos Hospitais .....	32
12.1.7.1	Sistema de ar.....	33
12.1.7.2	Fontes.....	34
12.1.7.3	Contaminação Aérea.....	34
12.1.8	Condições Interiores (p, HR, t, v, Q).....	34
12.1.8.1	Pressão e Gradiente de pressão .....	34
12.1.8.2	Humidade Relativa .....	36
12.1.8.3	Temperatura .....	37
12.1.8.4	Velocidade .....	38
12.1.8.5	Caudais .....	39
12.1.8.6	“Saia” (partial wall).....	40
12.1.8.7	Conclusões.....	41
12.1.9	Contributos .....	42

12.1.9.1	Ventilação das Salas de operação .....	42
12.1.9.2	Novos Parâmetros de Projecto para Salas de Operação .....	49
12.1.9.3	Conclusão .....	51
12.1.10	Normalização .....	53
12.1.10.1	Legislação / Regulamentação / Recomendações .....	53
12.1.11	Sistema de Climatização .....	62
12.1.11.1	Tipos de Sistemas .....	62
12.1.11.2	“Condição escoamento laminar” .....	63
13	Cap. 2 – CONCRETIZAÇÃO DO OBJECTIVO .....	65
13.1	Introdução .....	65
13.1.1	Condições de Cálculo .....	65
13.1.1.1	Condições Exteriores .....	70
13.1.1.2	Condições Interiores .....	72
13.1.2	Resultados e Análise .....	76
14	Cap. 3 - CONCLUSÕES .....	99
14.1.1	Diagramas .....	102
15	NORMALIZAÇÃO .....	105
Anexo I	.....	108
Normais climatológicas	.....	108
Cargas Internas	.....	113
Anexo II	.....	115
O Projecto	.....	115
Memória Descritiva	.....	115
Consumo de Energia de uma Sistema de Ventilação de uma Sala de Operação	.....	120
Dimensionamento de grelhas de transferencia	.....	121
Compartimentação (Decreto Regulamentar 63/94)	.....	122
Dimensionamento de um sistema - Exemplo	.....	122
Sítios consultados	.....	124
Bibliografia e Referências	.....	126

## 6 LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>pág.</u>
Figura 1 – Fluxo unidireccional .....	19
Figura 2 – Comparação da dimensão entre partículas .....	20
Figure 3 – Representação gráfica dos limites das classes de concentração.[] .....	21
Figura 4 - .Classificação das salas de operação quanto ao risco de infecção [3] .....	22
Figure 5 - Relação entre risco operação e o tipo de escoamento [3] .....	25
Figura 6 – Níveis de Filtragem [19] .....	29
Figura 7 – Cascata de pressões .....	35
Figura 8 – Curva Característica de um Fluxo Dirigido (DIN 1946) .....	47
Figura 9 – Grau de contaminação para unidade de Fluxo Laminar, Mod. OPL 1,4/2,4 da Climatech .....	49
Figura 10 – Fluxo Unidireccional [] .....	63
Figura 11 – Bloco operatório tipo .....	65
Figura 12 – Modelo de sala limpa [10] .....	70
Figura 13 – Extracção e retorno .....	78
Figura 14 – Veloc. vs $\Delta T$ Figura 15 – Veloc. vs Caudal    Figura 16 – Veloc. vs rec/h .....	81
Figura 17 - Sistema de tratamento de ar - proposta .....	86
Figura 18 - Condições exteriores e interiores – UTANN, Limites do Território Nacional .....	86
Figura 19 – Processos de recuperação de calor (Verão/Inverno) .....	87
Figura 20 – Processo de arrefecimento e desumidificação, UTANN, Verão .....	88
Figura 21 – Processos de aquecimento e humedificação por vapor, UTANN, Inverno .....	89
Figura 22 – Processos de mistura e arrefecimento UTA I com Ar Novo, Verão .....	90
Figura 23 – Processo de mistura UTA I com Ar Novo, Inverno .....	91
Figura 24 – Processo de mistura, UTA I com recuperação, Verão .....	92
Figura 25 – Processo de mistura, UTA I com recuperação, Inverno .....	93
Figura 26 – Unidade de tratamento de ar proposta com By-Pass - UTA I (II) .....	93
Figura 27 – Processo de mistura e aquecimento, UTA I com By-Pass, Verão .....	94
Figura 28 – Processo de mistura e aquecimento, UTA I com By-Pass, Inverno .....	95
Figura 29 – Processo de mistura, UTA I, condição normal de funcionamento, Verão .....	96
Figura 30 – Processo de mistura, UTA I, condição normal de funcionamento, Inverno .....	97
Figura 31 – Sistema tipo - proposta .....	101
Figura 32 – Sistema climatização proposto inicial .....	103
Figura 33 – Sistema climatização proposto final .....	104

## 7 LISTA DE TABELAS

<u>Número</u>	<u>pág.</u>
Tabela 1 – Tipo de Cirurgias vs Classes de Limpeza [8] .....	20
Tabela 2 - Classes de limpeza de partículas suspensas no ar para salas e zonas limpas (ISO 14644 -1, 2003) .....	20
Tabela 3 - Zona de risco .....	21
Tabela 4 - Zona de risco vs Acto cirúrgico .....	21
Tabela 5 – Classe Bacteriológica segundo a norma Francesa NF S 90-351 .....	22
Tabela 6 – Classe Bacteriológica segundo Insalud.....	23
Tabela 7– Taxa de mistura [] .....	24
Tabela 8 – Tempo de diluição da contaminação aérea.....	26
Tabela 9 – Nível de filtragem terminal vs local.....	28
Tabela 10 – Eficiência do filtro vs Dimensão da Partícula [17] .....	28
Tabela 11 – Cadeia de filtragem .....	29
Tabela 12 – Eficiência mínima de filtragem recomendada NF EN 13779 .....	30
Tabela 13 – Classe Cinética vs Classe Limpeza .....	31
Tabela 14 – Grau de Importância entre fontes de contaminação numa sala de operação e o tipo de cirurgia .....	31
Tabela 15 – Velocidade média do escoamento [20, 10] .....	38
Tabela 16 – Velocidades insuflação recomendadas .....	38
Tabela 17 – Caudais de ar novo [32] .....	40
Tabela 18 – Classificação da limpeza nas salas de operação segundo a norma Francesa NF S90 351 .....	43
Tabela 19 – Comparação entre as diferentes normas ou recomendações europeias para Blocos Operatórios.....	44
Tabela 20 – Classificação das salas de operação e das técnicas de ventilação nas normas francesas e alemãs.....	45
Tabela 21 – Taxas de renovação recomendadas [32] .....	55
Tabela 22 – Condições projecto para Blocos Operatórios [].....	57
Tabela 23 – Condições de projecto – Preferencial .....	58
Tabela 24 – Condições de projecto – Mínimo Standard [] .....	58
Tabela 25 – Requisitos de ventilação em função do tipo de cirurgia .....	59
Tabela 26 – Recomendações - Quadro resumo .....	60
Tabela 27 – Limites microbiológicos em estabelecimentos de saúde [53].....	61
Tabela 28 – Perdas e ganhos em salas operação standard .....	67
Tabela 29 –Temperaturas de projecto .....	71
Tabela 30 – Necessidades de projecto .....	79
Tabela 31 – Necessidades de simulação.....	80
Tabela 32 –Tecto Unifluxo – Quadro comparativo .....	81
Tabela 33 –Tecto Bifluxo – Quadro comparativo .....	82
Tabela 34 – Caracterização do Tecto .....	83
Tabela 35 – Quadro resumo das necessidades térmicas com e sem “By-Pass” .....	97

## 8 GLOSSÁRIO

Ambulatório - Unidade destinada à prestação de assistência em regime de não internamento.

Ano climático tipo - Caracterização do clima que ocorre numa região particular

Área - Ambiente aberto, sem paredes num ou mais de uma dos lados.

Área limpa – Espaço para montagem de produtos ou cuidados de saúde em que o pó, sujidade, partículas transportadas pelo ar e a qualidade do ar em geral são factores críticos. Estas áreas têm normalmente sistemas para prevenir a acumulação de poeiras; precipitadores ou filtros de ar; etc.[1]

Área estéril – Área isenta ou com um número muito reduzido de microrganismos viáveis.

Carga microbiana – População de microrganismos viáveis num produto e/ou embalagem [def. segundo NP EN 1174:1999]

Cinética da descontaminação – Tempo necessário para obter uma descontaminação de 90% relativa à medição inicial, na ausência de pessoas e com equipamento fixo.

Classe bacteriológica - Concentração máxima de unidades formadoras de colónias existente num metro cúbico de ar

Classe de limpeza – Classificação que mede a quantidade de microrganismos e partículas presentes num ambiente considerado como área limpa. Classe 100 limita o número de partículas de 0.5µm a 100 partículas por pé cúbico de ar (FED STD 209 D ou BS 5295) [1].

Eficiência de ventilação – Capacidade para remover um dado contaminante até um limite (classe) de limpeza desejado

Infecção hospitalar – ver infecção nosocomial

Infecção nosocomial - Infecção adquirida durante o internamento que não estava presente ou em incubação à data da admissão do paciente na unidade hospitalar. As infecções que ocorrem além de 48 horas após a admissão são também consideradas nosocomiais.

Infecção da ferida cirúrgica – ver infecção nosocomial

Estéril - Condição de um dispositivo médico que está isento de microrganismos viáveis (definição segundo NP EN 556)

Esterilização - Redução da taxa de contaminação

Nível de alerta – Nível de contaminação biológica próximo do limite de perigo pré-definido e que requer maior atenção.

Norma - Modelo ou Padrão - Aquilo que se estabelece como base ou unidade para a realização ou avaliação de alguma coisa.

Normalização - Actividade que visa a elaboração de padrões, através do consenso entre produtores, prestadores de serviços, consumidores e entidades governamentais.

Normais climatológicas - Chama-se normal climatológica de um elemento climático num local ao valor médio correspondente a um número de anos suficiente para se poder admitir que ele representa o valor predominante daquele elemento no local considerado.

Renovação de ar – Diz-se quando um dado volume de ar exterior (novo), equivalente ao volume da sala, é insuflado ou extraído de uma sala ou espaço.

Sala branca - Uma sala “branca” representa uma sala na qual a contaminação (de partículas, microbiológica ou química) é mantida sobre controle dentro de certos limites aceitáveis conforme o tipo de actividade prevista. Estas salas são também designadas como “Salas limpas” ou, ainda, por “Zonas com controle de poeiras” ou “Salas de Contaminação Controlada”[2].

Sala limpa – definição NF ISSO 14644 - sala na qual a concentração das partículas em suspensão (no ar) está sujeita a controlo constante e é constituída e utilizada de modo a minimizar a introdução, produção e a retenção de partículas no seu interior, bem como o controle dos parâmetros temperatura, humidade e pressão conforme as necessidades [3].

Unidade - conjunto de ambientes fisicamente agrupados, onde são executadas actividades afins.

Valor D – tempo, em minutos, necessário para reduzir a população microbiana em 90% (ver cinética da descontaminação) [4]

## 9 OBJECTIVO

### SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO DESTINADOS A BLOCOS OPERATÓRIOS

Atendendo à legislação e às recomendações técnicas existentes em Portugal constata-se haver uma omissão no que se refere quer às exigências de concentração de partículas, vírus e bactérias no ar, quer no que respeita ao tipo de sistema a utilizar nos blocos operatórios e, em particular, nas salas de operação.

Esta lacuna permitiu que no passado, para idênticos tipos de cirurgia, as soluções implementadas para as salas de operação tenham diferido substancialmente nas exigências, como por exemplo a utilização, ou não, de sistemas com renovação total do ar em salas para cirurgias de elevado risco de infecção (cirurgias de classe 4).

Os estudos e as práticas de outros países, revelam igualmente que o consenso quanto ao uso de recirculação não é ainda total. No entanto, em países como a Alemanha, França, Suíça, Grã-Bretanha e Estados Unidos da América, que têm assumido a vanguarda dos estudos na área hospitalar, a utilização de baixos caudais de ar novo e da recirculação do ar das salas de operação começa a ser um facto cada vez mais frequente.

Em Portugal, esta lacuna, suscitou uma oportunidade para recomendar que no futuro sejam utilizados nas sala operatórias, sistemas com recirculação do ar. Estes sistemas devem, no entanto, ser exclusivos por sala operatória para que recirculação se faça apenas com ar da mesma sala de modo a evitar a possibilidade de infecções cruzadas.

O presente trabalho de aplicação de conhecimentos e capacidades adquiridos ao longo dos estudos e da prática, serve assim de suporte à definição de um sistema de climatização tipo, a considerar no projecto ou remodelação dos blocos operatórios e, de um sistema de climatização base, de utilização geral, para as salas de operação.

O sistema de climatização tipo a propor dependerá sempre da localidade e do número da salas a considerar em cada bloco operatório onde venha a ser instalado. Quanto ao sistema base pretende-se que este seja independente do local e das condições de assepsia, podendo no entanto ser adaptado a diferentes tipos de solicitação e grau de risco.

Para o efeito, vamos considerar como requisitos a utilização do fluxo “laminar”, a assepsia, indispensável para a redução da infecção nosocomial e o consumo energético associado à insuflação com recirculação de ar nas salas de operação.

## 10 INTRODUÇÃO

A presente dissertação divide-se em três capítulos: ESTADO DA ARTE, CONCRETIZAÇÃO DO OBJECTIVO e CONCLUSÕES

A evolução histórica, desde o começo da preocupação com a influência que o ar da sala de operação assume na ocorrência da infecção até ao surgimento das salas “limpas”, bem como a caracterização dos blocos operatórios e as suas condições interiores, constituem a primeira parte do estado da arte que se complementa com o contributo da análise entre duas abordagens, das escolas francesa e alemã, sobre a ventilação das salas de operação, e se conclui com a comparação entre as diferentes normas.

O enquadramento histórico, a caracterização do bloco operatório, os vários factores a considerar no projecto de um bloco operatório, bem como os contributos para o conhecimento e desenvolvimento de soluções mais eficientes e eficazes, compõem o primeiro capítulo.

No segundo capítulo são definidas as condições base do estudo, as condições exteriores, as condições interiores do bloco operatório. Os resultados e a sua análise complementam o capítulo

No ultimo capítulo apresentam-se conclusões finais que constituem a solução proposta..

## 11 METODOLOGIA

O estudo desenvolveu-se sobretudo a partir de documentação recolhida.

Para além da pesquisa através da Internet, que constituiu o elemento principal de recolha de documentação. Foi também consultada bibliografia específica sobre o tema e ouvidas as recomendações de boas práticas, transmitidas por técnicos de empresas fornecedoras de equipamentos para instalações de saúde (Climed e France Air) e da Administração Central dos Serviços de Saúde (ACSS).

Nas pesquisas na Internet foram utilizados, isoladamente ou em associação, os seguintes termos: “Bloco operatório”, “operating theater”, “salas limpas”, “salas de cirurgia”, “cleanrooms”, “aspepsia”, “ar condicionado em blocos operatórios”, “filtro Hepa”, “filtro Ulpa”, “contaminação cruzada”, “infecção nosocomial”, “fluxo laminar”, “fluxo unidireccional”, “DIN 14644”

Após a recolha e leitura dos artigos e textos encontrados, seguiu-se a sua organização segundo temas, dos quais se destacam, como exemplo, a “evolução histórica do ar condicionado, a sua aplicação no ambiente cirúrgico e a relação com a infecção hospitalar”[5], as condições interiores, a filtragem, a pressão nas salas, os sistemas de climatização, a contaminação cruzada, os contributos e a normalização.

## 12 **Cap. 1 – ESTADO DA ARTE**

### 12.1 **O Bloco Operatório**

“A preocupação com o ar da sala de operação e sua influência na ocorrência de infecção” data de 1865, porém só após 1989 é que a renovação, a qualidade e a temperatura do ar passaram a ser consideradas como forma de promoção e manutenção da saúde. [5]

Entretanto, em 1946, Bourdillon e Colebrook, após o estudo dos efeitos do sistema de ventilação no movimento das partículas e bactérias em suspensão, numa sala de tratamento em queimados, com ar filtrado, pressão positiva e renovação de ar total, concluem que o número de renovações de ar a considerar deve ser de 20 a 30 por hora.

Paralelamente, nos EUA, é utilizado como parâmetro de ventilação para uma sala de operação com uma temperatura média de 25°C e uma humidade relativa do ar de 55%, um número de 8 a 12 renovações totais (100% exterior) de ar por hora.

Face aos desenvolvimentos havidos nesta área, o National Health Service (GB) publica, em 1957, a primeira norma para ventilação em salas de operação onde se recomenda que “a renovação do ar da sala de operação deve ser feita por ar fresco, exterior, filtrado e insuflado em pressão positiva”.

O primeiro sistema de fluxo de ar laminar para salas de operação é instalado pelos EUA, em 1964. A sua utilização permitiu registar, cinco anos mais tarde, uma queda da taxa de infecção de 8,9% para 0,5%.

A crise energética mundial dos anos setenta levou a uma redução das exigências de renovação de ar e a um novo olhar sobre a forma de controlar a infecção nosocomial e manter baixa a taxa de infecção.

Em 1980 é introduzido o sistema Ultraclean (salas limpas) com sistema de fluxo “laminar”; e recentemente o conceito "livre de bactéria" e não apenas “livre de poeira”. [6]

Mais recentemente (1992) surgiram duas novas tendências quanto à utilização das salas operatórias, uma defendendo que, no futuro, as salas devem ser polivalentes enquanto que a outra defende a criação de salas especializadas para intervenções programadas.

#### 12.1.1 **ARQUITECTURA**

Uma sala de operação de cirurgia geral deve ter em geral um máximo de 36m<sup>2</sup> de área livre, 42 m<sup>2</sup> para operações de ortopedia ou 50 m<sup>2</sup> no caso de cirurgia cardiovascular.

No entanto, quando se pretende acolher todo o equipamento e uma equipa médica maior deve ser garantido um mínimo de 42 m<sup>2</sup> de área livre. Para além disso, as salas para ortopedia, por exemplo, necessitam de um espaço exterior adjacente, para armazenagem dos equipamentos de tracção.[7]

Em geral, o bloco operatório deve estar limitado por duas zonas bem diferenciadas: o corredor limpo, pelo qual acede a equipa médica, o doente e o material esterilizado, e o corredor sujo, pelo qual são retirados os resíduos e os instrumentos cirúrgicos utilizados.[8]

### 12.1.2 SALAS BRANCAS E SALAS DE OPERAÇÕES

O termo “sala branca”, ainda em uso, foi substituído, em 1999, com a publicação da norma francesa NF EN ISO 14644-1, pelo termo “sala limpa” com a seguinte definição: “*Sala na qual a concentração de partículas em suspensão no ar é sujeita a controle e é construída e utilizada de modo a minimizar a introdução, a produção e a retenção de partículas no seu interior, e na qual os parâmetros temperatura, humidade e pressão são controlados em conformidade com os limites estabelecidos*”. Esta definição é partilhada pela norma inglesa BS 5295.

Temos assim que o controle do nível da contaminação das partículas em suspensão se faz através da sua continua eliminação no tempo. Porém, dada a impossibilidade de alterar uma propriedade sem alterar as outras “a única maneira de controlar a contaminação é controlar a totalidade do ambiente” o que significa que os caudais de renovação de ar, o seu sentido, a pressão, a temperatura, a humidade e a filtragem devem estar sempre sujeitos a controlo.

“As fontes de contaminação das partículas devem igualmente ser controladas ou eliminadas se possível”.[9]

Sendo as salas de operação um espaço com requisitos de controle microbiológico e de partículas no qual a contaminação causada pela presença de partículas deve estar sujeita a um controle constante, estas podem ser consideradas como salas limpas”.[10]

As salas limpas utilizam um dos dois tipos de difusão: escoamento “convencional” ou escoamento unidireccional.

### 12.1.3 CLASSES DE LIMPEZA

As salas limpas são classificadas pela limpeza do ar no seu interior. O método mais utilizado para a sua classificação, pela sua simplicidade, foi sugerido pela norma Federal Standard 209 (EUA), através da contagem do número de partículas iguais ou maiores que 0,5 micron por pé cúbico de ar. Este método permitiu estabelecer classes normalizadas de limpeza do ar das salas e zonas limpas em função do número de partículas admissíveis.[11]

Recentemente, a Grã-Bretanha com a substituição da norma BS 5295 (1989) pela norma BS EN ISO 14644-1 e os Estados Unidos com a publicação da norma FED STD 209E (1991), passaram a adoptar também a classificação internacional ISO para as Salas Limpas, i.e., em função do “número de partículas por metro cúbico de ar”.

A norma internacional ISO 14644, publicada em 1999, para caracterização da qualidade do ar quanto ao número de partículas em suspensão nas Salas limpas e locais anexos, resultou da necessidade mundial em estabelecer um documento de referência comum, de forma a fazer face ao grande número de normas para salas limpas, produzido até então por vários países.[12.]

A classificação internacional permite pois caracterizar a qualidade do ar em função das concentrações medidas, por categorias de dimensão, num dado volume considerado. A zona considerada será assim classificada em função do risco de ISO 1 a ISO 9, i.e. de muito limpa a menos limpa. Nos Hospitais as classes consideradas são ISO 5, ISO 7 e ISO 8.

A classe 100, da FED STD, embora não sendo exactamente igual, pode considerar-se equivalente à classe ISO 5. [3]

No caso dos blocos operatórios, alguns países, tais como a Alemanha, a França, a Áustria, o Canadá, a Austrália e o Japão, entre outros, adoptaram as suas próprias normas e regulamentos, baseadas na classificação internacional, para o projecto destes espaços. A França, por exemplo, utiliza a NF X 44101; a Alemanha a VDI2083, a Austrália a AS1386, o Japão a B9920 ao passo que Hong-Kong optou pela utilização do Memorando Técnico da Saúde Britânico HTM 2025 (Health Technical Memorandum HTM 2025) [13].

Por seu lado a Suíça tem, desde 1999, a directiva SICC 99-3 que define a hierarquia de níveis de qualidade do ar para os locais com requisitos de limpeza. No que se refere ao bloco operatório, esta directiva, altera a interpretação dada à zona a ventilar, i.e., reduz a zona a ser tratada centrando o cuidado apenas na zona sob o fluxo “laminar” ou fluxo de ar unidireccional. Até então a sala de operações era tratada na globalidade pela ventilação – Figura 1.

O fluxo de ar unidireccional impede a entrada de «todas» as partículas indesejáveis no campo operatório (praia cirúrgica)[14]

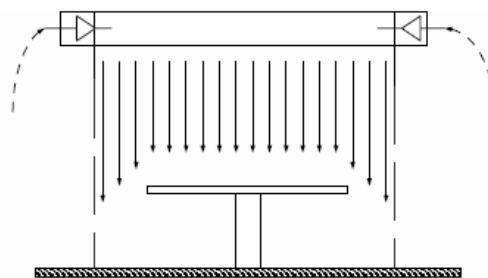


Figura 1 – Fluxo unidireccional

O tipo de cirurgia a praticar define a classe de limpeza a considerar para a sala de operações. A Tabela 1 pode ser considerada como primeira orientação para a classificação duma sala de operações nova.

Bloco Operatório	Classe ISO 6 (35 200part/m <sup>3</sup> )	Classe ISO 7 (352 000 part/m <sup>3</sup> )	Classe ISO 8 (3 520 000 part/m <sup>3</sup> )
	Tipo A apto para:	Tipo B apto para	Tipo C apto para
	- Transplantes - Cirurgia Cardíaca - Cirurgia ortopédica com prótese	- Convencionais e de Urgência - Conclusão de operações cirúrgicas	- Ambulatórios e salas de partos

Tabela 1 – Tipo de Cirurgias vs Classes de Limpeza [8]

O número máximo admissível de partículas de uma dada dimensão para uma dada classe de limpeza (conforme ISO 14644-1) pode ser determinado através da consulta da Tabela 2. Por outro lado a representação gráfica da Figure 3, permite classificar uma dada sala desde que se conheça, por medição ou recolha de amostras, qual o número de partículas por metro cúbico de ar e a dimensão das partículas em presença (Figura 2).

Nº de classificação	Concentrações admissíveis (partículas/m <sup>3</sup> ) em partículas de dimensão igual ou superior					
	0,1µm	0,2µm	0,3µm	0,5µm	1µm	5µm
ISO 1	10	2	0	0	0	0
ISO 2	100	24	10	4	0	0
ISO 3	1.000	237	102	35	8	0
ISO 4	10.000	2.370	1.020	352	83	3
ISO 5	100.000	23.700	10.200	3 520	832	29
ISO 6	1.000.000	237.000	102.000	35 200	8.320	293
ISO 7				352 000	83.200	2.930
ISO 8				3 520 000	832.000	29.300
ISO 9				35 200 000	8.320.000	293.000

Tabela 2 - Classes de limpeza de partículas suspensas no ar para salas e zonas limpas (ISO 14644 -1, 2003)



Figura 2 – Comparação da dimensão entre partículas

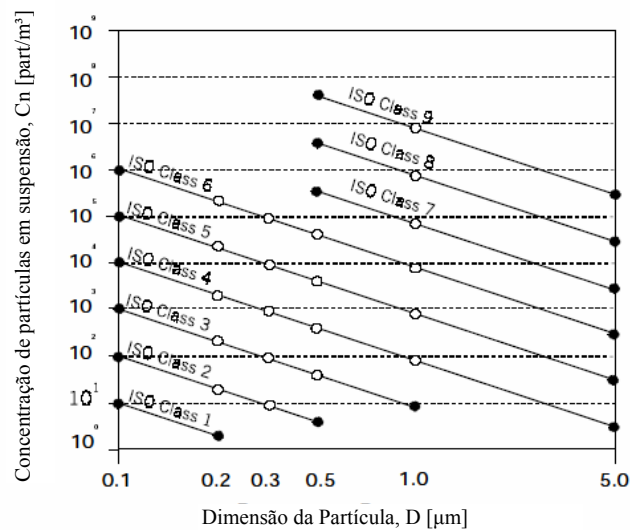


Figure 3 – Representação gráfica dos limites das classes de concentração.[15]

#### 12.1.4 ZONAS DE RISCO

Por definição, uma zona de risco de biocontaminação é um local delimitado no qual os ocupantes se encontram vulneráveis às partículas viáveis ou inertes.

As zonas são classificadas em função do grau do risco de infecção (Tabela 3):

Zona de Risco	Risco de Infecção
4	Elevado
3	Alto
2	Médio
1	Nulo

Tabela 3 - Zona de risco

Em cada projecto, novo ou de remodelação, deve ser efectuada uma análise do risco para cada zona, em função do controle exigido para essa zona.

O conhecimento dos actos a praticar (perfil do paciente e/ou protocolo da cirurgia) permite classificar melhor os vários locais. A Tabela 4 dá-nos uma relação sucinta dessa classificação.

Acto cirúrgico	
salas classificadas com risco 4	Ortopedia, oftalmologia, imunodeprimidos, “enxertos”, grandes queimaduras, neurologia, cardiologia.
salas classificadas com risco 3	obstetrícia, reanimação, vascular, digestivo, endoscopia
salas classificadas com risco 2	endoscopia, sala de recobro, sala de recuperação, sala de esterilização, urgências, salas de trabalho

Tabela 4 - Zona de risco vs Acto cirúrgico

Na Figura 4 é apresentado um exemplo de uma classificação das salas quanto ao risco de infeção

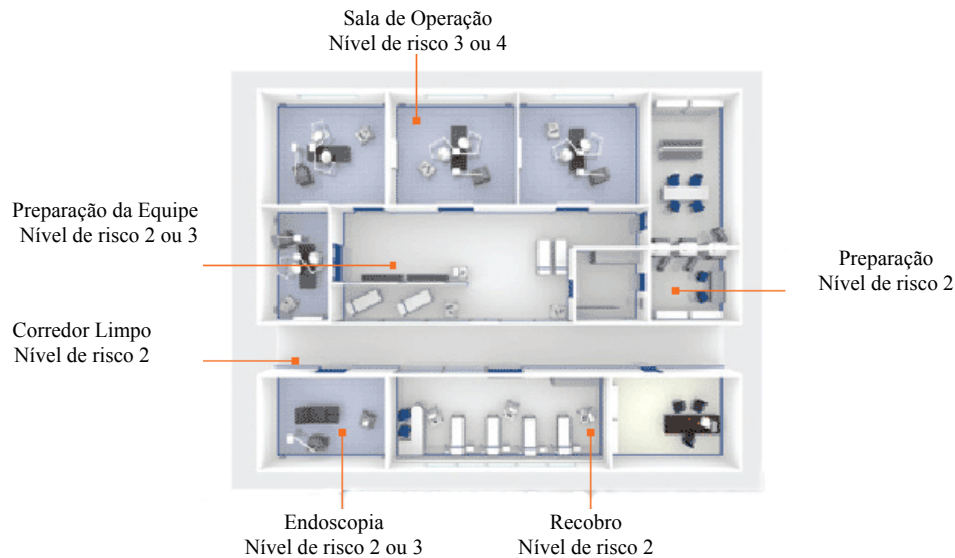


Figura 4 - .Classificação das salas de operação quanto ao risco de infeção [3]

A norma Alemã DIN 1946 apenas considera duas classes de cirurgia quanto ao risco: I e II.

### 12.1.5 CLASSE BACTERIOLÓGICA

Classe bacteriológica significa, nos termos da NF S 90-351, a concentração máxima de unidades formadoras de colónias existente num metro cúbico de ar.

Em França, o Comité Technique National des Infections Nosocomiales - CTIN, no seu estudo “Surveillance microbiologique de l’environnement dans les établissements de santé (2002)”, recomenda que, enquanto se aguarda por uma norma para a concentração bacteriológica, se adopte a aproximação proposta na Tabela 5. Por exemplo, para o caso de escoamento turbulento, tendo em conta as exigências quanto ao número de partículas, a classe bacteriológica prevista é a B20, enquanto que para o caso de escoamento fluxo “laminar” ou tecto filtrante será a B5.[16]

Classe Bacteriológica	Concentração máxima em UFC/m <sup>3</sup> de ar
B100	100
B20	20
B5	5

Tabela 5 – Classe Bacteriológica segundo a norma Francesa NF S 90-351

A toma de amostras para a contagem de microrganismos faz-se pela análise de um caudal de ar que colida sobre uma superfície, sobre a qual se desenvolvem, consoante o meio de cultivo, fungos e bactérias.

A amostragem para classificação do ambiente em função da quantidade de bactérias deve ser efectuada em dois locais; normalmente à saída da difusão na sala operatória e ao nível da mesa cirúrgica.

Uma classificação de qualidade bacteriológica (Tabela 6) função do concentração de bactérias detectada nas amostras foi sugerida pelo Instituto da Saúde Espanhol INSALUD. [17]

Qualidade Bacteriológica	Concentração máxima em UFC/m <sup>3</sup> de ar
Ausência de fungos	0
Ambiente muito limpo	< 10
Ambiente limpo	10 - 100
Ambiente aceitável	101 – 200

Tabela 6 – Classe Bacteriológica segundo Insalud

### 12.1.6 O AR DAS SALAS DE OPERAÇÃO E SUA RELAÇÃO COM A INFECÇÃO HOSPITALAR

Os sistemas de ventilação instalados nos blocos operatórios devem ser capazes de satisfazer e manter a qualidade do ar dentro dos limites requeridos, caso contrário a probabilidade do risco de saúde para os pacientes aumenta.

Assim, dado que a relação existente entre a infecção pós-operatória e a qualidade do ar do bloco se encontra bem definida, é necessário assegurar a separação das várias áreas dentro do bloco mantendo o sentido do fluxo de ar entre as salas, mesmo quando as portas são abertas, bem como manter as condições ambiente no bloco operatório, não obstante a mudança nas condições exteriores do ar ou das actividades naquele espaço. [18]

A distribuição de ar com insuflação pela parte superior (tecto), de forma descendente, e extracção pela parte inferior, tem-se revelado como o movimento do ar mais eficiente no controle da concentração de contaminantes num nível aceitável dentro das salas de operação. Os sistemas que utilizam este tipo de distribuição de ar proporcionam uma maior assepsia na mesa de operação, principalmente quando conjugados com filtros HEPA ou ULPA, e são bem aceites pela comunidade médica de infectologia. [6]

Os sistemas de ventilação com fluxo “laminar”, projectados para fornecer, de modo, eficaz uma zona livre de partículas em torno do paciente, durante uma operação, demonstraram que a sua utilização faz diminuir significativamente as infecções pós-operatórias. O seu uso é, por essa razão, recomendado nas cirurgias. [18]

### 12.1.6.1 *Taxa de mistura ou de recirculação de ar*

A taxa de mistura é a razão entre o caudal de ar insuflado e o volume da zona considerado ou o número de vezes que o volume de ar total contido no espaço passa pelos filtros numa hora.

Esta taxa deve ser suficiente para eliminar a contaminação das partículas produzidas no local (por exemplo pelas pessoas que trabalham no interior, etc) e é tanto mais importante quanto menor for a classe de limpeza do local.[3]

A Tabela 7 apresenta alguns exemplos de taxas de mistura e tipo de fluxos recomendados em função da classe de limpeza na zona limpa.

Classe Limpeza		Escoamento	Taxa de mistura [vol/h]
US FD 209E	ISO 14644-1		
100 000	ISO 8	Turbulento	15 a 30
10 000	ISO 7	Turbulento	30 a 50
1 000	ISO 6	Turbulento	50 a 100
100	ISO 5	unidireccional	até 600*
10	ISO 4	unidireccional	até 600*
1	ISO 3	unidireccional	até 600, ou mais*

\* - caudal referido à área de operação

Tabela 7– Taxa de mistura [19]

De salientar que os valores apresentados dependem também das cargas internas, das fontes de contaminação bem como da classe de limpeza do espaço. [20]

### 12.1.6.2 *Taxa de Renovação de ar*

Quando um dado volume de ar, equivalente ao volume da sala, é insuflado ou extraído dessa sala, diz-se que se procedeu a uma renovação do ar da sala. A renovação pressupõe que se trata só de ar novo, ao passo que, na recirculação, se considera uma mistura de ar exterior com ar da sala.

No caso de um sistema de ventilação por fluxo “turbulento” um número de renovações de ar igual ou maior a 15 é considerado suficiente para um bloco operatório, enquanto que para cirurgias de alto risco, realizadas em salas operatórias de construção recente, a recomendação é de 40 renovações por hora.

No caso de sistemas fluxo “laminar”, o número de renovações de ar por hora recomendado é maior, em geral, segundo alguns autores, deve ser considerado um número mínimo de 35 rph.

No que se refere às instalações de tratamento do ar destinadas a salas de operação, estas devem assegurar a manutenção da trajetória do ar. Os sistemas de difusão de ar devem pois estar dirigidos para o campo cirúrgico de modo a evitar turbulências desnecessárias.[17]

As aberturas (portas, janelas, ...) existentes nas salas devem permanecer abertas apenas por períodos de tempo o mais curto possível. de modo a garantir a manutenção o equilíbrio entre o caudal insuflado e o caudal de retorno.

A Figure 5 dá-nos uma relação expedita entre as exigências de renovação de ar e a classe de risco.

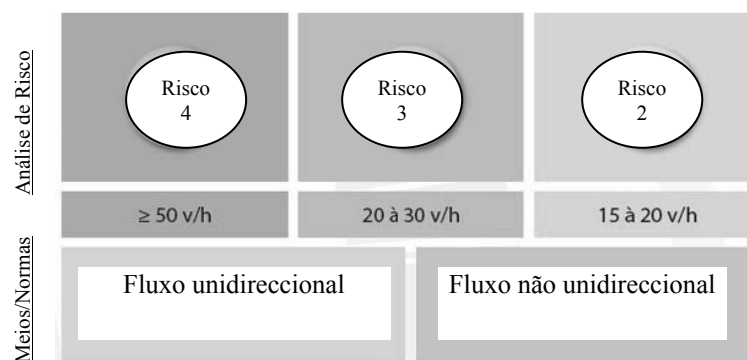


Figure 5 - Relação entre risco operação e o tipo de escoamento [3]

### 12.1.6.3 *Taxa de recirculação vs Taxa de renovação*

Se atendermos ao tipo de cirurgia praticado constata-se que algumas recomendações referem que uma sala de cirurgia simples ou de radioterapia deve ter uma taxa de ventilação de 15 vol/h com um mínimo de 3 renovações de ar novo por hora. Para as salas de tratamento de alta energia é recomendada uma taxa de ventilação de 12 vol/h com um mínimo de 4 renovações por hora. O ar destas salas deve ser evacuado directamente para o exterior.

Segundo outras recomendações, as salas de cirurgia correntes devem ter uma taxa de ventilação de 10 vol/h com um mínimo de 2 renovações por hora de ar novo.

Em Portugal o número de renovações do ar por hora, de acordo com o Decreto Regulamentar 63/94, de 2 Novembro; para as salas de operação pode variar de 15 a 20 renovações do ar por hora enquanto que para as salas de recobro, salas de uso geral e circulações, deve ser entre 10 a 12 renovações. [36]

O limite superior, segundo outros autores, deve ser 25% mais elevado, isto é, de 15 a 25 rph.[21]

### Tempo de Remoção da contaminação aérea

O número de renovações de ar por hora (rph) e o tempo necessário para a remoção da contaminação aérea, com uma dada eficiência, pode ser obtido através do uso da Tabela 8, obtida a partir da expressão abaixo e assumindo que o ar insuflado é isento de partículas e que a mistura do ar é perfeita, i.e., o factor de mistura é igual a 1.

$$t_1 = [\ln (C_2 / C_1) / (Q / V)] * 60, \text{ com } t_1 = 0$$

$C_2 / C_1$  - (eficiência de remoção / 100), em que

$t_1$  = instante inicial [s]

$C_1, C_2$  = concentração inicial e final de contaminantes

$Q$  = caudal de ar [ $m^3/h$ ]       $V$  = volume da sala [ $m^3$ ] ( $Q / V = \text{rph}$ )

rph	Tempo necessário [min] para uma eficiência de remoção de			rph	Tempo necessário [min] para uma eficiência de remoção de		
	90%	99%	99,90		90%	99%	99,90
1	138	276	414	14	10	20	30
2	69	69	207	15	9	18	28
3	46	92	138	16	9	17	26
4	35	69	104	17	8	16	24
5	28	55	83	18	8	15	23
6	23	46	69	19	7	15	22
7	20	39	59	20	7	14	21
8	17	35	52	25	6	11	17
9	15	31	46	30	5	9	14
10	14	28	41	35	4	8	12
11	13	25	38	40	3	7	10
12	12	23	35	45	3	6	9
13	11	21	32	50	3	6	8

Tabela 8 – Tempo de diluição da contaminação aérea

Dado que, em geral, a mistura perfeita não ocorre e o factor de mistura pode ser de 10, no caso de uma distribuição de ar deficiente, então o cálculo do tempo necessário para remoção da contaminação obtém-se multiplicando o valor tabelado pelo factor de mistura obtido para o volume considerado. Por exemplo, se considerarmos uma sala de operações com 15 renovações/h; são necessários 28 minutos para reduzir a contaminação em 99,9% (Tabela 8). [17]

## Tempo de reposição

As salas limpas com fluxo unidireccional têm tempos de reposição das condições que são função da velocidade do ar na sala. Por exemplo para uma velocidade de 0,4 m/sec um foco de contaminação que perturbe um metro cúbico do volume da sala requer, para a reposição do estado, 6 a 20 segundos. Nas salas limpas com escoamento turbulento o tempo de reposição pode ser dado por  $T=V/N$ , onde  $V$  é o volume da sala e  $N$  a taxa de renovação de ar. Assim, para uma sala ISO 8 (classe 100.000 FED-STD 209) com 20 renovações por hora (0,33 ren/min) tem-se um tempo de reposição de aproximadamente 3 min, e, no caso das salas ISO 7 (1 000 partículas) com taxas de renovação de 20 a 60 rph (1/3 a 1 ren/min) o tempo para reposição do estado será de 3 a 1 minutos.[22]

Um outro estudo refere que um “aspecto importante no projecto de sistemas AVAC para salas limpas tem a ver com o tempo necessário ao restabelecimento da classe de limpeza após uma alteração provocada, por exemplo, pela abertura de uma porta, movimento da equipa médica, etc. A este tempo dá-se o nome de tempo de reposição e é inversamente proporcional à taxa de renovação, i.e., quanto maior for o número de renovações mais rapidamente se atinge o estado inicial (menor tempo de reposição).

O tempo de reposição entre duas classes de limpeza numa sala comum, com filtragem terminal HEPA, fontes de contaminação e infiltrações, pode ser estimado através da fórmula  $t = 2,5/N$  em que  $N$  é a taxa de renovação de ar.

Por exemplo, para se atingir a classe ISO 7 (com 10.000 partículas) a partir da condição de repouso da classe ISO 8 (100.000 partículas), assumindo 30 renovações por hora, é necessário um tempo de aproximadamente 0,083h ou 5min. No caso de se duplicar a taxa de renovação (para 60 rph) são necessários apenas 2,5min para repor as condições pretendidas.

Se se pretender obter a classe ISO 6 a partir da classe ISO 8, considerando 30 renovações por hora, o tempo necessário para o estabelecimento dessa classe será aproximadamente o dobro, i.e., 5 minutos. No entanto, como a classe ISO 6 requer aproximadamente o dobro do número das renovações necessárias para o estabelecimento da classe ISO 7 (Tabela 8), temos que o tempo de reposição é aproximadamente igual ao determinado no primeiro caso.

No caso de se pretender obter a classe ISO 5 é normal admitir um tempo de reposição quase instantâneo, dado que toda a zona se encontra coberta por um fluxo isento de partículas não havendo por isso um processo de diluição mas sim de deslocamento, do tipo pistão.

Assim, é razoável admitir que, para a maioria das salas limpas, a reposição das condições pretendidas se obtém num curto intervalo de tempo.”[23]

#### 12.1.6.4 *Filtragem (Limpeza do ar)*

Nos processos de tratamento de ar, tem grande importância a fase de limpeza do ar, que se aplica mediante a utilização de filtros adequados ao grau de limpeza desejado no local.[17]

“A quantidade de partículas provenientes do ar (novo) introduzido na sala ou zona limpa pode ser controlada através de filtros de alta eficiência (HEPA).

A maioria destes filtros tem uma eficácia mínima de 99,97% para partículas com dimensão maior ou igual a 0,3µm, o que significa que, no máximo, somente 0,03% de todas as partículas com 0,3µm ou mais, atravessam o filtro. Assim, se o ar de retorno contiver 353.000 partículas deste tipo por m<sup>3</sup>, a concentração pode ser reduzida para 106 por m<sup>3</sup> após a passagem pelo filtro. Por esta razão o ar novo insuflado pode ser considerado isento de partículas”[23]

Por outro lado se numa sala limpa for usado um filtro HEPA duplo, considerando uma quantidade de partículas introduzidas, s, de 0,0009, 50 renovações por hora e uma taxa e emissão interna de 5000x60, tem-se que o número de partículas presente passa de 6003 para 6000, i.e., uma redução muito pequena, pelo que não se justifica a utilização de uma dupla filtragem.

Resumindo, podemos dizer que “é fundamental uma filtragem adequada para o controle das salas “brancas”, sendo que com o uso de filtros HEPA o ar novo pode ser considerado isento de partículas”. Contudo não devemos esquecer que “o aumento da capacidade de filtragem dos filtros HEPA não resulta, necessariamente, numa melhoria do grau de limpeza da sala”. [23]

Na Tabela 9 apresenta-se a filtragem terminal mínima recomendada para as diferentes áreas de um bloco operatório e na Tabela 10 a eficiência dos filtros em função da dimensão da partícula a reter:

Nível de filtragem	Local	Filtragem mínima
1	áreas comuns	F5 segundo EN 779
2	áreas críticas não cirúrgicas	F9 segundo EN 779
3	áreas cirúrgicas	H13 segundo EN 1822-1

Tabela 9 – Nível de filtragem terminal vs local

Em função da dimensão da partícula a reter, podem prever-se, nalguns casos, os seguintes filtros:

Filtro	Permeabilidade (dimensão partículas)	Eficiência [%]
HEPA (High Efficiency Particulate Air)	< 3 x 10 <sup>-4</sup> mm	99,97
VEPA (Very High Efficiency Particulate Air)	< 3 x 10 <sup>-6</sup> mm	99,997
ULPA (Ultra High Efficiency Particulate Air)	< 3 x 10 <sup>-9</sup> mm	99,999997

Tabela 10 – Eficiência do filtro vs Dimensão da Partícula [17]

## Cadeia de filtragem / Eficácia dos filtros

Para uma filtragem adequada na insuflação recomendam-se 3 etapas para limpeza do ar:

1. à entrada da central, para protecção da unidade de tratamento do ar e para limitar a obstrução dos seus componentes e manter a eficácia ao longo do tempo de serviço – eficiência mínima F6.
2. à saída da central: para protecção contra a contaminação da rede de distribuição de ar e para garantir o tipo de limpeza pretendido - eficiência mínima F7.
3. à entrada (difusão) do ambiente a controlar (zona de risco 3 e 4) – o processo de tratamento do ar deve garantir um mínimo de contaminação específico do caudal introduzido – eficiência mínima H13.

O caudal de ar da unidade de tratamento deve corresponder ao caudal nominal dos sistemas de filtragem necessários para assegurar a limpeza. Um caudal excessivo através de um filtro pressupõe uma perda significativa da sua eficácia.

Na extracção e na recuperação a norma estabelece que deve garantir-se a protecção das redes de extracção e o meio ambiente. Isto pode conseguir-se com a aplicação de filtros F5 (NF EN 779:2002) nas grelhas de exaustão.”[24]

Temos assim que “o ar exterior destinado à ventilação deve ser todo filtrado, e que a filtragem deve ser absoluta, no caso do ar se destinar a zonas estéreis”. [17] devendo ser garantida uma cadeia de filtragem conforme na Tabela 11 ou representada na Figura 6:

Nível de filtragem	localização	
1	no lado da admissão, junto à entrada	F6 segundo EN 779
2	à entrada da conduta de distribuição	F7 segundo EN 779
3	na unidade terminal na sala	H13 segundo EN 1822

Tabela 11 – Cadeia de filtragem

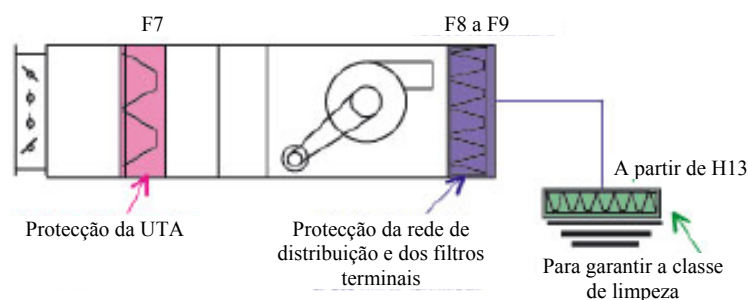


Figura 6 – Níveis de Filtragem [19]

A garantia de uma dada qualidade do ar interior depende do tipo de filtragem a que o ar exterior é sujeito. Assim, e de um modo geral, os níveis filtragem de referência a considerar em função da qualidade do ar exterior do meio em que a sala em estudo se encontra inserida e a qualidade do ar interior pretendida, são os referidos na Tabela 12 [25]. Como exemplo refere-se que para o caso de se pretender uma qualidade do ar interior média (IDA 2) numa unidade localizada num ambiente rural, onde o ar é considerado puro (ODA 1), deve ser garantida, no mínimo, uma eficiência de filtragem média (F8).

Qualidade do ar Exterior	Qualidade do ar Interior			
	IDA 1 (elevada)	IDA 2 (média)	IDA 3 (moderada)	IDA 4 (baixa)
ODA 1 (ar puro)	F9	F8	F7	F5
ODA 2/3 (poeira)	F7+F9	F6+F8	F5+F7	F5+F6
ODA 4/5 (concentração elevada de moléculas e partículas)	F7+GF+F9	F7+GF+F9	F5+F7	F5+F6

GF – Filtro molecular (filtro de carvão) / ODA – ar novo / IDA – interior

Tabela 12 – Eficiência mínima de filtragem recomendada NF EN 13779

As operações de filtragem, para além de garantirem o ar limpo nas salas, assumem também um papel importante na manutenção e conservação da instalação de climatização.

OBS: De acordo com a Norma Europeia EN 13779, o ar de exterior é classificado em 5 níveis: de ODA 1 (em que o ar é puro, excepto por poluição temporária, como o pólen) até ODA 5 (com altas concentrações, tanto de gases como de partículas). No caso do ar interior dos edifícios a qualidade do ar é classificada em 4 níveis: de IDA 1 (de óptima qualidade, em hospitais e clínicas) a IDA 4 (de baixa qualidade)

#### 12.1.6.5 *Classe Cinética de Descontaminação*

O termo classe cinética de descontaminação refere-se ao tempo necessário para obter, na ausência de pessoas e com equipamento fixo, uma descontaminação de 90% relativa à medição inicial.

Por exemplo, numa sala com um regime de escoamento “turbulento” (ISO), com velocidades de insuflação mais baixas, as partículas de maior dimensão oferecem maior resistência à sua remoção pelo que o tempo requerido para baixar a contaminação é maior. Tem-se assim que a classe cinética de descontaminação depende da dimensão da partícula a remover. Na Tabela 13 apresentam-se as classes cinéticas de descontaminação comuns às salas operatórias

Zona de Risco	Classe Limpeza	Nº partic./m <sup>3</sup>	Classe Cinética de descontaminação (min) CP
4	ISO 5	< 3.500/m <sup>3</sup>	10
3	ISO 7	< 350.000/m <sup>3</sup>	20
2	ISO 8	< 3 500.000/m <sup>3</sup>	20

Tabela 13 – Classe Cinética vs Classe Limpeza

### 12.1.6.6 *Infecção Nosocomial*

O termo nosocomial deriva da composição de duas palavras gregas “nosos” (doença) e “komeion” (cuidar de) e refere-se a qualquer infecção adquirida durante o internamento e que não estava presente ou em incubação à data da admissão numa unidade hospitalar[26]. A infecção nosocomial pode manifestar-se, por exemplo, após uma cirurgia de implante de prótese.

“As infecções do local cirúrgico têm uma incidência que varia de 0,5 a 15%, dependendo do tipo de operação e do estado prévio do doente”. Representam por esta razão um problema “que limita os benefícios esperados da intervenção cirúrgica. O seu impacto nos custos hospitalares e na duração do internamento pós-operatório (entre 3 e 20 dias adicionais) é considerável.” As infecções nosocomiais conduzem, portanto, a um aumento do tempo e dos custos (directos e indirectos) da hospitalização. Um indicador da qualidade e segurança dos cuidados prestados por uma instituição aos seus doentes é dado pela taxa de infecções nosocomiais.

De um modo geral, a qualidade bacteriológica do ar numa sala de operação não é o principal factor pois muitas das infecções do sítio cirúrgico provêm da própria flora bacteriana dos pacientes. No entanto, no caso das cirurgias com implante de próteses (caso da ortopedia), a qualidade bacteriológica do ar desempenha um papel importante na prevenção da contaminação aérea da ferida cirúrgica e dos instrumentos. [27]

Na Tabela 14 apresenta-se uma relação qualitativa entre o tipo de cirurgia e as potenciais fontes de contaminação numa sala de operações.

Fonte de Contaminação	Tipo de Cirurgia		
	Limpa	Limpa - Contaminada	Sala Infectada
Ar primário contaminado	++	+	0
Ar secundário contaminado	+++	++	+
Mãos do cirurgião (operador)	+++	+++	++
Pele do paciente	+++	+	++
Órgãos do paciente	0	+++	+++

+++; fonte muito importante; ++, fonte importante; +, fonte de segundo plano; 0: fonte sem significado

Tabela 14 – Grau de Importância entre fontes de contaminação numa sala de operação e o tipo de cirurgia

Atendendo aos estudos realizados, pode dizer-se que o “número de infecções pós operatórias diminui com o grau de limpeza” e que “só uma pequena parte das infecções nosocomiais é transmitida por via aérea, sendo a maioria adquirida por contacto”.

O risco da infecção da ferida cirúrgica depende, pois, do tipo de intervenção praticado.

Como “a contaminação do ar por bactérias sob a forma de aerossol pode ter origem em problemas técnicos (filtros defeituosos) ou numa má distribuição dos caudais de ar entre os locais (por exemplo ausência de uma sobrepressão nas salas de operação relativamente ao corredor de circulação)” é necessário que este tipo de problemas seja acautelado pela gestão técnica das instalações segundo as recomendações referidas.

Verifica-se assim que a prevenção das infecções constitui um todo pelo que não pode, por esta razão, resumir-se à existência de um bom sistema de ventilação.”[28]”

De referir que, embora “a falta de reparação e manutenção dos sistemas de ventilação das salas de operação conduza a um aumento das infecções” da ferida cirúrgica, constata-se, no entanto, que os “níveis de infecção voltam aos índices esperados após a realização destes” trabalhos.

Por outro lado, «as diferenças entre as cirurgias ortopédica e ortopédica com implante, demonstraram que, dum ponto de vista teórico, as exigências de ventilação devem ser definidas em função das intervenções, i.e., uma instalação com filtros de alta eficiência e um regime de fluxo “laminar” pode justificar-se mais para umas cirurgias que para outras.[28]

### 12.1.7 QUALIDADE DO AR NOS HOSPITAIS

Face ao elevado número de variáveis em jogo, não é fácil dar uma definição, simples, da qualidade do ar num estabelecimento de saúde. Pois, para além da diversidade de pessoas que permanece no seu interior - pessoas saudáveis, pessoas que sofrem de alergias, pacientes com doenças graves ou em recuperação de intervenções cirúrgicas grandes, pessoas de idade avançada, bebés, etc.- podemos encontrar igual número de procedimentos durante os quais pode haver libertação de contaminantes causadores de infecção.

A salubridade dos hospitais passa, assim, também, pelo controle das principais fontes de microorganismos patogénicos e que são as infecções.

De entre os factores controláveis, o de maior relevo é a transmissão por via aérea, pelo que a questão do ar condicionado e a sua distribuição e difusão, deve tratada com cuidado.

No caso da sala operatória, para diminuir o número de partículas em suspensão, torna-se necessário diminuir a actividade no seu interior, i.e., reduzir ao mínimo “o número de pessoas presentes durante uma cirurgia, bem como evitar movimentos ou conversas desnecessárias.”

### **A Instalação de Ar Condicionado como Fonte Contaminante**

O hospital tem, face ao tipo de cuidados de saúde que presta durante as 24 horas de cada dia do ano, necessidades térmicas muito variadas e específicas.

O ar condicionado assume portanto um papel importante na saúde e no conforto dos doentes durante a sua permanência no hospital assim como na minimização do seu sofrimento.

A prática demonstra que as fontes e as razões pelas quais um sistema de ventilação contamina o ar variam significativamente em função do projecto, utilização e manutenção do sistema.

Nos sistemas convencionais de ar condicionado parecem ser os filtros e as condutas os responsáveis pelo aumento da contaminação do ar.[8]

Os procedimentos para assegurar a qualidade do ar no interior contemplam: a pressurização das zonas, a velocidade do ar, a filtragem, a diluição, a evacuação, a radiação ultravioleta germicida, o controle da temperatura e da humidade.[21]

No entanto, segundo alguns autores, “não se pode desinfectar o ar através de sistemas ultravioletas ou sistemas químicos” pois pode pôr em risco a saúde dos médicos presentes no bloco. Por isso a solução deve ser conseguir através do ar condicionado “níveis muito baixos de partículas em suspensão para assim diminuir a probabilidade de contaminação”. [29] (Obs.: a radiação aplica-se na conduta e não na sala).

Ao reduzir a circulação de ar a 70% minimizam-se os riscos de transmissão de patogénicos através das condutas de distribuição e o caudal de ar exterior a tratar é menor.[8]

#### *12.1.7.1 Sistema de ar*

A existência de tabuleiros de condensados faz com que o sistema de ar condicionado seja também considerado uma importante fonte de distribuição de microrganismos no ar ambiente. Este mecanismo, associado ao facto de 90% do ar insuflado ser recirculado, é responsável por uma concentração de microrganismos na ordem de 1.000 a 100.000 vezes maior relativamente ao exterior.

O sistema de ar condicionado pode pois estar associado a surtos de infecção hospitalar por meio da produção de aerodispersóides a partir de filtros contaminados.

“O controle do ar ambiente nas salas de operação constitui um factor importante na prevenção das infecções nosocomiais e quando todos os factores intervenientes não são controlados de forma eficaz, pode conduzir a surtos de infecção hospitalar” [5].

### 12.1.7.2 *Fontes*

O ar ambiente dos blocos operatórios pode conter: microrganismos, poeiras, células e aerossóis provenientes da respiração dos ocupantes.

A origem dos contaminantes do ar pode agrupar-se em quatro grupos: as pessoas, os procedimentos, o edifício e o ar exterior. São fontes internas as pessoas, os ventiladores, os aparelhos de ar condicionado, os nebulizadores, humidificadores, etc. e fontes externas: o solo, a água, a poeira de construção.

“As fontes de partículas contendo bactérias nas salas de operação incluem o paciente e a equipa cirúrgica”. O número de microrganismos em suspensão nas salas operatórias é directamente proporcional ao número de pessoas que se movimentam dentro das mesmas [21]. A prática revela que 98% das bactérias detectadas na ferida operatória têm origem no ar ambiente.

É necessário não esquecer que a existência de contaminantes químicos e microbiológicos deve ser também considerada na concepção das instalações.

### 12.1.7.3 *Contaminação Aérea*

Bactérias, escamas de pele, fibras e outras poeiras contaminam o ar da sala de operação e através de correntes de ar turbulentas depositam-se nas superfícies.

As taxas de renovação de ar 100% exterior com exaustão total parecem produzir ambientes com menor taxa de infecção hospitalar. A diluição de microrganismos, promovida pela ventilação, é um factor decisivo para a diminuição do índice de infecção [21].

## 12.1.8 **CONDIÇÕES INTERIORES (p, HR, t, v, Q)**

### 12.1.8.1 *Pressão e Gradiente de pressão*

A ventilação deve criar, em determinadas áreas do hospital (blocos operatórios, UCI, ...), uma sobrepressão para evitar que o ar exterior, não filtrado, penetre através das frestas das portas e das janelas.

Deste modo, os caudais de ar a insuflar e a extrair devem ser seleccionados de modo a garantir pressões positivas ou negativas, de acordo com o grau de exigência e a classificação dos espaços.[17]

No caso particular dos blocos operatórios estes devem estar em sobrepressão em relação aos espaços adjacentes, e estes em relação aos espaços vizinhos, de modo a garantir que o

escoamento do ar se faça naturalmente, sempre das salas mais limpas para as mais contaminadas, como representado na Figura 7. [20]

O efeito da pressurização torna-se assim “um dos mais importantes parâmetros no projecto de sistemas AVAC para salas limpas” na medida em que “a manutenção de uma pressão superior na sala relativamente aos espaços adjacentes, minimiza as infiltrações de ar menos limpo”.

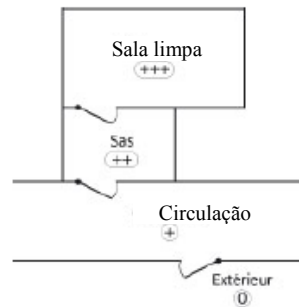


Figura 7 – Cascata de pressões

### Gradiente de pressão

O diferencial de pressão é pois necessário para garantir a direcção do escoamento desde a sala de operação para as áreas adjacentes. Os diferenciais de pressão são, em geral, pequenos (aproximadamente 15Pa) e o método para promover a circulação do ar é garantir que a diferença entre o caudal insuflado e o caudal de extracção (retorno e exaustão) seja de 150 l/s a 200 l/s (540 a 720m<sup>3</sup>/h), com todas as portas e aberturas fechadas.[7]

Outros organismos e autores recomendam que por seu lado os “os blocos operatórios devem estar em sobrepressão em relação aos espaços adjacentes na seguinte proporção: caudal insuflado deve ser 15% superior ao caudal extraído”[30] ou que “uma diferença de 10% entre o caudal insuflado e o caudal de extracção ou de retorno, nunca inferior a 25l/s” é suficiente para mater a depressão ou sobrepressão num espaço.[31]. Noutros casos a recomendação é de que o diferencial de pressão entre espaços deve ser de aproximadamente 0,75 a 1,25mm coluna de água (mmca), que equivale a um acréscimo de 3- 8% do volume total da sala”. [10]

A maioria das recomendações refere, no entanto, um diferencial de pressões de 12,5Pa, através das portas que separam espaços com diferente classificação”. A aplicação desta recomendação pode obrigar, porém, a ter que aumentar o número de renovações, no caso de haver inversão do escoamento devido à abertura da porta.[23]

Por exemplo, quando uma porta fica aberta há uma transferência de ar entre espaços através da abertura. Esta transferência, devida à turbulência do ar, é muito influenciada pelo diferencial de temperaturas entre áreas. Uma porta com 1,4m de largura permite uma transferência de 0,19m<sup>3</sup>/s

de ar nos dois sentidos quando não existe diferencial de temperatura, e de 0,24 m<sup>3</sup>/s no caso de uma diferença de 2°K.[32]

Em Portugal, alguns autores recomendam, para salas de operação, uma diferença de pressão maior ou igual a 2,5 Pa sendo que no caso das salas com pressão positiva a diferença mínima deve ser de 8 Pa enquanto que, no caso das salas com pressão negativa, essa diferença deve ser de 2,5 Pa.[21]

A recomendação Portuguesa refere, no entanto, que o bloco operatório, no conjunto, deve estar em sobrepressão em relação aos serviços adjacentes e que, no caso das salas de operações e partos distócitos, a sobrepressão considerar deve corresponder a um caudal de 20 m<sup>3</sup>/h.m de perímetro de entradas. [33]

Em resumo, constata-se que as diferentes recomendações referem um mínimo e máximo de 10 a 15% entre os caudais de insuflação e extracção e/ou retorno, nunca inferior a 25l/s, para manutenção dum diferencial de pressão de 12,5 a 20Pa entre espaços adjacentes.

As salas operatórias, relativamente aos espaços adjacentes, devem estar em depressão para cirurgias de classe 1, em isopressão para as cirurgias de classes 2 e 3 e em sobrepressão para as cirurgias de classe 4.

#### 12.1.8.2 *Humidade Relativa*

A humidade dever ser mantida dentro de limites aceitáveis pois está directamente relacionada com a higiene do espaço e as condições de conforto. Um elevado nível de humidade pode causar desconforto e favorecer o crescimento e transferência por via aérea de bactérias nas moléculas de água contidas no ar. Um baixo nível humidade (ar seco) pode causar problemas associados à presença de electricidade estática na superfície dos equipamentos, ou favorece a coagulação do sangue, indesejável durante uma cirurgia bem como a secagem rápida dos tecidos.

Humidificar é um processo dispendioso em termos de instalação, funcionamento e manutenção pelo que deve ser limitado apenas a espaços em que, por razões de saúde e higiénicas, entre outras., não possa ser dispensado.

A humidificação tem sido um dos requisitos em instalações de saúde (por ex. salas de operação) para o controle do risco associado ao uso de gases anestésicos inflamáveis. O uso deste tipo de gases cessou entretanto, pelo que deixou de ser necessária com excepção de casos específicos [32]

A recomendação HTM 03-01-2007 refere que a humidade relativa do ar insuflado deve estar entre 35 e 70%. Para níveis abaixo de 40% há tendência para os olhos, o nariz e a garganta

secarem, para um aumento da electricidade estática e dos esporos orgânicos, mais difíceis de eliminar por desinfetantes de superfície.

Para níveis de humidade acima de 70% o risco de condensação aumenta criando condições para desenvolvimento de fungos e bactérias.[32]

O manual 1999 ASRAE Applications Handbook (SI) recomenda, por seu lado, que a humidade relativa das salas limpas operatórias deve ser de 35 a 45% com uma variação de 0,5% a 5%,[34] enquanto que as recomendações da Associação dos Engenheiros Franceses (UNICLIMA), referem um intervalo de 45% a 55%.[35]

Em Portugal, as especificações técnicas e a legislação em vigor, consideram para o bloco operatório uma humidade relativa de 60%.[33, 36]

Tem-se assim que, em modo geral, a taxa de humidade relativa deve situar-se entre os 30% e os 60% dependendo da estação, podendo no entanto variar em função de condições extremas. Uma humidade relativa entre 40% e os 60 % minimiza as condições de multiplicação microrganismos, mantendo-os sob controle.

### 12.1.8.3 *Temperatura*

Podemos dizer que os diferentes tipos de cirurgia a praticar requerem intervalos de temperatura diferentes, no entanto a gama de temperaturas num bloco operatório e em particular na sala de operação, é, segundo a UNICLIMA, de 17° a 27°C.

Em Espanha (Barcelona) para além duma exigência de 100% ar exterior, e de 15 a 20 renovações de ar por hora, o intervalo de temperatura recomendado para a sala de operação é de 21° e 24° C, com uma humidade relativa de 50% , e uma pressão positiva para além duma filtragem terminal que deve ser absoluta.[30]

Em Portugal, segundo o Decreto Regulamentar 63/94 (Anexo I) recomenda-se um intervalo de temperatura de 20°C a 24°C para blocos operatórios, enquanto que o manual “HTM 03-01, 2007-Ventilation in healthcare premises design considerations”, recomenda para as salas de operação “limpas” e convencionais, uma temperatura interior de 18° a 25°C [36, 32]

Em face dos diferentes regulamentos, constata-se que a temperatura na sala de operação se deve situar entre 17°C e os 27°C. Este intervalo dada a sua dimensão contempla todo o tipo de cirurgia desde a cardíaca, que requer por vezes baixas temperaturas, até a queimados em que as temperaturas devem ser mais altas.

A diferença entre as temperaturas interior ao bloco operatório e o exterior não deve, no entanto, exceder 10°K para aquecimento no Inverno e 7°K para arrefecimento no Verão.[32]

#### 12.1.8.4 *Velocidade*

“A velocidade de insuflação é reconhecida como um dos factores mais importantes no controlo da dispersão. Assim, em escoamento unidireccional, é desejável uma velocidade elevada pois reduz a dissipação de calor e assegura um efeito de lavagem capaz de evitar a deposição de partículas na ferida cirúrgica”. [13]

Segundo alguns especialistas, a velocidade recomendada para o fluxo “laminar” utilizado em salas de operação deve ser de 0,40m/s [37]. Outros referem que este regime de escoamento se obtém, quando não obstruído, com uma velocidade de  $0,45 \pm 0,10$  m/s. Este tipo de escoamento revelou ser seguro no tratamento de pacientes com elevada susceptibilidade à infecção. [38]

No aconselhamento ao projecto de salas limpas convencionais, alguns fabricantes de equipamentos sugerem a utilização da Tabela 15 para, “uma vez definido o nível de limpeza pretendido, decidir qual o regime de escoamento, a velocidade média e o número de recirculações de ar por hora.” Alertam, porém, para o facto de que não devemos esquecer que essa tabela é o resultado de um trabalho de duas décadas de experiência acumulada “não tendo, por essa razão, qualquer base científica ou legal.” [20]

<b>Classe de Limpeza ISO (nº partículas)</b>	<b>Regime escoamento</b>	<b>Velocidade média do escoamento [m/s]</b>	<b>vol/h</b>
ISO 3 (35)	Unidireccional	0,35 - 05	350-650 *
ISO 4 (352)	Unidireccional	0,30 - 0,55	300-600 *
ISO 5 (3520)	Unidireccional	0,25 – 0,45	300-480 *
ISO 6 (35200)	Turbulento	0,20 – 0,45	150-250 *
ISO 7 (352000)	Turbulento	0,12 – 0,20	60-120
ISO 8 (3520000)	Turbulento	0,05 – 0,15	10-40

\*) número de recirculações referido à zona de operação

Tabela 15 – Velocidade média do escoamento [20, 10]

A Tabela 16, que reflecte outros estudos, pode ser igualmente utilizada como apoio ao projecto, pois relaciona a classe de limpeza e a velocidade associada a à cobertura do tecto filtrante.

<b>Classe ISO 14644-1 (FED 209E)</b>	<b>Velocidade média [m/s]</b>	<b>Nº renovações por hora [rph]<sup>*)</sup></b>	<b>Cobertura do tecto recomendada</b>
ISO 5 (classe 100)	0,20 a 0,40	240 - 480	35 – 70%
ISO 6 (classe 1 000)	0,12 a 0,20	150 – 240	25 – 40%
ISO 7 (classe 10 000)	0,05 a 0,075	60 – 90	15 – 20%
ISO 8 (classe 100 000)	0,005 a 0,04	5 – 48	5 – 15%

\*) Nota: na realidade trata-se de recirculações referidas à zona de operação

Tabela 16 – Velocidades insuflação recomendadas

A comparação das velocidades propostas nas Tabela 15 e 16 mostra-nos que, para um número de recirculações semelhante, as velocidades sugeridas pelos segundos para as salas com classe de limpeza ISO 8 e ISO 7 no segundo caso são significativamente inferiores às aconselhadas no primeiro. Na solução em estudo, as velocidades consideradas estão mais próximas das primeiras.

Uma outra noção com a qual a velocidade se encontra também relacionada é o conforto pois os pacientes podem ter que permanecer várias horas sob um fluxo que garanta a concentração limite de partículas, em particular nas salas de operação, que utilizam um tecto filtrante com escoamento unidireccional, para cirurgias de classe 3 e 4.

A noção de conforto inclui, para além da sensação de corrente de ar, o nível de higrometria e o nível sonoro, razão pela qual as velocidades de insuflação não podem ser elevadas. As características de unidireccionalidade e a capacidade do fluxo de evacuar rapidamente a contaminação gerada devem ser também garantidas.

Temos então que embora o compromisso “conforto/assepsia” seja garantido nos blocos operatórios com velocidades de insuflação à saída do tecto entre 0,28 a 0,32m/s nada impede, no entanto, que outros valores possam ser exigidos por razões médicas ou influência do tipo de intervenção, em particular em grandes queimadura, ou trabalhos com cimentos ortopédicos.[3]

Para uma velocidade inferior a 0,25m/s os estudos revelaram o efeito de lavagem não é total, facto que se traduz numa menor concentração de partículas junto à ferida comparativamente à cabeça. Os estudos revelaram igualmente que para velocidades de 0,13 m/s a concentração bacteriológica é superior a 10 UFC/m<sup>3</sup> em todo o corpo do paciente.[13]

A velocidade de insuflação aconselhada para o escoamento “laminar” é pois, em geral, superior a 0,25m/s e inferior a 0,45m/s embora dependente do número de recirculações de ar necessárias para a remoção das cargas internas ou dos requisitos da limpeza pretendidos.

#### 12.1.8.5 *Caudais*

A insuflação de um caudal de ar faz-se para remover as cargas térmicas bem como para diluir os contaminantes produzidos ou transportados para o interior da sala de operação.

O caudal insuflado numa sala de operação depende pois do seu volume, das cargas internas e do tipo de escoamento considerado e, em geral, é dado pelo número de renovações por hora

Como exemplo (Tabela 17) refere-se que para uma sala de operação com grau de limpeza elevado é necessário um caudal de 1,15 m<sup>3</sup>/s (4140m<sup>3</sup>/h) correspondente a 25 renovações de ar.

Sala	Volume [m <sup>3</sup> ]	Nº renovações por hora [rph ]	Pressão Nominal [Pa]	Caudal [m <sup>3</sup> /s]
Operação	165	25	25	1.15**
Anestesia	57	15	>10	0.24
Estéril e de Preparação	36 *	10	25	0.10

\* Esta sala não faz parte do volume do bloco operação  
\*\* - Refere-se somente a ar novo

Tabela 17 – Caudais de ar novo [32]

### Ventilação e prevenção de infecções no Bloco Operatório

Caso as várias áreas e pessoas estejam protegidas da contaminação aérea proveniente da turbulência do meio ambiente, é possível “aliviar” o controle de requisitos tais como a ventilação da sala na sua totalidade por grandes caudais de ar filtrado em sistemas dispendiosos. As novas directivas Suíças, por exemplo, recomendam que no futuro a área a ventilar seja no mínimo de 3x3m. Contudo, se a qualidade do fluxo for melhorada com a ajuda de “saías” (guias de escoamento), até uma altura aproximada de 2,1m do solo, a área protegida poderá ser de 2,8x2,8m. Esta área garante que tanto a equipa cirúrgica como a mesa dos instrumentos ficam protegidos pelo fluxo laminar.

#### 12.1.8.6 “Saia” (*partial wall*)

Dada a dimensão do escoamento unidireccional e o grande caudal a circular num espaço relativamente pequeno, a localização das grelhas de retorno poderá causar curto circuitos com a insuflação pelo que deverá preconizar-se o uso de “saías”. [39]

O objectivo da “saia” é manter o escoamento do ar insuflado unidireccional, na sua descida até à ferida cirúrgica e prevenir o “curto-circuito” entre o difusão e a extracção superiores. [13]

A falta da “saia” pode aumentar o risco da equipa cirúrgica, devido ao arrastamento, junto à periferia do difusor, de ar da sala [13]. A utilização de “saías” não é recomendada, no entanto, nalguns países. [40]

O uso do escoamento exponencial, composto por dois fluxos com velocidades no interior e na periferia diferentes, permite dispensar as guias de escoamento, o que torna a movimentação clínica mais versátil. [41]

O afastamento das guias laterais das paredes da sala para uma área de insuflação de 2,8x2,8m deve ser no mínimo de 1m, aumentando à medida que a área de difusão aumentar, i.e., 1,15m para um tecto de 3,2x3,2m e 1,25m para um tecto de 3,5x3,5m. As guias laterais devem ficar a uma distância mínima de 2m do solo.

### 12.1.8.7 *Conclusões*

A contaminação microbiana da ferida cirúrgica tem origem em diversas fontes, no entanto, a evidência da correlação entre contagem microbiana em amostras de ar do bloco operatório e a ocorrência de infecção cirúrgica ainda é bastante contraditória [42].

Uma enumeração exaustiva de técnicas não significa que estas constituam um seguro contra todos os riscos podendo, por essa razão, dispensar-se os procedimentos rigorosos normais e indispensáveis à cirurgia. Todavia, em certos casos, é possível operar em instalações não muito sofisticadas se estas estiverem limpas, em bom estado de conservação e se os procedimentos cirúrgicos permitirem limitar os riscos nas zonas críticas.

A utilização dos filtros de elevada eficiência não pode servir para reduzir a taxa de renovação de projecto. Tanto mais que as recomendações existentes para as renovações de ar, para as diferentes classes de limpeza, se baseiam na prática. [23]

A manutenção da cascata de pressões é importante para manter a higiene na sala limpa. Sendo que as salas de operação sejam ensaiadas, em condições normais e na pressão de funcionamento, com inversão de pressão.

Como as bactérias se encontram em colónias formando unidades com dimensão maior que 1  $\mu\text{m}$  temos que “99,9% das bactérias existentes no ar de um Hospital podem ser removidas por filtros com uma eficiência de 90 a 95%. Algumas autoridades recomendam, no entanto, o uso de filtros com uma eficiência de 99.97% (filtros HEPA).[38]

É possível repor as condições de limpeza em menos de 10 minutos se a sala de operação tiver sido bem projectada [23]

Os dois tipos de insuflação considerados para as salas de operação são:

- Fluxo unidireccional (“Laminar”) – escoamento no qual o fluido se move em camadas ou lâminas paralelas com uma velocidade muito baixa, pelo que a troca das quantidades de movimento é molecular (fluxo unidireccional).
- Fluxo não-unidireccional (“turbulento”) - escoamento no qual o movimento das partículas é errático com troca transversal das quantidades de movimento (fluxo multidireccional). Difere do fluxo “laminar” porque, neste caso, predominam os efeitos das tensões de inércia sobre as viscosas [8]

Nos sectores de actividade onde sejam requeridas salas limpas ou ambientes semelhantes sujeitos a controlo, estas têm por referência a norma internacional ISO EN 14644.

As recomendações Suíça, SWKI (1987), e Alemã, VDI 2067, são igualmente consideradas no projecto e monitorização dos espaços hospitalares.

#### 12.1.9 **CONTRIBUTOS**

Dado que a da recirculação de ar numa sala de operação, gera alguma controvérsia entre duas áreas, a médica e a engenharia, com um interesse comum, fazer o melhor a um custo baixo, houve necessidade de documentar as razões para que se recomende a recuperação parcial do ar assim como os caudal de ar novo necessário. Da consulta efectuada para o efeito destacam-se dois artigos pela importância que se lhes atribui.

O primeiro, “Ventilação das salas de operação” (no original, Ventilation des salles d’opérations), referido pela Association Romande des Agents Techniques Hospitaliers - ARATH, Suíça - Nov 2003, pela análise que faz da abordagem das escolas Francesa e Alemã sobre os caudais de ar insuflado e novo a garantir para os diferentes tipos de cirurgia.

O segundo, “Novos parâmetros de projecto para salas de operação” (no original New Design Standards for Theatre Ventilation), publicado pelo Health Estate Journal, Holanda, pela recomendação do uso da recirculação de ar e do cálculo computacional.

##### 12.1.9.1 *Ventilação das Salas de operação*

(tradução de artigo Ventilation des salles d’opérations, publicado na revista "SALLES PROPRES & MAITRISE DE LA CONTAMINATION" N°3 - juin 1999) [43]

#### **"Fluxo laminar" ou "Fluxo “guiado”**

As noções "Fluxo laminar" ou "Fluxo dirigido" reflectem duas abordagens diferentes para a ventilação das salas de operação: uma francesa e a outra alemã. Esta última, pelas considerações que faz ao destino das instalações, pode revelar-se por vezes mais adaptada aos requisitos de higiene e exploração económica.

Os sistemas de ventilação são indispensáveis em vários sectores dos hospitais, não só para limitar os níveis de contaminação ambiente mas também os riscos de infecção pós-operatória para os pacientes.

As técnicas utilizadas para a realização destas instalações são as utilizadas para as salas limpas e para as quais já se dispõe de um vasto conjunto normativo a nível internacional. A ventilação das salas de operações é uma aplicação muito específica destas técnicas. Porém, apesar da normalização existente, para este tipo de instalações, não houve ainda consenso neste domínio, tanto a nível internacional como europeu.

A norma DIN 1946 - 4, Instalações de Ventilação nos Hospitais, defende que com uma difusão de ar adequada não é necessário utilizar grandes caudais de ar para garantir a protecção dos doentes na zona de intervenção.

### Normalização francesa

A norma Francesa, NF S90-351, para o controle e recepção das salas de operação, define claramente o papel da ventilação lembrando que nestas salas "se reduz, por meios tecnológicos, o número de partículas em suspensão e a aerobiocontaminação". De modo a estabelecer os princípios de controle e recepção, a norma define e classifica os tipos de sala de operação usuais bem como os níveis de limpeza a exigir em cada tipo (Tabela 18).

NF S 90 351 Sala de Operação	NF X 44 101*			ISO 14644-1 Classe
	Classe	0.5 µm	5 µm	
Clássica	4 000 000	4 000 000	25 000	8
Zona de protecção turbulenta	400 000	400 000	2 500	7
Zona de protecção laminar	4 000	4 000	25	5

\* Número máximo, por metro cúbico de ar, de partículas de dimensão igual ou superior

Tabela 18 – Classificação da limpeza nas salas de operação segundo a norma Francesa NF S90 351

A sala de operações "clássica" é definida, de acordo com a norma NF X44-101, por uma concentração de partículas máxima de 4 000 000 (classe ISO 8). Uma segunda categoria de salas, mais eficiente, é definida pela presença de uma zona de protecção turbulenta ou laminar.

A zona de protecção consiste num espaço "situado no perímetro da mesa de operações onde a equipa médica se pode movimentar e no qual o nível de contaminação é reduzido". A taxa de renovação de ar é superior ao resto da sala de operações. A contaminação máxima nas zonas de protecção laminar é de 4.000 de partículas de acordo com a norma NF X 44-101 (classe ISO 5), pelo que se trata de um nível de limpeza semelhante a um ambiente estéril.

O escoamento "laminar" usado em instalações hospitalares difere da definição utilizada na mecânica dos fluidos. De acordo com a norma, trata-se de um escoamento com trajectórias aproximadamente paralelas no qual se tenta controlar o perfil actuando sobre vários parâmetros: filtros, velocidades, registos. O ar insuflado na zona de protecção laminar satisfaz as condições do escoamento laminar (trajectórias lineares e paralelas e pouca mistura com ar ambiente). A zona de escoamento laminar é semelhante a uma conduta entre duas secções paralelas, representada, nesta zona, por duas paredes opostas. A velocidade média do fluxo é aproximadamente de 0.4m/s quando o escoamento é vertical e de 0,5m/s quando é horizontal.

A zona de protecção laminar, pela capacidade de tornar o ambiente estéril, proporciona os melhores resultados em matéria de prevenção do risco de infecções pós-operatórias. É

recomendada para operações de alto risco, em particular as ortopédicas. No entanto, é necessário sublinhar que a velocidade do ar imposta, para manter a direcção do fluxo, exige a utilização de caudais de ar significativos. Por conseguinte esta técnica, de elevada segurança para os doentes, é cara na exploração.

### Normalização na Europa

Os princípios de controle do nível de contaminação são gerais, e baseiam-se em quatro parâmetros: filtragem do ar, manutenção do diferencial pressão entre salas, taxa de renovação e tipo de difusão do ar.

A definição destes parâmetros é função da classe de limpeza requerida para a sala e do nível do risco admissível para os doentes. Não existe solução uma técnica única; podemos constatar que para os mesmos objectivos as exigências de ar variam entre países europeus (Tabela 19).

País	Alemanha	Suíça	Inglaterra
Norma	DIN 1946/4 (1998)	SWKI (1987)	DHSS (1986)
<b>Bloco Operatório "clássico"</b>			
Caudal de ar insuflado	$\mu s * 2\ 400\ m^3/h$	2000-3000 $m^3/h$	2 340 $m^3/h$
Caudal de ar novo	1 200 $m^3/h$	80 $m^3/h.ocup$	2 340 $m^3/h$
Tipo de fluxo	--	Turbulento	--
Nível máx. aerobiocontaminação	--	< 200 UFC/ $m^3$	--
<b>Bloco Operatório "alto risco"</b>			
Caudal de ar insuflado	$\mu s(1) * 3\ 600\ m^3/h$	10 000 $m^3/h$	10 725 $m^3/h$
Caudal de ar novo	1 200 $m^3/h$	80 $m^3/h.ocup$	1 260 $m^3/h$
Tipo de fluxo	--	Laminar	Laminar
Nível máx. aerobiocontaminação	--	< 10 UFC/ $m^3$	--

$\mu s$  = factor <1, em função das eficiência do sistema de difusão de ar  
 UFC - unidades formadoras de colónias (germes)

Tabela 19 – Comparação entre as diferentes normas ou recomendações europeias para Blocos Operatórios

Da comparação de normas, verifica-se a existência de duas categorias de salas de operação. As salas clássicas, referidas pelas norma NF S90-351 e as salas de alto risco que correspondem às salas com protecção “laminar”.

Constata-se, também, que as exigências entre as três normas são semelhantes para as salas clássicas, e diferem no caso das salas de alto risco. Os caudais de ar insuflados, para as salas com fluxo “laminar”, recomendados pela Suíça e pela Inglaterra são mais elevados ( $\approx 10\ 000\ m^3/h$ ). A recomendação Francesa é idêntica para as salas com zona de protecção “laminar”.

A Alemanha, pelo seu lado, considera para as salas de alto risco um caudal de ar insuflado muito menor. Face a esta diferença, coloca-se a questão: Como é que as técnicas alemãs conseguem conciliar as exigências de economia e de higiene?

### Normalização Alemã

A comparação da classificação dos diferentes tipos de salas, referidas pelas normas francesas e alemãs, dá-nos uma primeira indicação (Tabela 20).

NF S 90-351	Definição da Sala (BO) segundo DIN 1946 parte 4
Sala clássica	Sala de classe II ou "sala normal" com nível esterilização (asepsia) comum
Sala com zona de protecção Turbulenta	Sala de classe I, tipo B com alto nível esterilização (asepsia); Sistemas de difusão de ar por escoamento turbulento ou "guiado"(laminar)
Sala com zona de protecção Laminar	Sala de classe I, tipo A com elevado nível esterilização (asepsia); Sistemas de difusão de ar por fluxo "guiado" (laminar)

Tabela 20 – Classificação das salas de operação e das técnicas de ventilação nas normas francesas e alemãs.

A norma francesa não fornece nenhuma alternativa ao modo de definição das zonas de protecção. O fluxo de ar será "laminar ou turbulento" com uma velocidade mínima de saída bem definida e consequentemente um grande caudal de insuflação relativamente à área a proteger.

A norma alemã, prefere a designação "fluxo guiado" em vez de "fluxo laminar". De modo a diminuir o nível de contaminação na zona protegida, podem ser previstas várias soluções técnicas nas quais o "fluxo guiado" tenha um nível de turbulência mais ou menos intenso, de modo a ter características de laminar. (Obs: fluxo "guiado" compara-se a um fluxo controlado)

A eficiência destes sistemas é avaliada por dois parâmetros, um em função do outro: o grau de contaminação e o caudal de ar tratado insuflado.

### Factor ou Grau de contaminação

Uma característica do sistema de distribuição de ar é o grau de contaminação da zona a proteger  $\mu_s$  ou razão entre as concentrações de microrganismos em suspensão médias na zona a proteger,  $k_s$ , e da sala,  $k_r$ . Por definição é igual à unidade no caso do escoamento turbulento ideal, no qual a mistura dos contaminantes assegura uma concentração de partículas ou de germes homogénea em todo o espaço e inferior à unidade no caso do fluxo "guiado".

$$\mu_s = k_s/k_r$$

$$\mu_s = 1 \text{ para escoamento turbulento}$$

$$\mu_s \leq 1 \text{ para os fluxos "guiados"}$$

O grau de contaminação só pode ser definido experimentalmente. O seu valor deve ser verificado em conformidade com o procedimento de ensaio descrito na norma DIN 4799, que permite

estabelecer a razão entre as concentrações,  $\mu s$ , em diversas condições de utilização como função dos caudais de ar insuflados.

Nota: Na determinação do grau de contaminação,  $\mu s$ , deve ter-se presente que o seu valor é igual à unidade no caso do escoamento turbulento ideal, o qual pode ser utilizado sem justificação para todos os sistemas de difusão de ar.

### Caudal de Ar Estéril Insuflado

Mesmo quando se conhece o grau de contaminação,  $\mu s$ , para um sistema de distribuição bem projectado, não é possível definir qual o caudal de ar necessário para obter o nível de contaminação pretendido na zona a proteger se não se conhecer também a concentração de biocontaminantes emitida pela fonte que é a equipa cirúrgica em actividade. No entanto, e por experiência, são conhecidos os valores do caudal de ar para as salas de operação de classe II equipadas com sistema de escoamento turbulento, e nas quais é possível obter uma qualidade de higiene do ar satisfatória.

Para as salas de operação com requisitos de esterilidade, este valor pode ser definido como o caudal de ar nominal de referência,  $Qs^*$ , igual a  $2.400\text{m}^3/\text{h}$ . Paralelamente define-se uma nova grandeza, associada ao caudal de referência, característica do nível de protecção do doente,  $\epsilon_s$ , na zona de protecção. A concentração relativa de microrganismos em suspensão,  $\epsilon_{sa}$ , é a razão entre as concentrações de microrganismos em suspensão médias da zona a proteger  $ks$  e de referência para a sala  $kr^*$ , obtida com o caudal de referência  $Qs^*$ . (obs. – não sendo referido no artigo qual a área do bloco considerada na determinação do caudal de referencia, supõe-se que esta se situe entre de  $36\text{m}^2$ , para cirurgia geral, e  $50\text{m}^2$  para cirurgia cardiovascular)

Os valores máximos admissíveis para a concentração relativa para as salas de classe I são:

- para as salas de operação de tipo IB, com alto risco,  $\epsilon_{sa} = 1$  ou  $\epsilon_s \leq 1$  por definição.
- para as salas de operação de tipo IA, com elevado risco  $\epsilon_{sa} = 2/3$  ou  $\epsilon_s \leq 2/3$

O nível de protecção do doente,  $\epsilon_s$ , depende tanto do factor de contaminação como do caudal tratado insuflado. Assim a concentração relativa  $\epsilon_{sa}$  pode ser reduzida e a eficiência do sistema de difusão melhorada, quer pela diminuição da razão de contaminação quer pelo aumento do caudal insuflado. Deste modo podemos definir um mínimo admissível para o caudal de ar insuflado  $Qsa$ , que permita conter a contaminação da zona a proteger dentro dos limites desejados, e satisfaça a seguinte relação:

$$Qsa = Qs' \mu s / \epsilon_{sa} = 2.400 \mu s / \epsilon_{sa} [\text{m}^3/\text{h}.]$$

## Representação Gráfica do Desempenho dos Sistemas de Difusão de Ar

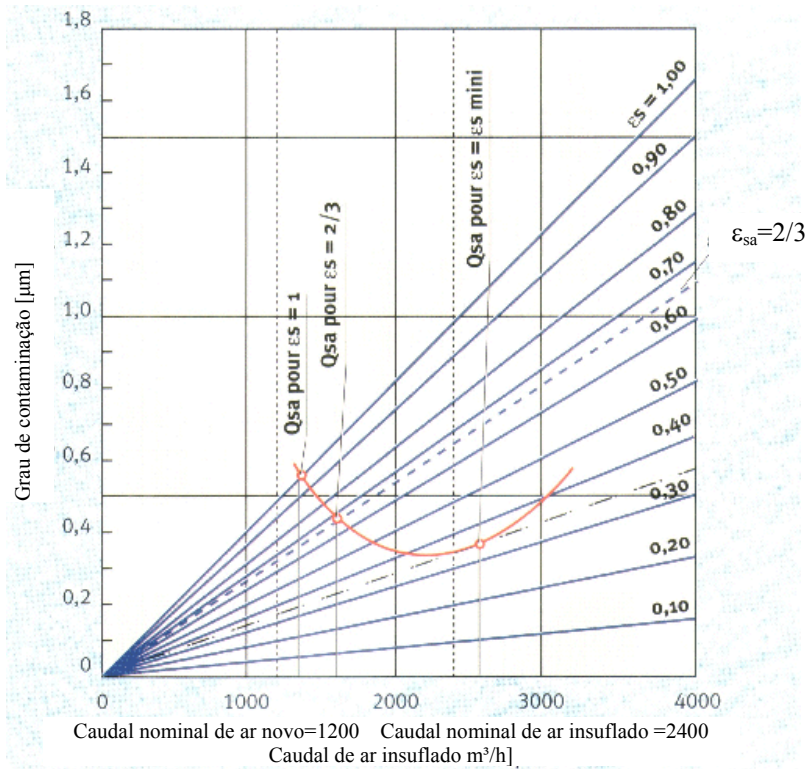


Figura 8 – Curva Característica de um Fluxo Dirigido (DIN 1946)

Na Figura 8 apresenta-se um exemplo de curva característica de um fluxo dirigido que nos dá a razão de contaminação obtida experimentalmente em função do caudal de ar tratado insuflado. As rectas representadas neste diagrama são rectas de igual concentração relativa,  $\epsilon_{sa}$ , e satisfazem a seguinte relação:

$$\mu_s = \epsilon_{sa} \cdot Q_s / 2.400 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

Uma destas rectas é tangente à curva característica. A sua inclinação é a concentração relativa em microrganismos em suspensão mínima. O diagrama mostra que o valor mínimo de  $\epsilon_{sa}$  é obtido com um caudal de ar insuflado de 2.600 m<sup>3</sup>/h, associado a uma eficiência óptima do sistema. Qualquer acréscimo de ar insuflado provocará uma queda da eficiência do sistema.

O diagrama permite definir os caudais mínimos de ar insuflado correspondentes aos pontos de intersecção das rectas de inclinação  $\epsilon_{sa}$ , e os valores da concentração relativa máxima admissível para a curva característica do sistema. No exemplo apresentado tem-se para as salas de operação:

- do tipo IA, com elevado risco, caracterizados por uma eficiência mínima  $\epsilon_{sa} = 2/3$ , o caudal mínimo é de 1.600 m<sup>3</sup>/h (obs. Grau de contaminação  $\mu_s=4/9$ , nota do autor)
- do tipo IB, com alto risco, caracterizadas por uma eficiência mínima  $\epsilon_{sa} = 1$ , o caudal mínimo é de 1.400 m<sup>3</sup>/h (obs. Grau de contaminação  $\mu_s=3/5$ , nota do autor)

E, no caso de escoamento turbulento ( $\mu_s = 1$ ), que os caudais são:

- 2.400 m<sup>3</sup>/h para o nível de protecção  $\epsilon_s = 1$ , e
- 3.600 m<sup>3</sup>/h para o nível de protecção  $\epsilon_s = 2/3$

### **Técnicas Alemãs**

Antes da execução de qualquer instalação é necessário conhecer o fim a que se destina. Os requisitos devem ser definidos pelos utilizadores. No meio hospitalar, cabe ao higienista decidir qual deve ser o tipo de operação que se pode praticar na sala bem como avaliar o grau de risco de infecção pós-operatória para os doentes. Esta avaliação dos requisitos traduz-se na definição de uma classe de limpeza ambiente e, no que diz respeito à ventilação, a um nível de contaminação do ambiente.

O estudo de Lidwell publicado em 1982, relaciona as taxas de infecção pós-operatórias com os níveis de contaminantes medidos durante as cirurgias em ambientes com elevado risco de contaminação, como é o caso da ortopedia. O estudo mostra que se pode reduzir para metade a taxa de infecção se diminuirmos a concentração de germes e partículas em suspensão de 200 para 20 ufc por metro cúbico de ar e, ainda, que a taxa de infecção permanece aproximadamente constante se reduzir o limite da contaminação até um valor de 5 ufc/m<sup>3</sup>, nível próximo dos ambientes estéreis obtidos com fluxo laminar.

Perante estes valores, as técnicas de difusão de ar alemãs dão muito bons resultados. Os fluxos “guiados” são realizados por tectos difusores que abrangem a zona a proteger (mesa de operação e mesa de instrumentos). Estes tectos têm áreas variáveis mas as velocidades de saída do ar continuam a ser inferiores às utilizadas no fluxos laminares não excedendo os 0,25 m/s. A direcção do deslocamento do ar pode ser apoiada pela introdução em zonas precisas de “veias” de ar mais rápidas que o conjunto do fluxo.

Sem pretender substituir a utilização do fluxo laminar quando este é necessário, nos casos em que a gravidade das operações ou a resistência dos doentes não esteja sujeita a limites extremos, pode considerar-se a utilização das técnicas de fluxo “dirigido”, cujo desempenho tenha sido entretanto definido e validado.

Temos assim que, as recomendações alemãs, permitem quantificar a eficiência dos sistemas de difusão de ar das salas de operação, tendo em consideração as exigências de higiene e de exploração económica. Não devemos esquecer, porém, que estas recomendações são aplicáveis apenas à zona a proteger considerada e sujeitas à disciplina do pessoal, e que, conforme recomenda a norma alemã, a eficiência obtida depende dos parâmetros envolvidos no escoamento de ar.[43]

Um outro exemplo de uma curva característica, obtida experimentalmente, é apresentado na Figura 9. A curva refere-se a um tecto com escoamento laminar, mod OPL 1,4/2.4, da Climatech

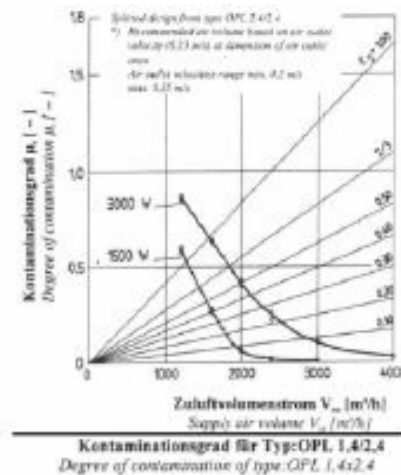


Figura 9 – Grau de contaminação para unidade de Fluxo Laminar, Mod. OPL 1,4/2,4 da Climatech

### 12.1.9.2 *Novos Parâmetros de Projecto para Salas de Operação*

H.J. Nicolaas refere no seu artigo *New Design Standards for Theatre Ventilation, General Hospital Guidelines*, publicado em Maio de 2007 pelo *Health Estate Journal* [40], que “o ar parece assumir um papel importante nas operações de aplicação de grandes implantes. No entanto, até ao momento, não foi ainda demonstrada a sua importância na protecção das infecções nosocomiais apesar dos estudos realizados evidenciarem que na vizinhança da mesa de operação ou da mesa de instrumentos, o ar pode contaminar, directa ou indirectamente, a área de operação.

Tecnicamente o efeito protector do ar envolvente do paciente, da equipa médica e da mesa dos instrumentos, pode obter-se através da utilização dum escoamento unidireccional a partir dum “plenum” com uma área de 8 a 9m<sup>2</sup> (3x3 ou 2,8x3,2), com uma velocidade do escoamento da ordem dos 24 a 30cm/s e uma temperatura à saída do “plenum” inferior à temperatura ambiente em 1° a 2°C.

De modo a satisfazer os requisitos de limpeza do ar na sala de operação, é necessário a utilização de grandes caudais. Para garantir estes caudais pode utilizar-se recirculação com filtros de alta eficiência. Por razões construtivas ou de limitação de ruído, os ventiladores de recirculação devem ficar colocados por cima do “plenum” ou no exterior da sala de operação.

Recomenda-se o cálculo computacional (CFD) na fase de projecto para melhor avaliar, durante o funcionamento, se o sistema de ar, e em particular os perfis de velocidade e a capacidade de limpeza, se encontram dentro dos parâmetros previstos. Esta avaliação assume particular importância nos casos em que, para uma dada carga interna, a temperatura de difusão e a

velocidade do escoamento criam condições de baixa temperatura na sala de operação. Por outro lado, permite revelar, ainda numa fase precoce, qualquer curto-circuito entre a insuflação e a extracção superior.

Assumindo que o ar que sai do filtro HEPA é limpo, as únicas fontes de contaminação são a equipa cirúrgica, a equipa de apoio, o paciente, o material utilizado e o equipamento.

Recomenda-se que as áreas de preparação estéril, com acesso directo à sala de operação, estejam a uma pressão maior que esta. Em áreas com maiores requisitos de higiene é conveniente estabelecer uma cascata de pressões devendo, para o efeito, nas zonas limpas, ser fornecido mais ar que o extraído. As instalação de grelhas de equilíbrio de pressão entre salas permite que, quando se abrem as portas, se crie uma corrente de ar da sala mais limpa para as menos limpas.

Tem-se então que os requisitos mais importantes a exigir no projecto são:

- a sala de operação deve estar equipada com um sistema de ventilação mecânica,
- a sala de operação deve estar equipada com sistema de fluxo unidireccional com um “plenum” de 8 a 9m<sup>2</sup>. O caudal insuflado e o perfil do escoamento seleccionados devem garantir, sob as condições de trabalho, com luzes acesas e a presença da equipa médica, que o ar não atravessa nenhuma fonte de contaminação antes de passar pela área cirúrgica ou mesa de instrumentação,
- se a preparação estéril (seting-up) não se encontrar sob o “plenum”, então dever ser prevista uma área de preparação estéril com um sistema individual de fluxo “laminar”,
- não devem existir, na sala de operação, janelas que possam ser abertas e a envolvente deve ser totalmente estanque.
- a envolvente da sala de operação deve ser estanque e as janelas;

e os requisitos para as áreas de tratamentos são:

- ser dotadas de um sistema de ventilação mecânico, e
- deve ser garantido um caudal mínimo de 100m<sup>3</sup>/h por pessoa.

O custo de reconstrução de um bloco operatório novo é aproximadamente 60% superior ao orçamento necessário para construção de um bloco operatório que satisfaça a regulamentação, inserido num hospital novo.

## Recomendações e normas

A Holanda é, actualmente, um dos quatro países europeus que possui recomendações, ainda que provisórias (Draft guidelines), na área do projecto e utilização da ventilação e climatização em blocos operatórios.

A Alemanha tem dois regulamentos: a *DIN-Entwurf 1946-4: 2005-04: Raumlufttechnik- Teil 4: Raumlufttechnische Anlagen in Krankenhäusern*, e o *Entwurf der VDIRichtlinie 2167-1:2004-12: Technische Gebäudeausrüstung von Krankenhäusern - Heizungs- und Raumlufttechnik*,

A Suíça o *Richtlinie 99-3: Heizungs - Lüftungs-und klimanlagen in Spitalbauten*, e

A Áustria o *Entwurf ÖNORM H6020:2005-09-01: Lüftungstechnische Anlagen in Krankenanstalten und Pflegeheimen*.

A comparação entre as quatro recomendações permite salientar

- a existência de técnicas comuns nos três países,
- a utilização da mesma área de tecto (com 8 a 9m<sup>2</sup>) para a protecção mesa de operações,
- que apenas alguns dos países recomendam a utilização de “saías” na insuflação,
- a classificação das salas difere entre os países A Suíça e a Holanda consideram apenas um tipo de sala, o Tipo 1a; a Alemanha e a Áustria consideram dois, dependendo do tipo de cirurgia praticada, o Tipo Ia (com escoamento “laminar” para protecção da área de intervenção e da mesa dos instrumentos) e o Tipo Ib (com utilização de sistemas com escoamento turbulento, escoamento de deslocamento ou escoamento em baixo regime laminar).

Face aos esforços de normalização em curso pode dizer-se que, nos próximos anos, a tendência aponta para um regulamento comum considerando uma área de insuflação regulável (com ajuste do “plenum”)” [40]

### 12.1.9.3 Conclusão

Um dos factores mais importantes no controle da dispersão das partículas em suspensão é a velocidade à saída do difusor. Uma velocidade elevada é vantajosa na dissipação do calor e para garantir um bom efeito de lavagem contra a deposição das partículas.

Uma má localização da lâmpada cirúrgica (médica) pode significar uma perda do efeito protector pretendido. E, a ausência de “saia” aumenta o risco de infecção da equipe médica devido à mistura, junto à periferia do tecto filtrante, ou do difusor, de ar ambiente com o ar insuflado. [13]

Apesar de se reconhecer que os sistemas com escoamento laminar são aqueles que garantem os níveis de contaminação mais baixos na sala, por vezes são considerados como causa de taxas de

infecção mais elevadas, comparativamente aos sistemas convencionais. Certas teorias recentes consideram que o escoamento laminar provoca a colisão da contaminação com a ferida cirúrgica. Tal parece resultar, no entanto, do uso de velocidades elevadas no escoamento laminar. De modo a caminhar para uma normalização da definição foi proposto o escoamento "laminar" seja aquele que tem velocidades até 0,45m/s.[44]

Estudos recentes demonstram que:

A prática de aumentar o número de renovações até valores elevados resulta numa excelente remoção das partículas por ventilação, no entanto tal não significa necessariamente que a percentagem de partículas que colide com praia cirúrgica continue a diminuir.

O número de renovações não é tão importante na análise da ferida cirúrgica como o é no projecto/dimensionamento do sistema de ventilação. Em particular, a percentagem de partículas atinge a ferida é baixa quer no caso do numero de renovações ser baixo, 20 rph, quer no caso do numero de renovações ser elevado, 150 rph.

Em termos de controle da contaminação nas salas de operação, os sistemas de ventilação com utilização escoamento "laminar" são a melhor escolha pois, com a sua utilização, apenas uma pequena percentagem de partículas atinge a ferida cirúrgica. No entanto, são necessários alguns cuidados no projecto/dimensionamento deste tipo de escoamento laminar.

O controle da região central da sala de operação parece ser factor relevante para dimensionamento do sistema de ventilação. Em particular, a iluminação e a equipa cirúrgica representam uma grande densidade de carga no meio da sala. As partículas podem ser impulsionadas pelas correntes de ar criadas pelo calor libertado pelas fontes e sobre as quais não existe controle. No entanto, se utilizar um sistema com escoamento laminar as partículas serão empurrada para a exaustão. Assim a dimensão do tecto deve ser suficiente para cobrir as fontes de calor.[44]

A necessidade de grandes caudais para remover as cargas internas justifica a utilização da recirculação. São também razões para recirculação as questões de natureza económica, dado que as instalações (equipamento e rede de condutas) são menores, as questões de higiene (o caudal recirculado é filtrado e contém apenas algumas partículas de dimensão característica da classe de higiene da sala), e as questões de exploração (manutenção e consumo).

O caudal de ar novo a insuflar deve estar directamente relacionado com a grau de limpeza do zona e não da sala.

Os trabalhos referidos revelam a necessidade de realização de estudos e de ensaios aos sistemas a instalar nas salas operatórias, facto que não se conseguiu detectar em Portugal.

As salas de operação tendem a ser polivalentes em vez de especializadas, com intervenções programadas. O funcionamento contínuo e/ou a rápida criação das condições de higiene da sala de operação requer sistemas de menor inércia e com possibilidade de ajuste (aumento ou redução de área) da zona de protecção. Este grau de adaptação pode ser conseguido através da introdução de uma unidade intermédia para remoção da carga térmica.

Dado que os gases anestésicos explosivos estão proibidos, o caudal de ar novo necessário é menor, sendo suficiente cumprir as necessidades de ar dos ocupantes. A recomendação Portuguesa, ET 06/2008, para as salas de operação, é de 100 m<sup>3</sup>/h.p, com um mínimo de 600 m<sup>3</sup>/h.p, e um caudal de ar recirculado de 20 ren/h.[33] (Obs.: a utilização da unidade ren/h pode por vezes induzir a dúvida se se trata de renovação ou recirculação, como é o caso referido por esta especificação)

O caudal de ar novo por ocupante considerado no trabalho é o mesmo que o recomendado norma Suíça, SWKI.

#### 12.1.10 **NORMALIZAÇÃO**

##### 12.1.10.1 ***Legislação / Regulamentação / Recomendações***

Em Portugal, de acordo com Decreto Regulamentar n<sup>o</sup> 63/94, de 15 de Janeiro, em vigor, e que estabelece os requisitos que as unidades privadas de saúde devem observar quanto às instalações, a sala de operações, deve ter uma área mínima de 36 m<sup>2</sup>, com uma largura mínima de 5,5 m, sendo o equipamento básico constituído por uma mesa operatória, um candeeiro de luz sem sombra e o equipamento de anestesia.[36]

O Decreto Regulamentar refere ainda que “os equipamentos de climatização devem garantir adequadas condições de conforto e de higiene” e que “o comportamento térmico dos edifícios e a sua climatização devem obedecer às normas regulamentares em vigor”.

Define, também, os requisitos mínimos a satisfazer pelas unidades de ar condicionado bem como as condições ambientais a considerar, para as salas de operações, i.e., que a temperatura seca deverá estar compreendida entre 20°C e 24°C; a humidade relativa deve ser de 60% e o nível de ruído 30 NC. Cada sala de operação deve ainda estar em sobrepressão e ser servida por uma unidade de tratamento de ar. O número de renovações (R) do ar por hora (h) deve ser de 15 R/h a 20 R/h. A filtragem do ar deverá ser efectuada por pré-filtros, filtros normais e filtros absolutos

Em Portugal para além do Decreto referido há a considerar as Especificações Técnicas para Instalações AVAC - ET 06/2008, uma edição da Administração Central do Sistema de Saúde (ACSS), que estabelece as condições interiores a adoptar para cada tipo de compartimento, e

refere que unidade de tratamento de ar (UTA) para o Bloco operatório, deve estar dotada de humidificação por vapor e ter uma filtragem final mínima da classe F9.

No caso das salas de operação a filtragem terminal complementar deve ser absoluta, classe H14 no mínimo, e dotada com pressostatos diferenciais ligados ao Sistema de Gestão Técnica Centralizado “GTC”. Além disso as grelhas extracção inferiores devem ter filtros de classe G4.

Recomenda também, como caso geral, que a insuflação se faça através de filtragem terminal para insuflação, excepto nos casos de Transplantes, Cardiologia, Ortopedia, Neurocirurgia, Queimados, Oftalmologia e outras doenças de alto risco em que se exige que a insuflação se faça obrigatoriamente através de um tecto difusor com 3,6x4m com filtro terminal.

A sala de operações deve estar em sobrepressão em relação aos espaços anexos, e estes em sobrepressão em relação aos serviços adjacentes). Sendo a sobrepressão a considerar a correspondente a 20m<sup>3</sup>/h.m de perímetro de entradas.

A recirculação é admitida devendo o caudal de ar recirculado ser de 20 ren/h e um caudal de ar novo de 100m<sup>3</sup>/h.pess com um mínimo de 600m<sup>3</sup>/h.

O diferencial de temperatura máxima em arrefecimento deve ser de 8°, e as condições ambiente as seguintes: temperatura 20° a 24°C e humidade relativa 60%.

As especificações técnicas ET 06/2008 são omissas no que respeita à velocidade de insuflação, ao tipo de escoamento, à classe de limpeza (partículas/m<sup>3</sup>) e ao nível de descontaminação (UFC/m<sup>3</sup>) a exigir, admitindo no entanto um diferencial de temperatura de 8°C.[33]

Por seu lado, o Regulamento de Segurança contra Incêndio em Edifícios Hospitalares, Decreto-Lei 409/98 (em vigor à data de elaboração do presente trabalho) refere que “as salas de operação e os locais de anestesia devem ser dotados de sistemas de ventilação que assegurem um mínimo de 15 renovações por hora, com um caudal de admissão de ar novo não inferior a 50 m<sup>3</sup> por hora e por pessoa presente, de modo a permitir a evacuação rápida de vapores anestésicos.” e que “a recirculação de ar só é permitida com ar proveniente da sala a que se destina.”[45]

Por seu lado a Direcção-geral das Instalações e Equipamentos da Saúde nas Recomendações sobre Instalações para Cuidados Continuados refere que a Legislação aplicável a estes espaços é:

Regulamento de Higiene dos Géneros Alimentícios (DL 67/98 e DL 425/99).

Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (DL 129/2002).

Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (DL 78/2006).

Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (DL 79/2006).

Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (DL 80/2006).

Este regulamento estabelece as auditorias aos equipamento e a qualidade do ar e remete para a legislação em vigor o valor dos caudais de ar novo a fornecer.[46]

No Reino Unido, as especificações técnicas hospitalares HTM 2025-2007 (Health Technical Memorandum) recomendam que a sala operações deve ter entre uma área de 35 a 55m<sup>2</sup> e que a velocidade do escoamento a 1m do solo deve estar entre 0,20 a 0,30m/s e à saída do difusor 0,38m/s. O nível de contaminação, na área de operação, deve ser inferior a 10 UFC/m<sup>3</sup>.

Quanto aos requisitos a recomendação considera, no seu anexo 2, os valores apresentados de forma resumida, na Tabela 21.

Taxa de Renovação recomendadas (HTM 03-01)							
Local	Ventilação	AC/h**	Pressão [Pa]	Insufl. Filtro	Ruído [NR]	Temp [°C]	Obs
Sala de Preparação (lay-up)	S	>25	35	F7	40	18–25	
Sala operação	S	25	25	F7	40	18–25	
UCV sala operação ***	S	25*	25	≥ H10	50	18–25	
Sala de anestesia	S + E	15	>10	F7	40	18–25	
Depósito de sujos	E	>20	-5	-	40	-	
Sala de Recobro	S + E	15	0	F7	35	18–25	Rede limpa

**Notas:** . S = supply (insuflação) E = extract (extracção) N = ventilação natural  
 \* - Taxa de ar novo, recirculação excluída \*\* - renovações de ar \*\*\* - UCV: Ultra Clean Ventilation (sala limpa)  
 a – European guidelines on good manufacturing practice published by the Medicines and Healthcare products Regulatory Agency (MHRA)

Tabela 21 – Taxas de renovação recomendadas [32]

Quanto aos ganhos internos a recomendação refere que cada ocupante (equipa médica) liberta 100W e que as perdas através do equipamento médico são de 650W/unidade de equipamento e que o fluxo de calor emitido pela superfície de iluminação das lâmpadas são de 250W/conj. Iluminação. Como fontes internas de contaminantes refere que cada ocupante liberta partículas (escamação) a uma taxa de 100 UFC/m<sup>3</sup>. [32]

As directivas Suíças, SUVA 2869/29d, propõem um caudal de 800 a 1000m<sup>3</sup>/h para ventilação das salas de operação. E as novas directivas Suíças recomendam um tecto difusor com uma área de 3x3m com utilização de fluxo “laminar”, ou de 2,8x2,8m se o escoamento for guiado, por “jactos guia”, até uma altura 2,1m (altura da porta) [28]

Em Espanha, no País Basco, a Asociación Catalana de Enfermeras de Control de Infección - ACICI, considera, nas suas recomendações de “Limpieza del Bloque Quirúrgico y otras áreas críticas”, que os parâmetros de climatização requeridos para a sala de operação, são: temperatura de 21° - 24° C, humidade relativa 50%, tudo ar exterior (100%AN), número de renovações com ar exterior 15 a 20 por hora, pressão positiva e filtragem terminal absoluta.[17]

Por seu lado a Asociación Española Ingeniería Hospitalaria, refere, como parâmetros para verificação e validação da qualidade ambiente em áreas cirúrgicas, uma temperatura entre 22°C a 26°C, uma humidade relativa entre 45% e 55%, 100% ar novo em salas com fluxo turbulento, uma diferença de pressão positiva entre 15 a 20Pa, um número mínimo de 20 renovações/hora, e uma velocidade do ar entre 0,2 a 0,3m/s com 20 a 40movimentos de ar por hora para as salas de operação de classe 10.000 a classe 100.000 (ISO 7 a ISO 8).[8]

O “Guia para diseño o reforma de un bloque Quirúrgico, de Víctor González Clara” considera para “as salas de operação convencionais uma temperatura entre 20 e 29 °C. No entanto, nas salas de operação especiais - cirurgia cardíaca ou de transplante - pode ser necessário garantir uma temperatura de 16°C ou 17°C nalguns momentos da operação.” A satisfação destes requisitos só é possível através da instalação de duas baterias de arrefecimento montadas em série. A primeira bateria, de agua fria, permite arrefecer o ar até aos 20 °C, enquanto que a segunda bateria, de expansão directa, baixa a temperatura do ar a insuflar sempre que seja necessário.[47]

A norma Francesa NF S90-351 refere um intervalo de temperaturas entre 19°C e 26°C, salientando no entanto, a existência de casos com necessidades específicas de temperaturas mais baixas (cirurgia cardíaca) ou mais altas (grandes queimaduras) os quais devem ser tidos em consideração.[3]

A recirculação do ar as instalações tem a concordância dos especialistas como um meio necessário à obtenção de um bom desempenho do sistema.[48]

No Brasil, os parâmetros recomendados pela norma NBR 7256 para salas de operação são: temperatura máxima de 24° C e mínima de 19° C; uma humidade relativa entre 45% e 60%, um numero de 25 trocas totais de ar por hora e a utilização sequencial de filtros do tipo G2/F2/A3(H14) nas condutas. A sala de operação deve estar em pressão positiva em relação às áreas adjacentes (ABNT, 1982).

Nos Estados Unidos, o PdhCenter (Centro de Estudos de S. Francisco, EUA) salienta que a utilização duma sala limpa é considerada como uma actividade critica, pelo que o controle da humidade é também crítico e precede o controle da temperatura.

O projecto da carga latente nas salas limpas deve considerar a maior temperatura de ponto de orvalho para o ambiente e não o ponto temperatura seca/temperatura húmida usada nos sistema AVAC em geral. A fiabilidade e disponibilidade do sistema AVAC é pois fundamental para a garantia das condições de utilização, pelo que não podem ser esquecidas na fase de projecto.

As condições de projecto para salas limpas, referidas pelo PdhCenter, são: temperatura entre 19 a 24,5°C (66° a 76°F), a humidade relativa entre 50 % e 60%, e 20% a 100% de ar novo.

A pressão deve ser positiva, entre 0.75 a 1.25mm de coluna de água, o que corresponde aproximadamente a uma diferença entre os caudais de insuflação e extracção de 3 a 8% do volume da sala.

Relativamente ao número de renovações de ar o PdhCenter sugere para uma sala ISO 5 (classe 100), a utilização de escoamento unidireccional, uma velocidade média de 0,25 a 0,45m/s, e um número de 300-480 renovações por hora, e para as salas ISO 7 (classe 10 000) e ISO 8 (classe 100 000), a utilização de escoamento não unidireccional, com velocidades médias de 0,12 a 0,20 e 0,05 a 0,15, e um número de renovações por hora de 60 a 120 e 10 a 40 respectivamente.[10]

A American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) refere, por seu lado, que a temperatura e a humidade relativa devem poder ser ajustadas pela equipa cirúrgica e que os sistemas devem ter capacidade para manter uma temperatura de 17°C nos procedimentos mais exigentes (cirurgia cardíaca), e a humidade relativa deve estar entre 30 e 60% para as áreas clínicas. No caso de queimaduras, dada a necessidade de grandes temperaturas e elevada humidade relativa, deve ser prevista uma área com controle de temperatura com possibilidade de ajuste até 32°C e uma humidade relativa de 95%.

O escoamento na sala de operação, quando não obstruído, deve ser predominantemente unidireccional com uma velocidade de  $0,45 \pm 0.10$  m/s. A Tabela 22 contém as taxas de ventilação mínimas recomendadas. Todo o ar deve ser introduzido pelo tecto e extraído ou recirculado por pelo menos dois pontos junto ao pavimento. As grelhas de extracção devem estar a pelo menos 75mm acima do pavimento. Os difusores de insuflação devem ser unidireccionais. Devem ser previstos tectos de alta indução ou o uso de “saia”. [38]

<b>Espaço</b>	<b>Pressão Relativa</b>	<b>Ar novo Nº Ren por min. [h<sup>-1</sup>]</b>	<b>Nº Ren por min. * [h<sup>-1</sup>]</b>	<b>100% Extracção para exterior</b>	<b>Ar Recirculado com Unidades interiores</b>	<b>HR. [%]</b>	<b>Temp. [°C]</b>
<b>Cirurgia e Cuidados Intensivos</b>							
Sala de Operação (sistema com recirculação)	Positiva	5	25	-	Não	45 a 55	17 a 27
Sala operação/cirurgia	Positiva	5	25	-	Não	45 a 55	20 a 23 <sup>†</sup>
Recobro <sup>p</sup>	*	2	6	-	Não	45 a 55	24 ± 1
Armaz. gases Anestésicos	Negativa	-	8	Sim	-	-	-
* -taxa de recirculação							

Tabela 22 – Condições projecto para Blocos Operatórios [49]

Por sua vez o Occupational Safety & Health Administration (OSHA), referindo o American Institute of Architects (AIA), recomenda que “para minimizar as concentrações residuais de gases anestésicos nas salas de operação a taxa de renovação deve ser no mínimo de 15 renovações por hora com um mínimo de 3 renovações de ar exterior por hora. Sendo que ”no caso das salas de operação que contenham gases anestésicos a recirculação é proibida”. [50]

O “Queensland Health Infection Guide”, Australiano; considera duas soluções para as salas de operação (Tabela 23 e Tabela 24) a Preferencial (opção 1) e o “mínimo standard”, não aplicável às salas para operações ortopédicas. Na solução preferencial o caudal de insuflação recomendado é de 1700 L/s (2000 l/s para operações ortopédicas) [6120 m<sup>3</sup>/h ou 7200 m<sup>3</sup>/h], com um caudal de ar novo mínimo igual ao menor dos caudais 350 l/s ou 8 renovações por hora. A velocidade de insuflação deve ser de 0,2m/s ao nível da mesa.

Na solução “mínimo standard” o caudal de insuflação é referido ao volume da sala sendo de 20rph com um caudal de ar novo mínimo igual ao maior dos caudais 350 l/s ou 8 rph.

#### - Preferencial (opção 1)

Caudal Insuflação (Supply Air Rate)	Caudal mínimo de insuflação de 1700 l/s (2000 l/s para operações ortopédicas) [6120 m <sup>3</sup> /h ou 7200 m <sup>3</sup> /h], com um caudal de ar novo mínimo igual ao maior de 350 l/s ou 8 renovações por hora
Insuflação (Air Flow Entry )	Insuflação a partir do tecto para garantir um movimento vertical com uma velocidade de 0,2m/s, ao nível da mesa de operações. O caudal ou o número de filtros poderão ser aumentados para satisfazer os requisitos
Extracção (Air Flow exit)	Retorno e a exaustão devem ser dispostos do seguinte modo: - tomadas de extracção/retorno a num nível inferior, 200 mm acima do pavimento - um mínimo de quatro grelhas de extracção localizadas junto aos cantos da sala - grelha de retorno a nível alto - repartir (50/50) o caudal total extraído e de retorno pelos dois níveis

Tabela 23 – Condições de projecto – Preferencial 51

#### - “mínimo standard” (Opção 2)

Caudal Insuflação	20 recirculações por hora
Ar exterior	350 l/s [1260m <sup>3</sup> /h] ou 8 renovações por hora, o maior dos dois
Distribuição	Insuflação (filtro terminal) no centro da sala, por cima da mesa de operação e as grelhas de retorno/extracção a nível inferior (200mm acima do pavimento)

Tabela 24 – Condições de projecto – Mínimo Standard [52]

O “Queensland Health Infection Guide” refere ainda que “o nível de som, em qualquer ponto da sala, devido aos sistemas de ar condicionado e de ventilação, não deve exceder 35db(A)”, e que a “temperatura sala deve estar entre os 18°C e os 24°C e uma humidade relativa de 50% a 55%.” [7]

Na Tabela 27 apresentam-se as recomendações, dos especialistas da Société Française d'Hygiène Hospitalière (SFHH), de controle da contaminação ambiental nos estabelecimentos de saúde / UNICLIMA (2004) [53].

### Aspectos económicos e de medicina do trabalho

Com excepção da área coberta pelo fluxo laminar, na definição dos requisitos de ventilação é necessário atender também ao parâmetro caudal de ar. Para uma dada gama de valores, quanto maior for o caudal menor será a turbulência e melhor o efeito de lavagem. Assim, do ponto de vista das infecções, será lógico preconizar a utilização do maior caudal possível. No entanto isto representa algumas desvantagens em termos de economia de energia e do bem estar das pessoas que trabalham sob uma corrente de ar desagradável.[28]

Na Tabela 25 apresenta-se uma relação entre tipo de cirurgia praticada e o ventilação requerida.

Sistema	Tipo de cirurgia	Obs.
Fluxo laminar 3x3m, 100% Ar novo (2.22 m <sup>3</sup> /s, 8000 m <sup>3</sup> /h)	Intervenções com implantação de material estranho: ○ Ortopedia ○ Cirurgia cardiovascular ○ Neurocirurgia	Deve prevenir-se a contaminação da ferida cirúrgica por via aérea. A ventilação é um meio complementar às medidas de limpeza do bloco, vestuário e desinfecção.
Fluxo laminar 3x3m, 50% Ar novo (1.11 m <sup>3</sup> /s, 4000 m <sup>3</sup> /h)	Intervenções sobre feridas esterilizadas, sem implantação de material estranho: ○ Neurocirurgia ○ Cirurgia cardíaca ○ Artroscopia ○ Cesariana	A pele do paciente constitui o principal risco. A contaminação aérea pode no mínimo causar problemas pelo que se justifica a tomada de medidas de controle. A melhoria da limpeza da sala e do vestuário é evidente.
	Intervenções sobre feridas já contaminadas: ○ Cirurgia digestiva ○ Urologia	A contaminação aérea apenas assume um papel secundário em relação à flora endógena. Uma ventilação eficaz é sentida

Tabela 25 – Requisitos de ventilação em função do tipo de cirurgia

Na Tabela 26 apresenta-se um resumo das recomendações consideradas, e na Tabela 27 uma compilação das recomendações Francesas para estabelecimentos de saúde.

**Resumindo**

Origem	Tint [°C]	HR [%]	Nº renov [rph]	Filtragem	Qinsufl [m³/h]	Qmin AN [m³/h] (%)	Veloc [m/s]
ET 06-2008 <sup>i)</sup>	20 a 24	60	20	F9/G4/H14	100 (por ocup)	600	<sup>m)</sup>
DL63/94 <sup>i)</sup>	20 a 24	60	15 a 20	_ / _ / _			
HTM 03-01 <sup>e)</sup>	18 a 25		25	// >H10			0,38
ACICI <sup>d)</sup>	21 a 24	50	15 a 20 (AN)	//abs.		(100%)	
Eng. Hosp. <sup>d)</sup>	22 a 26	45 a 55	20 min. <sup>f)</sup>	_ / _ / _	20 a 40 mov/h <sup>h)</sup>	(100%) <sup>g)</sup>	0,2 a 0,3
UNICLIMA <sup>b)</sup>	17 a 27	45 a 55					
Patric Break <sup>b)</sup>							0,40
DIN 1946 <sup>j)</sup>	19 - 26				1200 <sup>q)</sup> /2400 <sup>r)</sup>	1200	
SUVA 2869 <sup>w)</sup>					800 a 1000		
NBR 7256 <sup>c)</sup>	19 – 24,6	45 a 60	25	G2/F2/H14			
PdHcenter <sup>k)</sup>	19 – 24,5	50 a 60				(20 a 100%)	
“			300 a 400 <sup>*)</sup>				0,25 a 0,45 <sup>n)</sup>
“			60 a 120				0,12 a 0,20 <sup>o)</sup>
“			10 a 40				0,05a 0,15 <sup>p)</sup>
ASHRAE <sup>k)</sup>	17 a 27	45 a 55	25			5 rph	0,45±0,10
OSHA/AIA <sup>k)</sup>			15			3 rph	
Queensland H <sup>k)</sup>	18 a 24	50 a 55			6120 <sup>s)</sup>	1260 ou 8rph <sup>u)</sup>	
“					7200 <sup>t)</sup>	1260 ou 8rph <sup>u)</sup>	
“			20 <sup>v)</sup>			1260 ou 8rph <sup>w)</sup>	

a) Salim Lanha Neto (BR) refere 25 recirculações com 5 renovações de ar externo (segue ASRAE)

b) França

c) Brasil

d) -Espanha

e) Reino Unido

f) mínimo

g) em salas com fluxo turbulento

h) para sala ISO 7 e ISO 8

i) Portugal

j) Alemanha

k) Estados Unidos

l) Austrália

m) Tecto 3,6x4

n) Unidireccional, ISO 5

o) Não unidireccional, ISO 7

p) Não unidireccional, ISO 8

q) Unidireccional

r) Não unidireccional

s) Preferencial, Geral

t) Preferencial, Ortopedia

u) Menor valor

v) mínimo standard

w) Suíça

<sup>\*)</sup> caudal referido ao volume de operação

Tabela 26 – Recomendações - Quadro resumo



Risco Infeccioso	Objectivo				Meios							
	Designação da zona de Risco	Classe da Sala (partic > 0,5µm)	Cinética descontaminação (min)	Classe Bacteriológica	Regime de escoamento	Taxas de renovação de ar na sala [vol/h]	Velocidade	Filtragem	Pressão acústica [dB(A)]	Secção Extração [m <sup>2</sup> ]	sobrepessão [Pa]	Guia de escoamento "saías"
Elevado risco infeccioso	Zona 4	ISO 5	CP 10	B10	Fluxo Unidireccional	> 50 (200 a 600 na zona intervenção)	0,3 a 0,6	F9 (95%OPA)	≤ 48		> 15	Não obrigatório
		< 3500 partículas										
alto risco infeccioso	Zona 3	ISO 7	CP 20	B10	Unidireccional ou Não Direccional	25 a 30/40	0,1 a 0,25	H13 (99,95%DOP) + F6 (65%OPA) + F9 (95%OPA)	≤ 45	6 a 12	> 15	---
		< 350 000 partículas										
risco moderado	Zona 2	ISO 8	CP 20	B100	Não Direccional	15 a 20	---	F9 (95%OPA) + F6 (65%OPA)	≤ 40			---
		< 3 500 000 partículas										
risco fraco ou negligenciável	Zona 1	< locais não específicos ->		<-	->							

Tabela 27 – Limites microbiológicos em estabelecimentos de saúde [53]

### 12.1.11 SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

Os sistemas de tratamento de ar, em geral, devem assegurar não só a protecção dos doentes contra a aerobiocontaminação mas também um ambiente confortável para os doentes e para a equipa médica. O conforto obtém-se através do controle da temperatura, da humidade relativa, do nível sonoro, da ausência de correntes de ar ou de turbulências e, nas salas de operação, pela evacuação dos gases de anestesia [54]

#### 12.1.11.1 *Tipos de Sistemas*

A protecção dos pacientes mais “frágeis” à contaminação aérea está associada à capacidade de remoção do sistema de tratamento de ar que depende da renovação de ar do local, do modo de difusão do ar, da sobrepressão do local relativamente aos espaços adjacentes e da filtragem do ar. O nível de filtragem, associado à taxa de mistura, estabelece a classe de limpeza do ar insuflado no local retendo as partículas segundo a sua dimensão.

Em função destes parâmetros, é possível classificar os sistemas de distribuição segundo uma eficiência crescente em termos de qualidade do ar (*Guide Uniclina « Traitement de l'air en milieu hospitalier » ed. SEPAR*):

- o SISTEMA FLUXO TURBULENTO COM 100% AR NOVO: sistema no qual o ar novo passa por uma dupla filtragem (F7 e H10) na UTA e é insuflado no local através de difusores de tecto por indução ou por difusores murais de insuflação directa. O ar limpo mistura-se com o ar ambiente garantindo uma boa homogeneidade da concentração de partículas. A velocidade do ar saída do difusor é superior a 1,5m/s. A taxa de renovação de ar é de 15 a 20 volumes por hora. Os custos de instalação são os mais baixos.

A classe de limpeza obtida é ISO 8. A concentração bacteriológica é de 200 UFC/m<sup>3</sup> (B100) para um caudal de ar de 2 500 m<sup>3</sup>/hora. Estes sistemas são utilizados sobretudo para zonas com risco moderado.

- o TECTO DIFUSOR COM INSUFLAÇÃO DE AR A BAIXA VELOCIDADE: sistema no qual o ar novo e o ar recirculado passam por uma filtragem dupla (F7 e F8) na UTA, sendo a mistura insuflada no local ou sobre a zona crítica por um tecto em chapa inox perfurada, os filtros de alta eficiência (H 14) encontram-se instalados no tecto num “plenum” de sobrepressão. O fluxo de ar constante é uniforme com uma velocidade inferior a 0,25m/s, com ocorrência de um suave movimento transversal turbulento. A taxa de renovação de ar sobre o volume total do local é de 25 a 80 volumes/hora, mas pode situar-se em condições de não utilização entre 100 e 300 volumes/hora, considerando o volume da zona crítica. O caudal de ar é de 1200 a 7000m<sup>3</sup>/h, consoante o tipo de tecto utilizado. Os custos da instalação são multiplicados por um factor de 2.

A classe de limpeza obtida ISO 7 a ISO 5 em repouso na zona crítica. A concentração bacteriológica entre 10 e 50UFC/m<sup>3</sup> (B20). Estes sistemas são utilizados em zonas de alto, e muito alto, risco (blocos operatórios convencionais, salas para imunodeprimidos, ...)

- O TECTO OU “MUR” FILTRANTE COM ESCOAMENTO “LAMINAR”: sistema no qual o ar novo e o ar recirculado), passam por uma filtragem dupla (F7 e F8) na UTA, sendo a mistura insuflada no local ou sobre a zona crítica por um “plenum” contendo filtros absolutos (H 14). O escoamento de ar é unidireccional com uma velocidade de 0,38 a 0,50m/s que lhe confere uma “laminaridade” que se refaz após os obstáculos. A taxa de renovação de ar é de 200 a 600 volumes/hora. O caudal de ar encontra-se entre 13 000 e 30 000 m<sup>3</sup>/hora. Os custos da instalação são multiplicados por um factor de 4. Este sistema requer uma manutenção muito exigente e onerosa. O nível sonoro (50-55 dBA) é mais elevado que os outros dois sistemas, devido aos ventiladores auxiliares de recirculação existentes na sala.

A classe de limpeza obtida é ISO 5. A concentração bacteriológica é inferior a 1UFC/m<sup>3</sup>. São utilizados sobretudo em salas de operação assépticas (zonas de muito alto risco) que requerem muito boa qualidade do ar e em intervenções cirúrgicas específicas, tais como ortopedia, cardiologia, neurocirurgia. [54]

Na Figura 10 podemos observar a unidireccionalidade do fluxo em função da velocidade. .

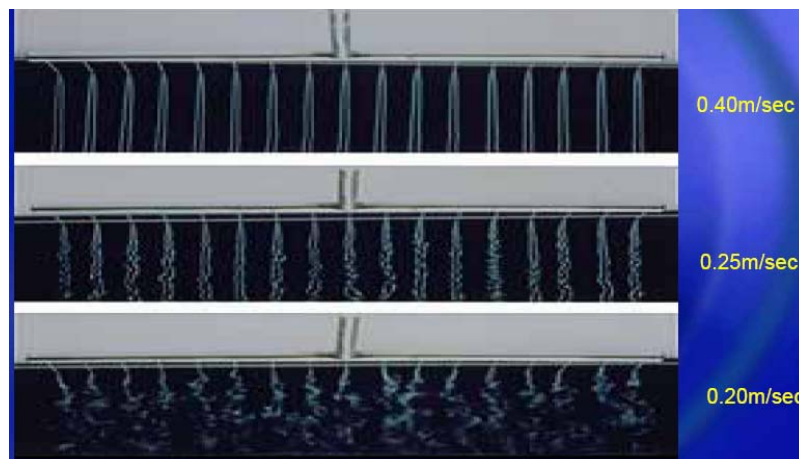


Figura 10 – Fluxo Unidireccional [55]

#### 12.1.11.2 “Condição escoamento laminar”

Sendo o princípio fundamental para limpeza num escoamento unidireccional a velocidade pode pensar-se que o uso de velocidade elevada é vantajoso para a remoção de partículas.

Todavia tem-se verificado que velocidades muito elevadas podem não ser eficientes e resultar num sobredimensionamento desaconselhável do ponto de vista energético.

A aproximação normal no projecto duma “sala limpa”, tem sido, a de fixar a velocidade de 0,45m/s e, em seguida, calcular as áreas de tecto para os diferentes níveis de limpeza pretendidos.

De notar que “a condição escoamento laminar” com uma velocidade 0,45m/s, oficialmente, não existe”.

No entanto, como “o primeiro objectivo é fornecer uma quantidade de ar a uma velocidade que mantenha a unidireccionalidade do escoamento, promova uma diluição eficiente e um transporte para fora da sala das partículas e dos contaminantes gerados na sala”, dimensionar o sistema de ventilação para essa velocidade “tornou-se uma prática comum dos projectistas”.

Por outro lado, é fundamental que o projectista e o “utilizador final” concordem no valor final das velocidades do projecto. Além disso, “os problemas de financiamento, de equipamento e de organização, levam a que se deva atender a todas as opiniões manifestadas desde o aparecimento do projecto, não para as combater mas para o aumentar as possibilidades de ser bem sucedido.[56]

Deve ter-se presente que “a utilização dos sistemas de insuflação convencionais conduz a velocidades excessivas causadoras de turbulência, no interior da sala de operação, com efeitos não desprezáveis”. O resultado destes deslocamentos incontrolados do fluxo de ar pode promover a suspensão, e a deposição sobre a ferida cirúrgica, de partículas a partir do pavimento.

O uso de do fluxo laminar requer cuidado na sua avaliação. Pois o uso de um fluxo “laminar” vertical com velocidade elevada, ou o uso de uma “saia” baixa, bem como os tectos difusores com grandes caudais, pode gerar efeitos equivalentes aos descritos para o sistema convencional.

Assim, “pelas razões apontadas, parece preferível a utilização do sistema fluxo “laminar” com baixa velocidade (25 a 30cm/s) e caudal variável, que permite proteger eficazmente o campo operatório sem o risco de criar turbulências indesejáveis”. [57]

## 13 Cap. 2 – CONCRETIZAÇÃO DO OBJECTIVO

### 13.1 Introdução

No capítulo anterior foi dado a conhecer um conjunto de elementos a considerar no projecto de um bloco operatório e em particular numa sala de operação.

Apesar da pretensão de que esse conjunto fosse o mais abrangente possível fica o reconhecimento de que o número de variáveis em jogo é maior. Deste facto damos conta ao recordar, por exemplo, a necessidade de agrupar e classificar as diversas cirurgias de modo a restringir o número de salas de operação. Ou que o planeamento de uma sala para operações cirúrgicas é também função do número de intervenções a praticar, do número de horas de funcionamento do bloco operatório, do número de dias de permanência na unidade hospitalar, antes e depois da intervenção, ou ainda da dimensão das equipas médica e de auxílio.

Outros parâmetros e indicadores podem ainda ser considerados, no entanto, neste estudo vamos apenas referir alguns, dos quais salientamos as cargas internas, as condições exteriores a as condições interiores, pela sua influência na dimensão da instalação e no consumo energético.

#### 13.1.1 CONDIÇÕES DE CÁLCULO

##### Tipo de sala

Como arquitectura tipo para estudo, vamos considerar um bloco operatório orientado a sudoeste, com cinco salas de operação, duas do tipo A e três do tipo B, conforme Figura 11. O exemplo considerado é uma adaptação de um bloco operatório utilizado por uma empresa especializada Alemã (Weiss Technik) para ensaios.

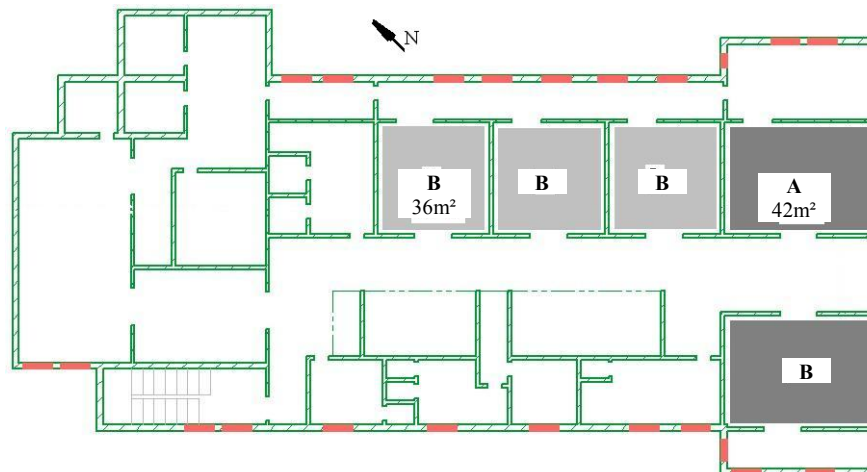


Figura 11 – Bloco operatório tipo

Vamos considerar a norma DIN 1946-4, para definir a classe quanto ao tipo de cirurgia a praticar em cada sala, i.e., salas para cirurgias de classe I (com alto ou elevados requisitos de esterilidade) e salas para cirurgia de classe II (com nível normal de esterilização)

Na sala do tipo B, para cirurgias do tipo II, com 36m<sup>2</sup>, vamos considerar uma exigência de limpeza da classe ISO 8 (cirurgias convencionais), enquanto que na sala do tipo A, para cirurgias do tipo I, com 42m<sup>2</sup>, o grau de limpeza a considerar é ISO7 ou mesmo ISO 6 ou ISO 5 (cirurgia ortopédica).

### **Área de Insuflação**

A área de insuflação inclui a área de operação, em que tem lugar toda a actividade associada à cirurgia, e a área de protecção, com requisitos de limpeza do ar menos exigentes e que envolve a primeira de modo a reduzir ou eliminar a passagem de partículas do ambiente para ferida cirúrgica.

A experiência operativa refere que nalguns casos se produzem turbulências na zona do paciente (área de operação) se o fluxo “laminar” tiver uma dimensão superior a 2,8x2,8m.

No estudo vamos considerar como referência, de acordo com as soluções apresentadas pela empresa Weiss Technik, uma área da zona de operação de 1,6x0,6m para a sala tipo B e de 2,8x2,8m para a sala tipo A, inseridas num perímetro de protecção com 0,4m de largura.[58]

(OBS: o tecto de 1,6x0,6m por obrigar a velocidade elevadas foi posteriormente redimensionado)

### **Equipa Médica**

Uma equipa médica é composta em geral por um anestesista, um enfermeiro anestesista, um cirurgião, um ajudante de cirurgião, um enfermeiro circulante, um enfermeiro auxiliar (sujos) e, quando autorizado, dois estagiários no máximo.

No hospital do Tâmega, por exemplo, cada sala operatória tem uma equipa cirúrgica composta por: 2 ou mais Cirurgiões, 1 Anestesista, 3 Enfermeiros (instrumentação, apoio à anestesia e circulante) e 1 Auxiliar de acção médica.[59]

No estudo sem particularizar qual ou quais as especialidades presentes vamos considerar que a equipa é composta por 5 pessoas, para o sala de operação do tipo B, e por 7 pessoas, no caso da sala de operação tipo A.

### **Cargas Internas**

As cargas internas são devidas sobretudo à equipe médica, ao paciente, aos equipamentos e à iluminação com predominância das cargas sensíveis.

É o utilizador e o higienista quem melhor pode informar sobre as necessidades de ar. Contudo numa sala operatória o caudal necessário depende sobretudo do calor a remover deste espaço. Em geral, uma carga térmica a remover de uma sala de operações é de 3 a 4kW. [60]

Na Tabela 28 apresenta-se um resumo dos ganhos e perdas para três áreas dum bloco operatório baseado no regulamento Escocês SHTM2025 (Scottish Health Technical Memorandum 2025).

No caso em estudo vamos considerar uma carga total de 3,75kW (carga sensível de 2400W e carga latente de 1350W) para a sala tipo B e uma carga total 5,05kW (carga sensível de 3150W e latente de 1900W) para a sala tipo A. (ver Anexo II). O factor de calor sensível local é de 0,63 no sala de operação do tipo A e de 0,64 na do tipo B.

As cargas internas consideradas encontram-se dentro dos valores previstos pelas recomendações e boas práticas.

Sala	Item	Ganhos Típicos (Watts)	
		Summer (S)	Winter (W)
Operação	8 pessoas a 150 W/p <sup>(a)</sup>	1 200	1 200
	Iluminação – geral	750	750
	Iluminação – operação	1 000	1 000
	Roupa	250	-750
	Equipamento <sup>(b)</sup>	1 000	1 000
Total		4 200	3 200
Preparação	1 pessoa a 150 W/p	150	150
	Iluminação – geral	140	140
	Roupa	60	-160
	Equipamento	0	0
Total		350	130
Anestesia	3 pessoas a 150 W/p	450	450
	Iluminação – geral	300	300
	Roupa	150	-280
	Equipamento	100	100
Total		1000	570

**Notes:**

a. typical maximum;

b. includes full patient monitoring, video monitors, diathermy, etc. To be taken into account for selecting the cooling plant.

Tabela 28 – Perdas e ganhos em salas operação standard

### Lâmpada cirúrgica (Foco)

“Uma má localização da lâmpada cirúrgica pode perturbar o escoamento e os resultados e permitir a deposição de partículas” na ferida cirúrgica. Por não ser este o objecto do estudo

vamos considerar que a localização da iluminação não perturba o escoamento. No entanto relembra-se que “a localização da lâmpada médica é considerada crítica.”[13]

### **Número de Operações vs Número de Salas de Operação**

O número de salas de operação de classe II necessárias pode ser estimado. [61]

Se considerarmos um tempo por cirurgia de 1,6 a 2 horas (caso geral) e um número de operações previstas de 8000 por ano, tem-se que o número máximo de horas de operação por ano é de 16000 h.op/ano.

Sabendo que o número de horas disponíveis para operar, com feriados e fins de semana incluídos, é de 1920 h/ano/SO ( $8\text{h}/\text{dia} * 5\text{dias}/\text{sem} * 48\text{sem}/\text{ano}$ ), obtém-se que o número de salas de operação necessárias é de 9 ( $16000/1920=8,33$ ).

Um número de 1800 a 2000 de cirurgias por sala de operações por ano é apontado como referência nalguns países. As recomendações de boas práticas referem que a utilização ideal das salas de operação deve ser de 90% , no entanto uma boa utilização da sala de operação situa-se entre os 80% e os 85%.

Considerando por exemplo um numero de 1250 ou 3000 cirurgias por sala de operação por ano, para cirurgias de classe I e da classe II, respectivamente, são necessárias duas camas (ou salas de operação) no primeiro caso e três no segundo ( $(3000\text{cir}/\text{c.ano} * 2\text{h}/\text{cir})/1920\text{h}/\text{ano}$ ).[61]

Em Portugal, os dados dos Hospitais da Universidade de Coimbra (HUC) referem que no Bloco Operatório Central são intervencionados mais de 7.000 doentes por ano para além dos 19.000 que são intervencionados nas 17 salas em blocos periféricos das especialidades

O Serviço de Bloco Operatório Central, dos HUC, é constituído por 12 suites operatórias e uma zona de "Transfer". Sendo que cada suite é composta por uma sala de indução anestésica, uma sala de apoio e uma zona de lavagem, para além da sala de operações.[62]

De acordo com estes dados tem-se uma média anual de 580 cirurgia por sala de operação do Bloco Central, e de 1120 cirurgias por bloco de especialidade.

O hospital do Tâmega, no ano de 2005, foram realizadas 7632 cirurgias, distribuídas pelas especialidades cirúrgicas em cirurgia programada e cirurgia de urgência.[59]

### **Funcionamento**

As salas de operação normalmente funcionam entre 8 a 12 horas por dia (exceptuam-se os centros de traumáticos e as emergências).

No entanto, para a avaliação do consumo energético, recomenda-se como horário de projecto, uma utilização de 24h por dia durante todo o ano, i.e., bloco sempre disponível.

## **Arranque**

O arranque da instalação de uma sala de operação deve ser assegurado pelo menos 30min. antes da cirurgia ter lugar. O tempo necessário para a remoção da contaminação aérea depende do número de renovações de ar, por exemplo para um número de 2 renovações de ar por hora, e uma eficiência de filtragem de 99%, o tempo de remoção é de 69minutos e de 207minutos no caso de uma filtragem de 99,9%. Aumentando para 10 o número de renovações de ar por hora o tempo de remoção necessário é de 28min e de 41min, respectivamente. No caso de se considerar 20rph são necessários 14 min para uma filtragem a 99% e de 21min. para 99,9%. [63, 17] (ver Tabela 8)

## **Paragem**

Por razões energéticas (e económicas) o sistema de climatização deve prever uma redução total ou parcial no fornecimento de ar sempre que possível.

Fora das horas de serviço é necessário assegurar o funcionamento da instalação de ventilação das salas de operação de modo a evitar a contaminação destas com ar proveniente de outras zonas, bem como o fecho das comunicações que sejam necessárias para o funcionamento normal das salas (portas, janelas, registos, etc.).

Os períodos de limpeza e manutenção das salas de operação consideram-se como tempos de funcionamento, isto é, devem manter-se o mesmo número de renovações que durante o funcionamento normal.

A instalação deve estar preparada para que em caso de falha do ventilador de impulsão o ventilador de retorno se desligue simultânea e automaticamente, de modo a evitar a inversão do fluxo de ar.

O único parâmetro de controle fora das horas de serviço é a temperatura. [17]

Nalguns países é recomendado que quando o bloco operatório não se encontra em funcionamento, a insuflação deve ser reduzida a 30% da condição de funcionamento. Neste caso ventilador de extracção deve ter duas velocidades para que a exaustão possa ser também reduzida a 30% do caudal nominal de extracção de modo a não alterar a cascata de pressão.

Na Alemanha, por exemplo, quando o bloco não é utilizado é normal reduzir o caudal insuflado entre 15 a 50%, enquanto que regulamentação Austríaca permite que se desligue o sistema de ventilação. Já nos EUA, de acordo com o Centro de Controle de Doenças (Center of Disease Control – CDC) os sistemas AVAC que sirvam gabinetes e áreas administrativas podem ser desligados por razões de poupança de energia, no entanto esta paragem não deve afectar a diferença de pressões existente nas salas de operação. Na Grécia o caudal pode ser reduzido a 30% do caudal insuflado durante os períodos de inactividade [63].

## Modelo de Sala Limpa

Numa sala limpa comum a insuflação do ar é filtrado é feita através do tecto correspondente à área de insuflação, e a extracção através do pavimento ou na parede a baixo nível. A razão principal desta solução é manter um escoamento descendente, resultante dum fluxo unidireccional, que varre a zona de trabalho e reduz a turbulência. Na Figura 12 encontra-se representada uma sala de classe 100 com cobertura total do tecto pelo filtro.

Na prática a unidade de tratamento ar novo fornece, e mantém a pressão com 100% de ar novo tratado. A unidade de tratamento de ar novo (UTAN) é projectada para satisfazer as cargas sensível e latente do ar exterior.

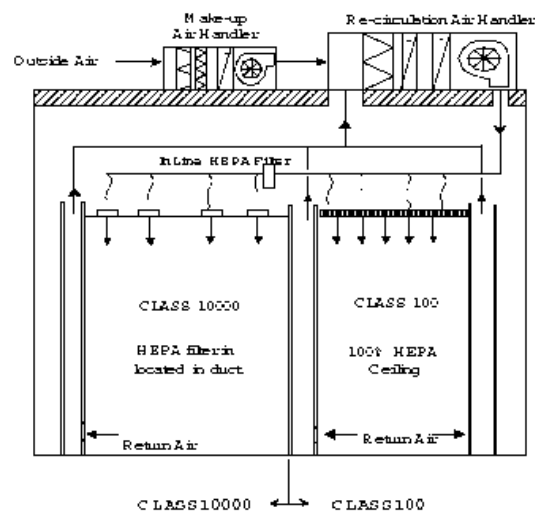


Figura 12 – Modelo de sala limpa [10]

Esta unidade alimenta uma ou várias unidades de recirculação (UTA's) que removem o calor sensível libertado pelos ocupantes e pelos equipamentos.

### 13.1.1.1 Condições Exteriores

#### Temperatura de projecto

Como localidade referência, de estudo, foi considerada a cidade de Évora, por apresentar temperaturas exteriores mais elevadas assim como as amplitudes térmicas.

Para determinação da temperatura exterior de projecto foram consideradas as normais climatológicas correspondentes a 1971-2000 (Anexo I) de algumas localidades em Portugal, as temperaturas as propostas pela base de dados “Weather”, contida no programa de simulação dinâmica Hourly Analysis Program (HAP v4.31), da Carrier, referidas na Tabela 29, e a seguinte expressão empírica, normalmente utilizada como critério para conforto:

$$\text{Temperatura de projecto: } T_{\text{proj}} = (2T_{\text{med max}} + T_{\text{máx abs}}) / 3$$

A referida base de dados (segundo o manual 2001 ASHRAE Handbook), considera uma probabilidade 0,4% de não ocorrência de temperaturas superiores ao valor normal, durante o Verão, e uma probabilidade de 99,6% de ocorrência de temperaturas inferiores ao valor normal, durante o Inverno. O intervalo de temperaturas proposto contém a gama de normais climatológicas de referencia das cidades de Portugal continental e ilhas apresentados pelo Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG) (Anexo I), pelo que as potências calculadas majoram as potências locais.

Local	Tmed max	Tmáx abs	Tproj*	Normais Climatológicas	HAP /ASHRAE
Beja	32,8°C (Jul)	45,2°C (Jul)	36,9°C	1971-2000	
Portalegre	29,8°C (Jul.)	40,4°C (Jul.)	33,3°C		
Bragança	28,5°C (Ago)	38,8°C (Jul)	31,9°C		33,3 °C (3,3°C)
Lisboa	27,8°C (Ago.)	40,6°C (Jul.)	32,1°C		33,9 °C (3,9°C)
Porto	25°C (Jul)	38,7°C (Jun)	29,6°C		30 °C (1,7°C)
Coimbra	28,5°C (Ago.)	41,6°C (Jun)	32,9°C		33,9 °C (1,7°C)
V R S António	30°C (Jul)	41,7°C (Ago)	33,9°C		
Porto Santo	25°C (Ago)	35,3°C (Ago)	28,4°C		
<b>Évora</b>	24,2°C (Ago.)	31,3°C (Ago)	26,7°C		1961-1990
Faro	22,3°C				31,7 °C (5°C)
Funchal					27,2°C(11,7°C)
Lajes					26,7°C (7,8°C)

\*) calculada para comparação

Tabela 29 –Temperaturas de projecto

As condições exteriores consideradas são assim: temperatura seca exterior 35,6 °C no Verão e de 2,8 °C no Inverno e temperatura húmida exterior de 20,0 °C no Verão e de 0,6 °C no Inverno.

A consideração dum intervalo alargado da temperatura de projecto permite definir um sistema tipo - afinal o nosso objectivo - maior e com maior capacidade que os casos a prever no futuro dado que, para a mesma massa de ar, a uma redução da diferencial de temperaturas (ambiente e exterior), corresponde uma menor potência para arrefecimento do ar a insuflar, ( $Q=m.c_p. \Delta t$ ).

O caudal a insuflar é função das cargas internas a remover e do diferencial entre a temperatura interior e a temperatura de insuflação.

Com a consideração desta gama de temperaturas exteriores prevê-se não aumentar a probabilidade do sistema deixar de funcionar, por insuficiente capacidade, numa situação de urgência ou durante a ocorrência de temperaturas fora das normais.

### 13.1.1.2 *Condições Interiores*

#### **Temperatura e Humidade**

A temperatura interior desejável deve ser de 20 a 24°C. Nos casos em que o conforto do paciente e/ou condições médicas o exijam deve ser considerado o uso de temperaturas mais altas ou inferiores, como por exemplo em procedimentos especializados, de cirurgia cardíaca ou de cirurgia pediátrica.[63]

A gama da temperatura interior considerada no estudo é de 20 a 24°C em qualquer das salas, sendo que no caso da sala do tipo A a unidade de tratamento de ar deve estar preparada para responder a uma solicitação de 17°C.

A humidade ambiente influencia muito os consumos do equipamento de climatização.

O nível recomendado de humidade relativa, de acordo com a regulamentação e normalização internacionais, é 30% a 60% [63]. A norma Francesa NF S90-351, por exemplo, recomenda um intervalo de 45% a 65%.

Em face dos valores propostos pelas diferentes normas e regulamentos (Tabela 26), foram consideradas como condições interiores uma temperatura de 20°C±2°C e uma humidade relativa média de 50% ±10% , para os diferentes tipos de sala operação previstos no estudo.

#### **Temperatura de insuflação**

Um critério geral para temperatura de insuflação em condições de conforto aplicável aos gabinetes e espaços administrativos é dado pelo menor dos dois valores ( $T_{\text{sala}} - \Delta T \geq 15^\circ\text{C}$  com  $\Delta T_{\text{max}} = 8^\circ\text{C}$  (insuflar à temperatura mais baixa) [ACSS].

O caso em estudo a temperatura de insuflação é determinada pela carga térmica a remover e pelo caudal máximo a estabelecer pela dimensão do tecto.

O diferencial entre a temperatura da sala e a temperatura de insuflação que vamos considerar no estudo, e recomendado para as salas de operação, é de 1°C a 2°C.

#### **Velocidade do escoamento**

A velocidade de insuflação é um dos factores mais importantes no controle da dispersão das partículas infecciosas em suspensão.[13]

A velocidade deve ser mantida num dado intervalo de modo a evitar a formação de vórtices ou turbulência que causam a mistura e a dispersão das bactérias e partículas em suspensão. No escoamento unidireccional, segundo alguns autores, deve ser garantida uma difusão com 12,7 a 17,8cm/s de modo a manter ao escoamento laminar e minimizar a intensidade dos vórtices [63].

Para o caso em estudo, seguiu-se a aproximação normal ao projecto duma “sala limpa”. Assim, para cálculo do caudal de ar necessário para remoção das cargas internas, no caso da sala do tipo A, vamos considerar um regime Bifluxo (unidireccional com velocidade menor na periferia ou “exponencial” segundo alguns autores) com uma velocidade de 46,0cm/s na zona de operação e uma velocidade de 25,0cm/s na área de protecção. No caso da sala do tipo B, vamos considerar um regime Unifluxo (unidireccional) com uma velocidade à saída do tecto filtrante de 0,25m/s.

### Caudal

O caudal de ar insuflado é o necessário para remover as cargas térmicas. A fracção de ar exterior permite determinar o grau de recirculação; um valor baixo de renovação de ar significa uma taxa de recirculação alta e um valor alto uma taxa de recirculação baixa. 100% ar exterior significa que não existe recirculação de ar de retorno através da unidade de tratamento.[64]

As unidades de tratamento de ar novo para uso comercial ou para habitação admitem, em geral, 10 a 40% de ar novo.

O caudal necessário à remoção das cargas internas é obtido através da utilização da equação:

$$Q = m \cdot \Delta H \text{ [kW]}$$

Assim para as salas do tipo B e A, com uma carga interna total de aproximadamente 3750W e 5000W, respectivamente, serão necessários aproximadamente 11500 m<sup>3</sup>/h e 15000 m<sup>3</sup>/h para uma diferença de temperaturas de aproximadamente 1°C.

cp [kJ/kg°.K]		Q [kW]		m		V	
				Q [kW]	$\Delta T$ [°K]	[kg/s]	m <sup>3</sup> /h
Sala Tipo	B	3,75	1	3,73	11420	3170	
			2	1,87	5640	1570	
	A	5	1	4,98	15050	4180	
			2	2,49	7520	2090	

cp – calor específico Q – carga térmica,  $\Delta T$  - diferencial de temperatura, m – caudal mássico, V – caudal volumico, v –volume específico (0,84 m<sup>3</sup>/kg)

### Extracção

As salas de operação devem estar em pressão positiva em relação aos corredores e outras áreas adjacentes. O ar filtrado deverá ser introduzido na sala pelo tecto e extraído perto do chão.

A insuflação vertical, em salas de operação, com extracção nos quatro cantos, à razão de 2/3 na parte inferior e 1/3 na parte alta, permite realizar na sala uma boa lavagem e garante uma excelente diluição da contaminação e de remoção das partículas libertas pela equipa cirúrgica e pelo doente .

## Filtragem

A construção das unidades de tratamento de ar para as salas de operação, de acordo com as especificações técnicas ET 08/2006, da ACSS, deve considerar três estágios de filtragem. Um pré filtro F5 ( $40% < Em < 60%$ , EN 779,  $\Delta P = 250 \text{ Pa}$ ) à entrada da UTA, um filtro F9 ( $Em < 95%$ , EN 779,  $\Delta P = 450 \text{ Pa}$ ) à saída da UTA, uma filtragem H14 ( $99,995%$ , EN1822,  $\Delta P = 450 \text{ Pa}$ ) à entrada da sala (tecto) e uma filtragem G4 ( $Am < 90%$ ,  $\Delta P = 250 \text{ Pa}$ ) na extracção.

Na unidade de tratamento e neutralização de ar novo vamos considerar um pré filtro F5 à entrada da UTANN e um filtro F7 ( $80% < Em < 90%$ ,  $\Delta P = 450 \text{ Pa}$ ) à saída

## Pressão

Cada sala de operação deve dispor dum sistema de tratamento de ar com regulação da pressão, dado que, no caso de cirurgias de classe I a sala deve estar em sobrepressão, em isopressão no caso de cirurgia de classe II ou III e em depressão no caso duma cirurgia de classe IV.[65].

No caso em estudo vamos considerar uma diferença constante, e igual a  $600 \text{ m}^3/\text{h}$ , entre o caudal insuflado e o caudal extraído. A sobrepressão é de 4% e 6%, respectivamente, para as salas A e B.

## Nº Renovações e Recirculações de ar

O número de recirculações é dado pela razão entre o caudal insuflado e o volume da sala.

O número de renovações é dado pela razão entre o caudal de ar novo e o volume da sala, no caso do escoamento não-unidireccional, ou pelo volume da zona de intervenção (protecção e operação), no caso do escoamento laminar.

### Número de recirculações

$$rec = \frac{\dot{V}_{insuf}}{V_{SALA}}$$

### Número de renovações

$$rph = \frac{\dot{V}_O}{V_{SALA}}$$

Cada sala operatória deve ter a sua unidade de tratamento de ar independente [21]. O sistema de ventilação de uma sala de operações convencional deve manter um mínimo de 15 mudanças de ar por hora [21, 33]

No caso em estudo, ao caudal de ar novo considerado,  $1200 \text{ m}^3/\text{h}$ , corresponde um numero de recirculações aproximado de 120 para a sala tipo A e de 95 para a sala tipo B e um renovações de ar de 10 e 11, respectivamente, para as salas do tipo A e B.

## Humidificação

Para sistemas de climatização para salas operatórias só é admissível a humidificação por vapor.

## Resumo

- Localidade: Évora
  - Temperatura seca Exterior (°C) – 35,6 (Verão) 2,8 (Inverno)
  - Temperatura húmida Exterior (°C) – 20,0 (Verão) -0,6 (Inverno)
  
- Bloco tipo II
  - Temperatura Seca Interior (°C) – 22 [20° a 24°C]
  - Humidade Relativa Interior (%) – 50
  - Caudal de Ar novo (m<sup>3</sup>/h) – 2400
  - Carga Térmica Total (kW) – 3750
  - Carga Térmica Sensível (kW) – 2415
  - Diferencial de temperatura (°C) – 1
  
- Bloco tipo I
  - Temperatura Seca Interior (°C) – 20 [18° a 25°C]
  - Humidade Relativa Interior (%) – 50
  - Caudal de Ar novo (m<sup>3</sup>/h) – 1200
  - Carga Térmica Total (kW) – 5000
  - Carga Térmica Sensível (kW) – 3163
  - Diferencial de temperatura (°C) – 2
  
- Altitude: 321m (ao Nível do mar o caudal será menor)

Com estes dados é possível determinar, para cada sala, a:

- Temperatura equivalente de superfície (ADP)
- Factor de By-Pass
- Capacidade Frigorífica Total da bateria de frio
- Capacidade Frigorífica Sensível da bateria
- Factor térmico da evolução na bateria
- Capacidade Desumidificadora da bateria

### 13.1.2 RESULTADOS E ANÁLISE

Embora as boas práticas limitem a recirculação do ar de uma sala de operação a um taxa de 80% (20% de ar novo) e a avaliação da equipa de higiene e do anestesista deva ser ouvida, sobre os gases anestésicos utilizados e as necessidades de ar novo desejáveis, vamos considerar, no caso em estudo, um caudal de 1200 m<sup>3</sup>/h para os dois tipos sala, A e B, para cirurgias dos tipos I e II respectivamente.

De acordo com as recomendações dos especialistas da Société Française d'Hygiène Hospitalière (SFHH) uma renovação de 6 volume por hora é suficiente para remover a contaminação e os gases anestésicos. No caso das salas em estudo a renovação será portanto de 650 m<sup>3</sup>/h e 750 m<sup>3</sup>/h [66]. Estes caudais são da mesma ordem de grandeza que os recomendados pelas especificações técnicas ET06/2008, da Autoridade Central do Sistema de Saúde (ACSS), que refere para os blocos operatórios, um caudal de 100 m<sup>3</sup>/h por ocupante com um mínimo de 600 m<sup>3</sup>/h.

Em todos os casos, face às diferentes abordagens, recomenda-se a confirmação dos caudais de ar novo (para diluir os gases anestésicos) a propor, nas futuras instalações. Ao baixar o caudal de ar novo reduz-se o consumo da unidade de tratamento de ar e neutralização central (UTANN).

Nos sistemas de ventilação por diluição, só a insuflação de ar novo permite garantir que a concentração dos gases e vapores na área do anestesista e de operação se encontra abaixo do limite de toxicidade. No caso do halotano, por exemplo, os estudos revelaram que a concentração é máxima junto à fonte emissora (local do anestesista) e que, nalguns casos, atinge valores 10 vezes acima do limite de toxicidade, sendo pois necessário proceder à sua diluição de modo a não afectar a equipe médica.

A existência destes gases e vapores deve ser sempre considerada, dada a dificuldade de os remover na sua totalidade.

No caso em estudo, o caudal de ar novo considerado, é o caudal mínimo recomendado pela norma Alemã DIN 1946, para diluição dos gases anestésicos e dos vapores desinfectantes não removidos pelos filtros. O caudal mínimo de ar novo recomendado tem igualmente em consideração outras substâncias utilizadas na sala operatória, tais como os desinfectantes e soluções de limpeza.

De notar que quando forem utilizados outros tipos de ventilação os caudais, de ar novo são diferentes, pelo que, deve ser assegurado que o limite máximo permitido das concentrações dos gases e vapores utilizados e libertos não é ultrapassado, na área do anestesista e de operação.

Os anestésicos actuais são não explosivos ou inflamáveis pelo que as salas de operação são classificadas como “não AIA” (AIA- anestésicos inflamáveis autorizados).

Como muitas das infecções hospitalares dependem da própria flora do paciente (pele, ou órgãos contaminados), nestas situações, a qualidade do ar do ambiente da sala de operações assume um papel secundário. No entanto, são requisitos fundamentais na cirurgia moderna, mesmo nas intervenções ao aparelho digestivo, a esterilização dos instrumentos e a não contaminação aérea dos instrumentos.[67]

A definição do caudal de ar novo permite dimensionar a unidade central de tratamento e neutralização de ar novo (UTANN) e a unidade de tratamento dedicada (UTA), para remoção da carga interna, bem como o troço de conduta de ligação entre estas duas unidades.

A correcção do caudal de ar novo, nas UTA's, pode ser obtida através de registos, instalados na rede de distribuição de ar, a montante da unidade, ou da variação da velocidade do ventilador de insuflação. (OBS.:A variação de velocidade já é exigida actualmente nas ET 06/2008, da ACSS)

Assim, comparando as seguintes recomendações de ar novo para as sala de operação

Tipo de escoamento		Caudal de ar novo	Fonte
		100 m <sup>3</sup> /h.ocup (min 600 m <sup>3</sup> /h)	segundo ET 06/08
		30m <sup>3</sup> /h	DL 79/06
Unidireccional	Bifluxo	1200m <sup>3</sup> /h (min)	DIN 1946
Não- unidireccional	Unifluxo	1200m <sup>3</sup> /h (min)	DIN 1946

e as seguintes exigências mínimas de renovação (AN)

fonte		Sala B (106m <sup>3</sup> )	Sala A (126m <sup>3</sup> )
ET 06/08	100 m <sup>3</sup> /h (minimo 600 m <sup>3</sup> /h)	600	800
SFHH	6 rph/h (minimo) a 15 rph/h	636	756
Ultraclean OR	16 a 20 rph	1700 a 2120	2000 a 2520

propõe-se que o caudal de ar novo a considerar seja de 1200m<sup>3</sup>/h, quer nos sistemas que utilizam escoamento Bifluxo destinados às salas do tipo A, para cirurgia do tipo I , quer nos sistemas que utilizam escoamento Unifluxo destinados às salas do tipo B, para cirurgia do tipo II.

### Extracção

Deve ser prevista filtragem nas grelhas de exaustão, em particular devido à utilização de roupas em tecido convencional (algodão). Para além disso este meio filtrante impede a passagem de insectos que muitas vezes entram na sala de operações através das grelhas de extracção [65].

Na solução proposta considera-se uma filtragem G4 em conformidade com as especificações técnicas ET06/2008, da ACSS.

Como os grandes diferenciais de pressão podem gerar remoinhos, por exemplo, com a abertura de portas, propõe-se uma extracção de equilíbrio de 600 m<sup>3</sup>/h, para garantir a hierarquia de pressões através das grelhas de transferência, e uma extracção de 600 m<sup>3</sup>/h através do ventilador de extracção de sujos e das portas. O caudal para equilíbrio de pressões entre espaços adjacentes é, no caso considerado, de aproximadamente 4% do caudal de insuflação na sala tipo A e de 15% do caudal de insuflação na sala tipo B.

### Sobrepessão:

$Q_{in}-Q_{out}$	fonte	valor
15 a 20Pa	NF 90-351	
150 a 200l/s (540 a 720m <sup>3</sup> /h)	Queensland Hospital	
$Q_{in}-Q_{out} = 0,1 Q_{in} > 25l/s$ (90 m <sup>3</sup> /h)	ASHRAE salas Limpas	
3% a 8% volume sala	PhHcenter	10m <sup>3</sup> (126m <sup>3</sup> )
15% excesso ar	1999 ASRAE Applications	180m <sup>3</sup> (1200m <sup>3</sup> /h)
12 a 20Pa (10% a 15% $Q_{in}$ )	1999 ASRAE Applications	
600 m <sup>3</sup> /h	considerado a) b)	

a) Grandes diferenciais de pressão podem gerar remoinhos com a abertura de portas b) Precisão no controle da pressão, em geral:  $\pm 2$  a  $\pm 8$ Pa

### Retorno

A solução considerada para o retorno, no caso em estudo, foi de 2/3 junto ao pavimento (inferior) e 1/3 junto ao tecto (superior) para remoção dos gases anestésicos.

Considerou-se também a possibilidade de um pequeno ajuste, por redução e aumento de área, dos caudais parciais de retorno, isto é, considerou-se a possibilidade de uma regulação 70%-30% ou 75%-25% da área de passagem nas grelhas de extracção. Com este ajuste pretende garantir-se um melhor efeito de varrimento pelo escoamento, contrariando o efeito de fluxo ascensional.

As grelhas da extracção inferior devem ficar situadas a 0,75m do pavimento, e ser dimensionadas para uma velocidade de 3m/s.[34]

Assim, propõe-se a aplicação de 8 grelhas de extracção/retorno, 4 inferiores e 4 superiores, equipadas com filtro G4, e possibilidade de regulação da área de passagem numa proporção de (70%-30%) e (75%-25%) referida ao caudal extraído através das grelhas de parede (Figura 13).

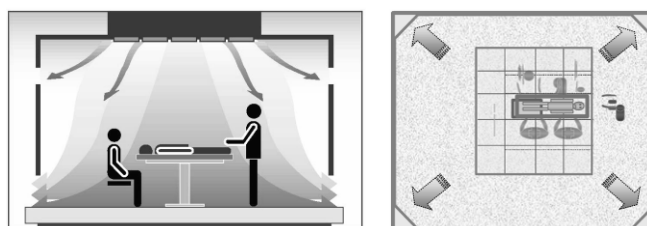


Figura 13 – Extracção e retorno

**Caudais por espaço**

Sala	Espaço	área	Actividade	requisitos OA 1/s.ocup ou [l/(s·m <sup>2</sup> )]	Iluminação geral (3W/m <sup>2</sup> . balastro 1,25) [W]	Iluminação cirúrgica [W]	Equipamento 200W/monitor (5W/m <sup>2</sup> )	Ocupação	actividade	Calor sensível [W]	Calor Latente [W]	Ar novo [m <sup>3</sup> /h]
s I.1	Sala tipo I	36	projecto	665	480	300	800	6	projecto	107	158	665
s I.2	Sala tipo I	36	projecto	665	480	300	800	6	projecto	107	158	665
s I.3	Sala tipo I	36	projecto	665	480	300	800	6	projecto	107	158	665
sII.1	Sala tipo II	42	projecto	335	720	300	1000	8	projecto	107	158	335
sII.2	Sala tipo II	42	projecto	335	720	300	1000	8	projecto	107	158	335
s 01	recobro	72	Quarto	13	216	0	360	12	em repouso	67,5	35,2	561,6
s 04	Preparação	28	Tratamento	8	84	0	0	3	em repouso	67,5	35,2	86,5
s 05	Preparação	21	Tratamento	8	63	0	0	2	em repouso	67,5	35,2	57,5
s 06	Gab Med	12,3	Gabinete	10	36,9	0	61,5	1	Trabalho leve	72	60,1	36
s 07	Armazém	21,2	Farmácia	8	63,6	0	106	1	Trabalho leve	72	60,1	29,0
s 08	Corred esteril	11,2	projecto	[0,5]	33,6	0	0	0	--	0	0	20,0
s 09	Corred esteril	37,1	projecto	[0,5]	60	0	0	0	--	0	0	67,0
s 10	Corred limpo	144,3	projecto	[0,5]	180	0	0	0	--	0	0	260
s 11	Corred comum	43,3	projecto	[0,5]	120	0	0	0	--	0	0	78,0
s 12	vestiário H	24,2	projecto	[1]	120	0	0	0	--	0	0	87,0
s 13	vestiário H	26	projecto	[1]	78	0	0	0	--	0	0	93,6
s 14	Transfer	24,2	projecto	[1]	72,6	0	0	0	--	0	0	87,0
s 15	Gab Med	8,7	Gabinete	10	26,1	0	43,5	2	Trabalho leve	72	60,1	72
s 16	Gab Med	14,3	Gabinete	10	42,9	0	71,5	2	Trabalho leve	72	60,1	72
s 17	Acesso	31,5	projecto	[0,5]	94,5	0	0	0	--	0	0	56,7
		519,3		72,5	1291,2	0	642,5	23			total s/ I,II	1663,6
		711,3		2738,9	4171,2	1500	5042,5	57			total c/ I,II	4330,0

Tabela 30 – Necessidades de projecto

Os caudais de projecto apresentados na Tabela 30 devem ser considerados apenas como referência, pelo que no dimensionamento de novas unidades de tratamento de ar novo para blocos operatórios, deve atender-se sempre às recomendações nacionais e internacionais bem como ao caderno de encargos.

Os caudais de ar novo, excepto da sala de operações, devem satisfazer sempre as recomendações das entidades competentes para cada local em particular.

### Cargas internas

Alguns autores consideram uma carga interna sensível total a remover de 3000W. No caso em estudo foram considerados valores um pouco superiores, 5050W e 3750W para as salas do tipo A e B respectivamente. Os valores considerados referem-se à carga total e reflectem diferentes potências de iluminação, número de ocupantes e consideram o calor latente liberto pelos ocupantes, incluindo o doente.

Os valores obtidos por simulação apresentam necessidades um pouco maiores, 6,9kW e 5,2kW para as salas tipo A e B respectivamente, pois tem também em consideração o feito da localização da sala e a sua orientação, bem como a inércia do edifício e tipo de envolvente.

As carga a remover por espaço, obtida por simulação (HAP v3.6), para os casos com e sem ar novo, são as apresentadas na Tabela 31:

Espaço	Sala	Ocupação	Actividade	Simulação			
				arref com AN		arref sem AN	
				q <sub>t</sub> [kW]	q <sub>s</sub> [kW]	q <sub>t</sub> [kW]	q <sub>s</sub> [kW]
sI 1, 2, 3	Sala tipo B	6	user	11	11	5,2	4,4
sII.1, 2	Sala tipo A	8	user	12,3	12,3	6,9	5,7

Tabela 31 – Necessidades de simulação

Em face dos valores apresentados, e até uma melhor validação, propõe-se considerar uma carga interna total a remover de 5050W (sensível: Q<sub>s</sub>=3150W) para as salas para cirurgias do tipo I, de 3750 W (sensível: Q<sub>s</sub>=2400W) para as salas para cirurgias do tipo II, e de 2000W para as salas de tratamentos.

### Tipo de escoamento

Alguns autores recomendam que, de acordo com a experiência, é desejável optar por sistemas de fluxo “laminar” de baixa velocidade, 25 a 30 cm/s e caudal limitado, pois permitem varrer com eficácia a sala operatória sem o risco de criar turbulências incontroláveis. [65]

Outros referem que quando se pretende um baixo nível concentração de partículas deve ser utilizado um escoamento unidireccional com uma velocidade de 0,3 a 0,45 m/s, considerada como suficiente para remover partículas relativamente grandes antes destas se depositarem na ferida.

Na prática existem numa sala operatória obstáculos e movimentos de pessoas que perturbam o escoamento unidireccional provocando turbulência e vórtices. A velocidade considerada deve ser

pois capaz de repor o escoamento unidireccional e de diluir adequadamente a contaminação em torno do obstáculo. O escoamento unidireccional fica bem definido pela velocidade do ar, à qual a classe de limpeza é directamente proporcional.

O número renovações de ar por unidade de tempo não deve ser utilizado para definir este tipo de escoamento pois está relacionado com o volume da sala que, normalmente, não tem influência no desempenho do sistema [15].

### Velocidade:

A velocidade de insuflação considerada depende do tipo de escoamento. No caso em estudo as velocidades do escoamento são de 0,28m/s para o escoamento Unifluxo a utilizar nas salas do tipo B, e, para o escoamento Bifluxo a utilizar nas salas do tipo A, 0,47m/s para a zona de operação e de 0,24m/s para a zona de protecção.

Para além da velocidade do escoamento há a considerar a velocidade frontal na bateria de arrefecimento for superior. No caso de esta velocidade ser igual ou superior a 3m/s há necessidade dotar a unidade de tratamento com separadores de gotas e com atenuadores de som, componentes que se pretende suprimir de modo obter uma instalação mais simples e versátil. No caso em estudo vamos considerar 2,7m/s.

### Tecto

Na Tabela 32 apresenta-se uma análise comparativa para o caso escoamento Unifluxo onde, partindo de uma área de tecto de 10,2 m<sup>2</sup>, válida para qualquer tipo de sala, se conclui que uma boa solução de compromisso é dada pela relação: área 5,76m<sup>2</sup>, caudal 5124m<sup>3</sup>/h e velocidade 0,25m/s.

A	v	$\Delta T$	Q	rec/h
[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[°C]	[m <sup>3</sup> /h]	
3,2x3,2	0,28	1,1	10248	95
2,8x2,8	0,25	1,6	7045	65
2,6x2,6	0,25	1,85	6093	56
2,4x2,4	0,25	2,2	5124	47

A - área, v - velocidade,  $\Delta T$  - diferencial de temperatura, Q - caudal

Tabela 32 –Tecto Unifluxo – Quadro comparativo

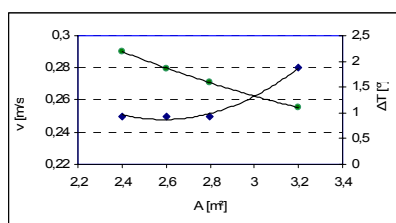


Figura 14 – Veloc. vs  $\Delta T$

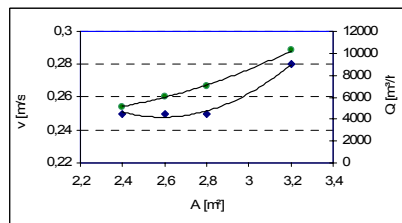


Figura 15 – Veloc. vs Caudal

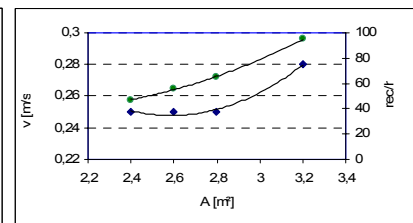


Figura 16 – Veloc. vs rec/h

No caso escoamento Bifluxo (Tabela 33) uma boa relação de áreas de tecto e velocidades é dada por um tecto de 2,5x2,5m (3,2x3,2) com velocidades de 0,47m/s e 0,24m/s e um caudal insuflado de 13964m<sup>3</sup>/h.

A <sub>op</sub> /A <sub>prot</sub>	A [m <sup>2</sup> ]		v [m/s]		ΔT [°C]	Q [m <sup>3</sup> /h]			rec/h
	operação	protecção	operação	protecção		operação	protecção	total	
0,69	2,2	3,2	0,5	0,25	-	-	-	16272	-
0,69	2,2	3,2	0,5	0,27	1,1	8712	5252	13964	111
0,79	2,2	2,8	0,5	0,27	1,32	8712	2925	11637	92
0,86	2,4	2,8	0,5	0,26	1,25	10368	1921	12289	98
0,82	2,3	2,8	0,5	0,3	1,25	9522	2767	12289	98
	2,8	3,2	0,5	0,26	0,94	14112	2229	16341	130
0,88	2,8	3,2	0,5	0,16	1	14112	1249	15361	122
	2,8	3,2	0,47	0,24	1	13265	2096	15361	122
0,81	2,6	3,2	0,5	0,25	1	12168	3193	15361	122
0,87	2,6	3	0,5	0,22	1,1	12168	2055	14223	113
0,87	2,6	3	0,49	0,26	1,1	11925	2140	14065	111
	2,6	3	0,45	0,23	1,2	12801	1849	14650	102
0,80	2,4	3	0,5	0,24	1,15	10638	2832	13470	105
0,75	2,4	3,2	0,46	0,23	1,15	9539	3662	13201	105
0,78	2,5	3,2	0,47	0,24	1,1	10575	3389	13964	111

A-área, v – velocidade, ΔT - diferencial de temperatura, Q - caudal

Tabela 33 –Tecto Bifluxo – Quadro comparativo

A área de operação pode ser melhorada com a ajuda de guias laterais (saías), no entanto, segundo alguns autores, a utilização de um escoamento envolvente de protecção permite não só evitar que o ar ambiente junto ao tecto se misture directamente com o ar que banha a ferida cirúrgica (ar de operação) como permite uma maior liberdade de movimentos da equipe médica.

Nestas circunstâncias parece razoável admitir ser possível reduzir a área de operação mantendo a área de protecção, ou reduzir também a área a área de protecção e aproveitar o efeito das “saías”.

De acordo com vários estudos a área mínima de para escoamento unidireccional é de 3x3m, ou de 2,8x2,8m caso sejam utilizadas guias de escoamento.

Como parâmetros base, para a análise, do tecto para o escoamento Bifluxo considerou-se a recomendação de uma área de operação de 2,8x2,8m contida numa área de protecção com 3,2x3,2m. e as velocidades limite de 0,50m/s e 0,25m/s, na zona de operação e de protecção, a

que corresponde um caudal máximo aproximado de 16300m<sup>3</sup>/h, procedeu-se à variação da dimensão das áreas do tecto, garantindo-se no entanto uma “velocidade de operação” da ordem dos 0,45m/s e uma “velocidade de protecção” próxima de 0,25m/s.

A leitura dos resultados apresentados na Tabela 33 sugere que uma razão de áreas maior conduz igualmente a um caudal mais elevado, 15350 m<sup>3</sup>/h, sendo o melhor par de velocidades a relação, 0,47-0,24m/s. Uma menor razão de áreas reduz o caudal para, 13965 m<sup>3</sup>/h, com um par de velocidades 0,46-0,27m/s. Enquanto que uma razão de áreas intermédia parece sugerir um melhor compromisso entre velocidades e o menor caudal: 2,4-2,8m, 0,5-0,26m/s e 12300 m<sup>3</sup>/h.

Verifica-se igualmente que em qualquer dos casos para garantir uma velocidade de protecção próxima do limite estabelecido o diferencial de temperatura é sempre baixo.

Dada impossibilidade de testar os resultados propõe-se que o tecto filtrante para cirurgia do tipo I, tenha uma área total de 3,2x3,2m contendo uma área de operação com 2,5x2,5m e para cirurgia do tipo II um tecto com uma área de 2,8x2,8m. Em qualquer dos casos recomenda-se a manutenção das “saias” como complemento na protecção à mistura do ar interior com o escoamento de protecção. Na Tabela 34 apresentam-se as características do tecto.

Para as salas de tratamento podem ser utilizados módulos filtrantes.

Características e dimensões	Cirurgia		
	Tipo I	Tipo II	
Caudal insuflado	15500	10500	m <sup>3</sup> /h
Velocidade de saída	0,47 (0,24)	0,28	m/s
Perda de carga à entrada			Pa
Comprimento e largura	3,2x3,2	2,8x2,8	m
Altura			mm
Peso			kg
Quantidade e dimensão dos filtros			mm
Quantidade e dimensão das conexões			mm

Tabela 34 – Caracterização do Tecto

### Tudo ar novo ou com recirculação

No tratamento do ar para a sala de operação são possíveis duas soluções: tratamento de todo o ar novo, com a renovação de todo o ar da sala de operação em volumes por hora, ou tratamento por recirculação do ar da sala de operação em volumes por hora.

A recomendação pela opção por sistemas com recirculação de ar, para as sala de operação, reúne um largo consenso dos especialistas da “Société Française d’Hygiène Hospitalière – SFHH”. [66]

Devemos ter presente que o tratamento do ar constitui apenas uma parte, muito limitada, das medidas preventivas a gerir num bloco operatório [65].

Como solução a adoptar propõe-se a utilização de um sistema com recirculação de ar.

### **Recirculação e Renovação de ar**

O número de recirculações de ar por hora mais recomendado, para manter a sala de operação com pressão positiva é de 20 rec/h, enquanto que as necessidades de ar exterior para manter a qualidade do ar interior deve ser no mínimo de 51m<sup>3</sup>/h.pessoa de acordo com as recomendações ASRAE Standard 62. Requisitos suplementares ou diferentes razões de pressões podem, no entanto, determinar outras taxas de ventilação mínimas e eficiência dos filtros.

A maior parte das recomendações nacionais referem que 20 rec/h como forma de obter 50 a 150 unidades formadoras de colónias por metro cúbico de ar (UFC/m<sup>3</sup>) sendo que cada recirculação, assumindo uma mistura perfeita, reduz a contaminação aérea em 37%.[63]

Por outro quanto maior a recirculação mais o ponto de mistura se aproxima do ponto da sala, i.e., se a recirculação for de 100% só é necessário fornecer uma pequena quantidade de “frio” para compensar os ganhos internos, considerando as fugas sem significado.[68]

As boas práticas limitam a recirculação a taxa de recirculação a 80% o que significa considerar, na prática, uma taxa de ar novo mínima de 20%. A norma Suíça SWKI (1987), por exemplo, recomenda 80 m<sup>3</sup>/h.ocupante.[68]

A taxa de renovação de ar novo pode ser limitada a 60 m<sup>3</sup>/h por pessoa. Sendo que, em geral, se considera como o mínimo uma taxa de 6 vol/h [65].

O número de recirculações de ar por hora obtido é de 111 no caso da sala tipo A e de 47 rec/h no caso da sala tipo B.

O numero de renovações de ar por hora obtido é de 9,5 vol/h no caso da sala tipo A e de 11 vol/h no caso da sala tipo B.

A percentagem de ar novo obtida é de 8% no caso da sala tipo A e de 11,5%no caso da sala tipo B.

### **Humidificação**

Nas instalações de dotadas com bateria de humidificação por vapor, quando a sua utilização não seja necessária esta deve manter-se a desligada pois o acréscimo de energia é significativo, razão pela qual algumas clínicas, na Alemanha por exemplo, mantêm a humidificação desactivada.

Na Humidificação por vapor, a “sensibilidade” do equipamento permite controlar o débito de vapor com mais rigor, no entanto, dada a necessidade de garantir as condições de higiene e

circulação “limpa” do ar pode fazer-se By-Pass à bateria de arrefecimento para controle da humidade relativa.

A eficácia dum sistema com recirculação resulta igualmente do facto de que a recirculação permite corrigir melhor a energia sensível que a energia latente (calor e humidade)

A bateria de humidificação com vapor, dado o seu grande consumo energético, deve ser utilizada apenas em cirurgia cardiovascular. Na solução proposta far-se-á recurso de um By-Pass de modo a que se possa dispensar utilização da bateria de humidificação por vapor.

### **Solução UTANN +UTA**

O sistema para equipar os blocos operatórios proposto como solução é composto por uma, ou mais, unidades de tratamento de ar e neutralização central (UTANN) e várias unidades de tratamento local (UTA), uma por cada sala de operação.

A UTANN trata o ar exterior até às condições interiores enquanto que a UTA corrige o efeito dos ganhos internos, de modo a garantir as condições interiores pretendidas.

O estudo, sem deixar de considerar a da unidade de tratamento e neutralização de ar central, cujo dimensionamento depende da localidade, da quantidade, do número e do tipo de salas de operação, visa sobretudo definir as unidades de tratamento local que constituem as soluções tipo a propor para as salas de operação..

A associação de uma ou mais unidades de tratamento de ar locais será sempre uma opção de projecto, podendo, por vezes, estar condicionada às potências e caudais do mercado ou à arquitectura da unidade de saúde.

### **Dimensionamento das Unidades de Tratamento de Ar**

Para a determinação das potências das baterias e do recuperador vamos considerar o sistema representado na Figura 17, no qual se admite também a possibilidade de By-Pass à unidade de tratamento e neutralização de ar e uma admissão directa do ar exterior para a unidade de tratamento de ar da sala operatória.

A introdução do By-Pass e da admissão directa de ar novo à unidade de tratamento local permite garantir que em caso de falha quer da UTANN e do recuperador, a manutenção das condições interiores não seja afectada.

As condições de exteriores e interiores de consideradas encontra-se marcadas na Figura 18 e são:

- condições exteriores de projecto:

Verão:  $t = 35,6^\circ$  ,  $t_h = 20^\circ$  (50%)

Inverno:  $t = 2,8^\circ$  ,  $t_h = -0,6^\circ$  (50%)

- condições interiores de projecto:

Sala tipo I:  $t = 20^\circ$  , HR= 50%

Sala tipo II:  $t = 22^\circ$  , HR= 50%

Restantes espaços:  $t = 22^\circ$  , HR= 50%

(t – temperatura seca, th – temperatura húmida, HR – humidade relativa)

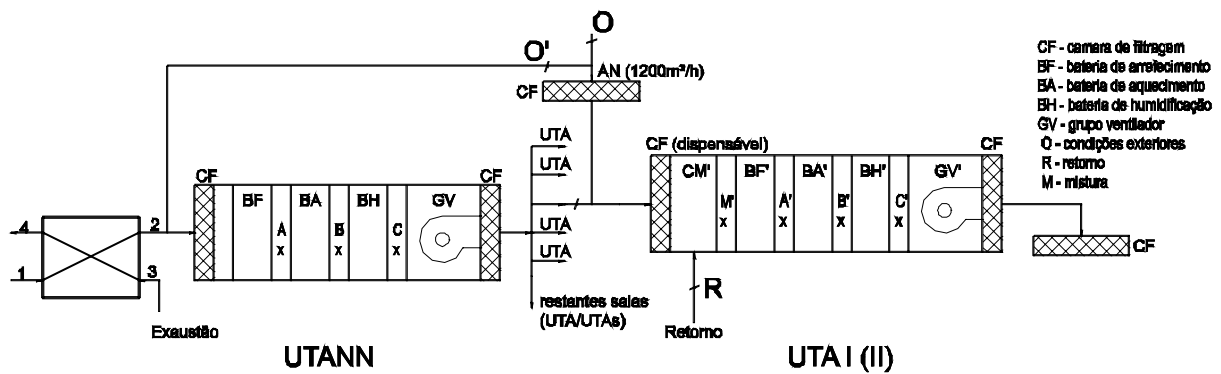


Figura 17 - Sistema de tratamento de ar - proposta

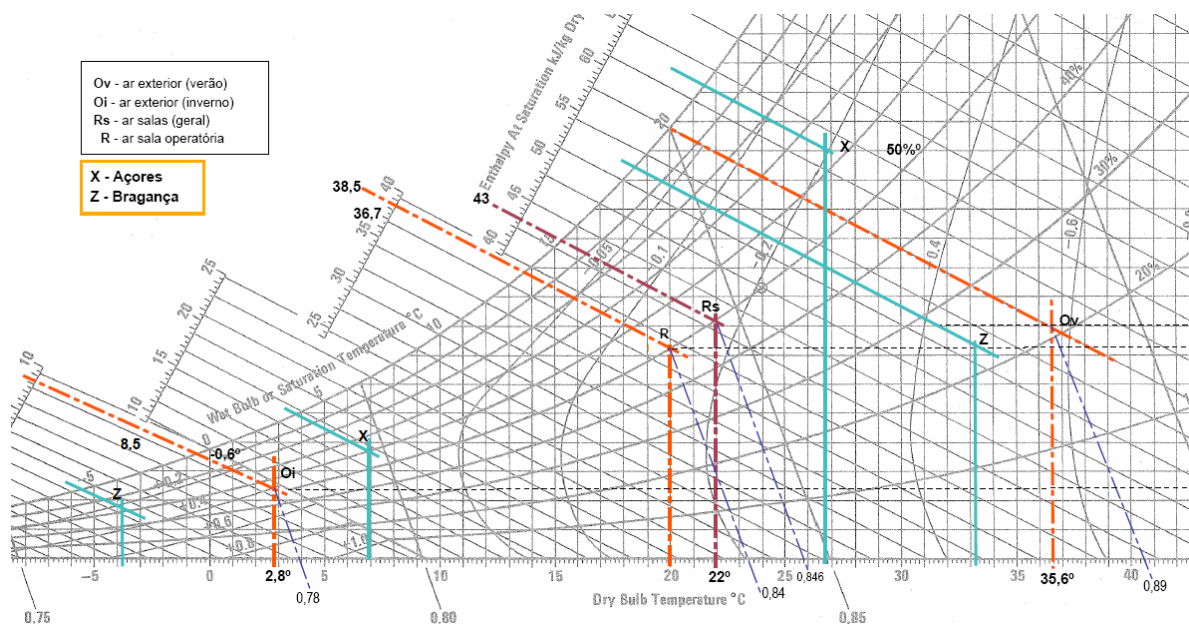


Figura 18 - Condições exteriores e interiores – UTANN, Limites do Território Nacional

#### A) RECUPERAÇÃO AR EXTERIOR / AR EXTRACÇÃO:

Os processos de recuperação de calor encontram-se representados na Figura 19.

Os caudais totais de ar novo e de extracção considerados para o bloco operatório em estudo são:

Caudal de ar novo:  $7650 \text{ m}^3/\text{h}$  (Verão: 2,36 kg/s, Inverno: 2,65 kg/s)

Caudal de extracção:  $6500 \text{ m}^3/\text{h}$  (2,13 kg/s)

Para determinar a temperatura à entrada da bateria de frio,  $t_2$ , é necessário definir o tipo de recuperador e o seu rendimento. Considerando a utilização de um recuperador de placas com um rendimento de 30%, tem-se que o calor máximo teórico que é possível transferir, no Verão, é:

$$q_{\text{máx}} = m_v \cdot (t_{\text{ov}} - t_{\text{Rs}}) = 2,13 \text{ kg/s} \cdot (35,6^\circ - 22^\circ) = 28,97 \text{ kW}$$

pelo que a troca de calor real, atendendo a que a recuperação não é total, é de apenas:

$$q_{\text{real}} = 0,3 \cdot q_{\text{máx}} = 0,3 \cdot 28,97 = 8,69 \text{ kW}$$

sendo as temperaturas de saída do recuperador, para o exterior e para a insuflação, de:

$$\text{Temperatura insuflação à saída do recuperador: } t_{2v} = t_{\text{ov}} + q_{\text{real}} / m_v = 31,52^\circ$$

$$\text{Temperatura extracção à saída do recuperador: } t_{4v} = t_{\text{Rs}} - q_{\text{real}} / m_v = 26,08^\circ$$

Durante o Inverno, considerando a existência de condensação, o calor máximo teórico que é possível transferir é de:

$$q_{\text{máx}} = m_v \cdot (t_{\text{Rs}} - t_{\text{oi}}) = 2,13 \text{ kg/s} \cdot (22^\circ - 2,8^\circ) = 40,90 \text{ kW}$$

pelo que a troca de calor real é de:

$$q_{\text{real}} = 0,3 \cdot q_{\text{máx}} = 0,3 \cdot 40,90 \text{ kW} = 12,27 \text{ kW}$$

e as temperaturas de saída do recuperador, para o exterior e para a insuflação são de:

$$\text{Temperatura insuflação à saída do recuperador: } t_{2i} = t_{\text{oi}} + q_{\text{real}} / m_v = 8,56^\circ$$

$$\text{Temperatura extracção à saída do recuperador: } t_{4i} = t_{\text{Rs}} - q_{\text{real}} / m_v = 16,24^\circ$$

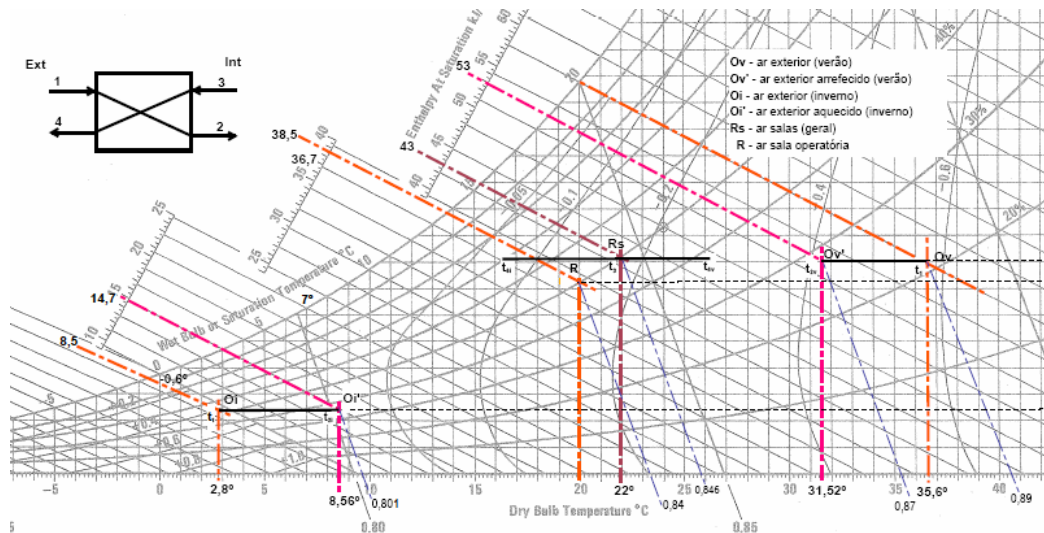


Figura 19 – Processos de recuperação de calor (Verão/Inverno)

## B) UNIDADE DE TRATAMENTO DE AR NOVO E DE NEUTRALIZAÇÃO - UTANN

### Bateria de Arrefecimento – BF<sub>1</sub>

Para definir a bateria de arrefecimento vamos considerar uma temperatura da superfície de contacto de  $7^\circ$  e um factor de contacto de 95% ( $BF=5\%$ ) a que corresponderá um número de 4 fiadas,  $n$ , obtido através da expressão  $FB = 0,46^n$ .

A temperatura de saída da bateria,  $t_A$ , pode obter-se através da expressão:  $FB=(t_A-t_{adp})/(t_{Ov} - t_{adp})$ .  
 Substituindo valores,  $0,05 = (t_A - 7^\circ)/(31,56^\circ - 7^\circ)$ , vem que  $t_A = 8,23^\circ$ .

A utilização da equação fundamental permite calcular a potência de arrefecimento obtendo-se  $q_{BF1} = m \cdot \Delta h = 2,36 \text{ kg/s} (53-24) \text{ kJ/kg} = 68,44 \text{ kW}$

Bateria de Aquecimento –BA<sub>1</sub>

A potência de arrefecimento necessária é de  $q_{BA1} = m \cdot \Delta h = 2,65 \text{ kg/s} (25,5-14,7) \text{ kJ/kg} = 28,6 \text{ kW}$

Bateria de Humidificação – BH<sub>1</sub>

A quantidade de água necessária será definida pela relação,  $m_{H_2O} = m \cdot (w_s - w_{oi}) = 2,65 \cdot \text{kg/s} (7 - 2,4) \cdot 10^{-3} \text{ kg água/kg ar seco} = \dots = 43,88 \text{ kg/h} (4,4 \text{ l/h})$

a que corresponde uma carga de calor latente a fornecer ao ar exterior de  $q_{BH1} = m \cdot \Delta h = 2,65 \text{ kg/s} \cdot (36,7-25,5) \text{ kJ/kg} = 29,6 \text{ kW}$

Os processos de arrefecimento e desumidificação e de aquecimento e humidificação encontram-se representados nas figuras Figura 20 e Figura 21.

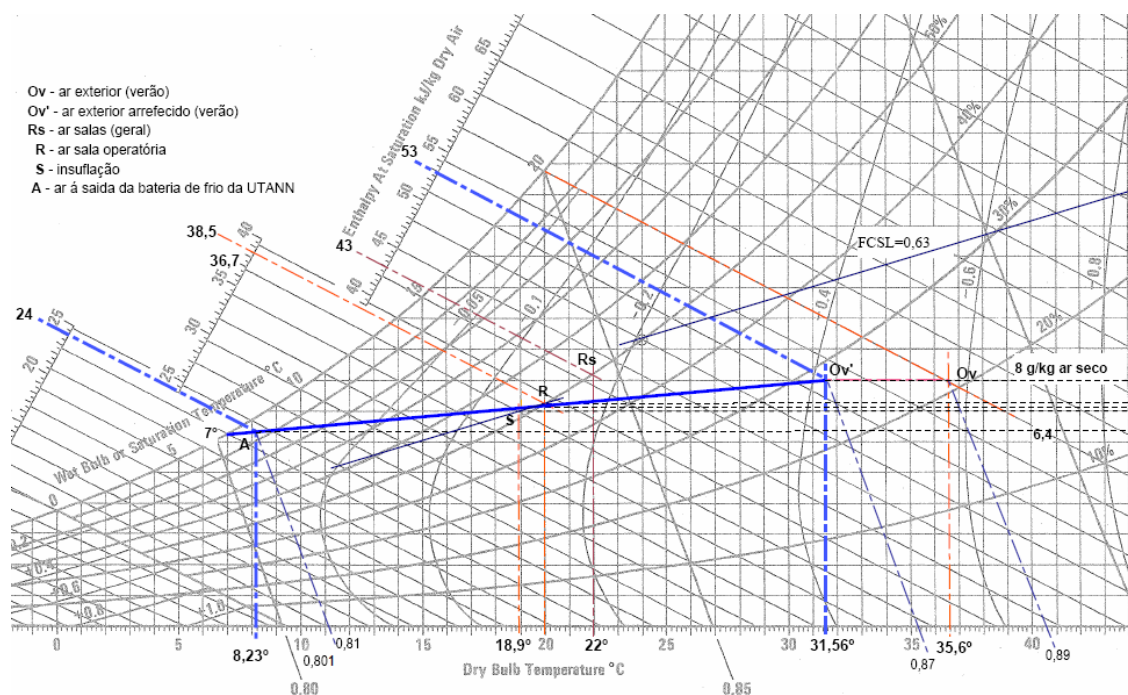


Figura 20 – Processo de arrefecimento e desumidificação, UTANN, Verão

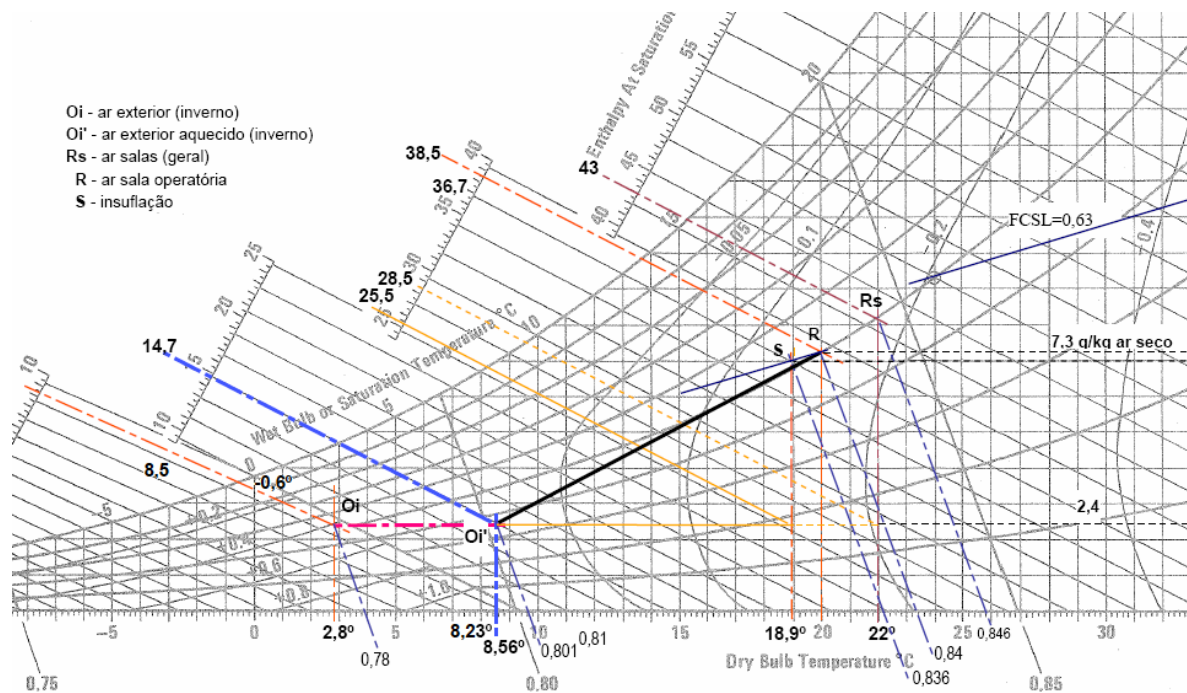


Figura 21 – Processos de aquecimento e humedificação por vapor, UTANN, Inverno

### C) UNIDADE DE TRATAMENTO DE AR PARA SALA TIPO I- UTA I

Para o análise e dimensionamento da UTA I vamos considerar 4 casos, quer na estação de arrefecimento quer na estação de aquecimento – Recuperador e UTANN em manutenção ou fora de serviço, UTANN em manutenção ou fora de serviço, UTANN em manutenção ou fora de serviço e UTA I com By-Pass e sistema em funcionamento normal.

#### CASO 1A – RECUPERADOR E UTANN EM MANUTENÇÃO OU FORA DE SERVIÇO (VERÃO)

Caudal de projecto

de ar novo: 1200 m<sup>3</sup>/h (Verão: 0,37 kg/s, Inverno:0,43 kg/s)

de retorno: 12760 m<sup>3</sup>/h (4,22 kg/s)

Mistura Ar exterior – Ar de Retorno (Ov-R):

A temperatura da mistura no Verão pode obter-se a partir do balanço mássico  $V_{Ov} \cdot t_{Ov} + V_R \cdot t_R = (V_{Ov} + V_R) \cdot t_{Mv}$ . Substituindo valores tem-se,  $1200 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 35,6^\circ + 12760 \cdot 20^\circ = 13960 \text{ m}^3/\text{h} \cdot t_{Mv}$ , pelo que  $t_{Mv} = 21,3^\circ$  (13960 m<sup>3</sup>/h; 0,84 m<sup>3</sup>/h, 4,62kg/s).

Bateria de arrefecimento – BF<sub>2v</sub>

Considerando uma temperatura da superfície de contacto de 7° e um factor de By-Pass de de 5% a temperatura de saída da bateria é,  $0,05 = (t_{A2} - 7^\circ) / (21,3^\circ - 7^\circ)$ ,  $t_{A2} = 7,7^\circ$

e a potência de arrefecimento necessária  $q_{BF2v} = m \cdot \Delta h = 4,62 \text{ kg/s} (40 - 23,5) \text{ kJ/kg} = 76,23 \text{ kW}$

O processos de mistura, arrefecimento e desumidificação, e de aquecimento e humidificação por vapor, que ocorrem durante o Verão, encontram-se representados na Figura 22.

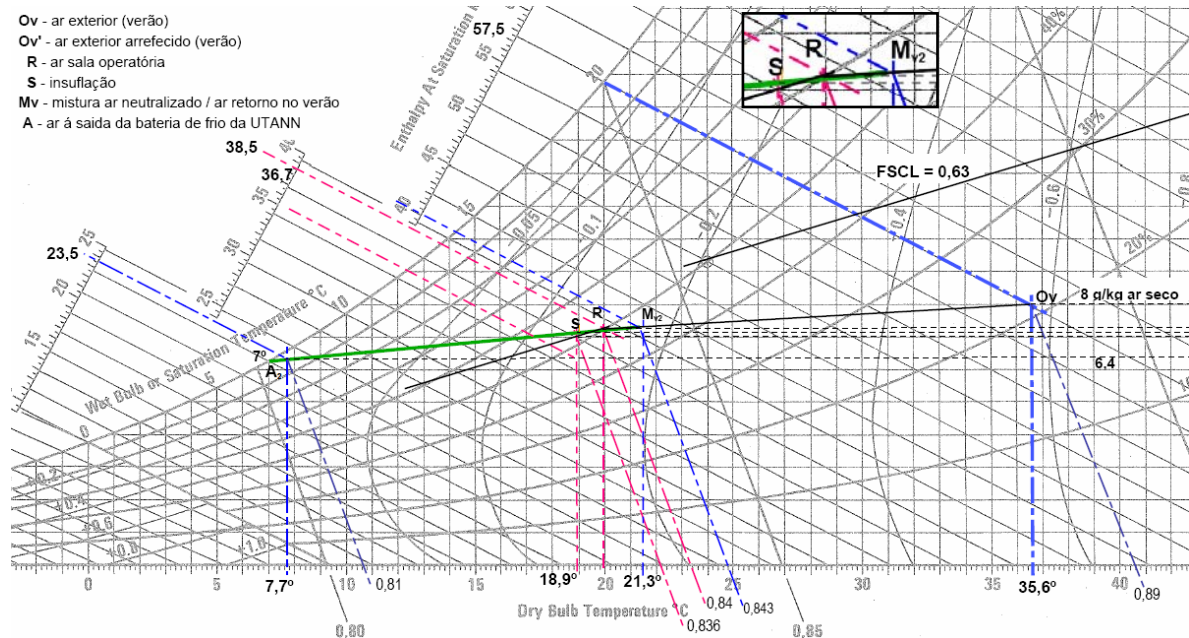


Figura 22 – Processos de mistura e arrefecimento UTA I com Ar Novo, Verão

Bateria de aquecimento – BA<sub>2v</sub>:

A inoperacionalidade do recuperador e da UTANN requer aquecer o ar até às condições de insuflação. Neste caso a potência necessária é de  $q_{BA2v} = m \cdot \Delta h = 4,62 \text{ kg/s} \cdot (34,7 - 23,5) \text{ kJ/kg} = 51,74 \text{ kW}$

Bateria de Humidificação – BH<sub>2v</sub>

Para além do aquecimento é também necessário humidificar o ar. A quantidade de água necessária é de  $m_{H_2O} = m \cdot (w_s - w_{oi}) = 4,62 \text{ kg/s} \cdot (7 - 6,4) \cdot 10^{-3} \text{ kg água/kg ar seco} = \dots = 23,28 \text{ kg/h}$  (2,4 l/h)

a que corresponde uma carga de calor latente a fornecer ao ar exterior  $q_{BH2v} = m \cdot \Delta h = 4,62 \text{ kg/s} \cdot (36,7 - 35) \text{ kJ/kg} = 7,85 \text{ kW}$

CASO 1B – RECUPERADOR E EM MANUTENÇÃO OU FORA DE SERVIÇO (INVERNO)

Mistura Ar exterior – Ar de Retorno (Oi-R):

A temperatura da mistura no Inverno pode obter-se a partir do balanço mássico  $V_{oi} \cdot t_{oi} + V_R \cdot t_R = (V_O + V_R) \cdot t_{Mi}$  Substituindo valores tem-se,  $1200 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 2,8^\circ + 12760 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 20^\circ = 13960 \text{ m}^3/\text{h} \cdot t_{Mi}$ , pelo que  $t_{Mi} = 18,52^\circ$  ( $13960 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $0,837 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $4,63 \text{ kg/s}$ )

Bateria de aquecimento – BA<sub>2i</sub>

A potência de arrefecimento necessária é de  $q_{BA2i} = m \cdot \Delta h = 4,62 \text{ kg/s} \cdot (37 - 37,7) \text{ kJ/kg} = 1,39 \text{ kW}$

### Bateria de Humidificação – BH<sub>2i</sub>

A quantidade de água necessária é de  $m_{H_2O} = m \cdot (w_s - w_{oi}) = 4,62 \text{ kg/s} \cdot (0) \cdot 10^{-3} \text{ kg água/kg ar seco} = \dots = 0 \text{ kg/h}$ . Não é necessário humidificar o ar.

O processo de mistura, aquecimento e humidificação por vapor, que ocorrem durante o Inverno, encontram-se representados na Figura 23.

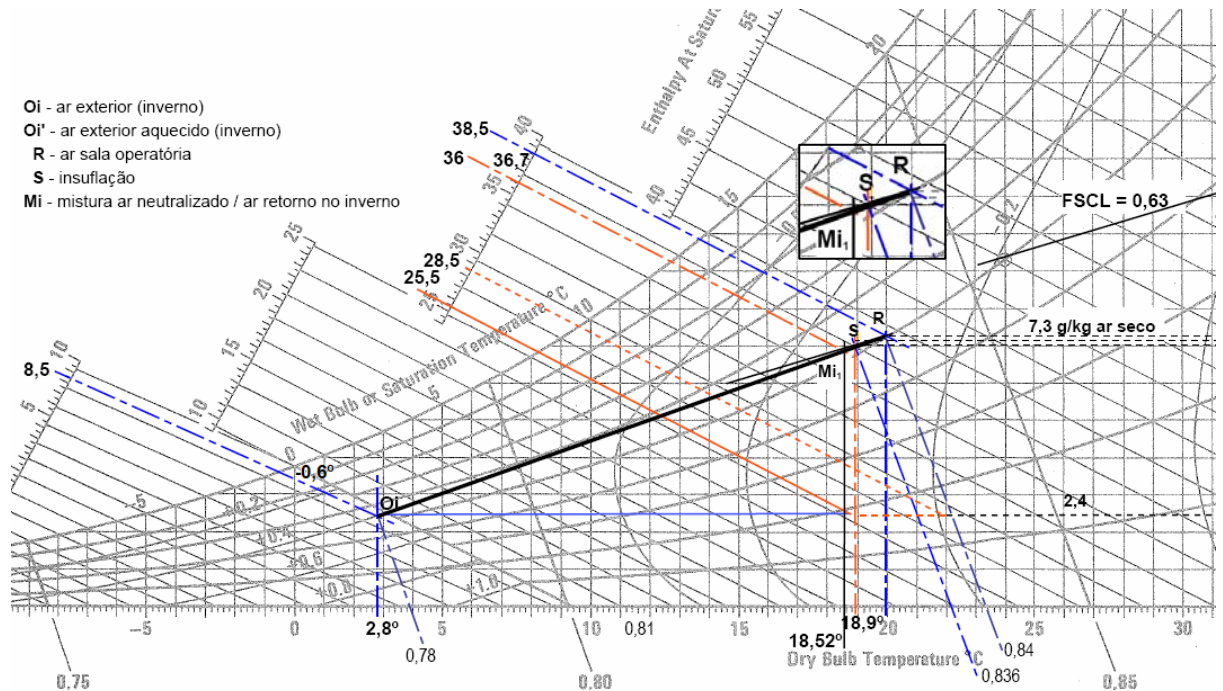


Figura 23 – Processo de mistura UTA I com Ar Novo, Inverno

### CASO 2A – UTANN EM MANUTENÇÃO OU FORA DE SERVIÇO (VERÃO)

#### Caudal de projecto

de ar novo: 1200 m<sup>3</sup>/h (Verão: 0,37 kg/s, Inverno: 0,43 kg/s)

de retorno: 12760 m<sup>3</sup>/h (4,46 kg/s)

#### Mistura Ar exterior – Ar de Retorno (Ov'-R):

A temperatura da mistura no Verão obtém-se a partir do balanço mássico:  $V_{Ov'} \cdot t_{Ov'} + V_R \cdot t_R = (V_{Ov'} + V_R) \cdot t_{Mv}$  substituindo valores tem-se,  $1200 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 31,6^\circ + 12760 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 20^\circ = 13960 \text{ m}^3/\text{h} \cdot t_{Mv}$ , vem  $t_{Mv} = 21^\circ$  ( $13960 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $0,87 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $4,46 \text{ kg/s}$ ).

#### Bateria de arrefecimento – BF<sub>3v</sub>

Considerando uma temperatura da superfície de contacto de 7° e um factor de By-Pass de 5% a temperatura de saída da bateria é,  $0,05 = (t_{A2} - 7^\circ) / (21,3^\circ - 7^\circ)$ ,  $t_{A2} = 7,7^\circ$

e a potência de arrefecimento necessária  $q_{BF_{3v}} = m \cdot \Delta h = 4,46 \text{ kg/s} (40 - 23,5) \text{ kJ/kg} = 73,59 \text{ kW}$



**Bateria de Humidificação – BH<sub>3i</sub>**

A quantidade de água necessária é residual, i.e.,  $m_{H_2O} = m \cdot (w_s - w_{oi}) = 4,64 \text{ kg/s} \cdot (7 - 6,8) \cdot 10^{-3} \text{ kg água/kg ar seco} = \dots = 0 \text{ kg/h}$ , pelo que a bateria de humidificação pode ser dispensada.

O processo de mistura que ocorre durante o Inverno, encontra-se representado na Figura 25.

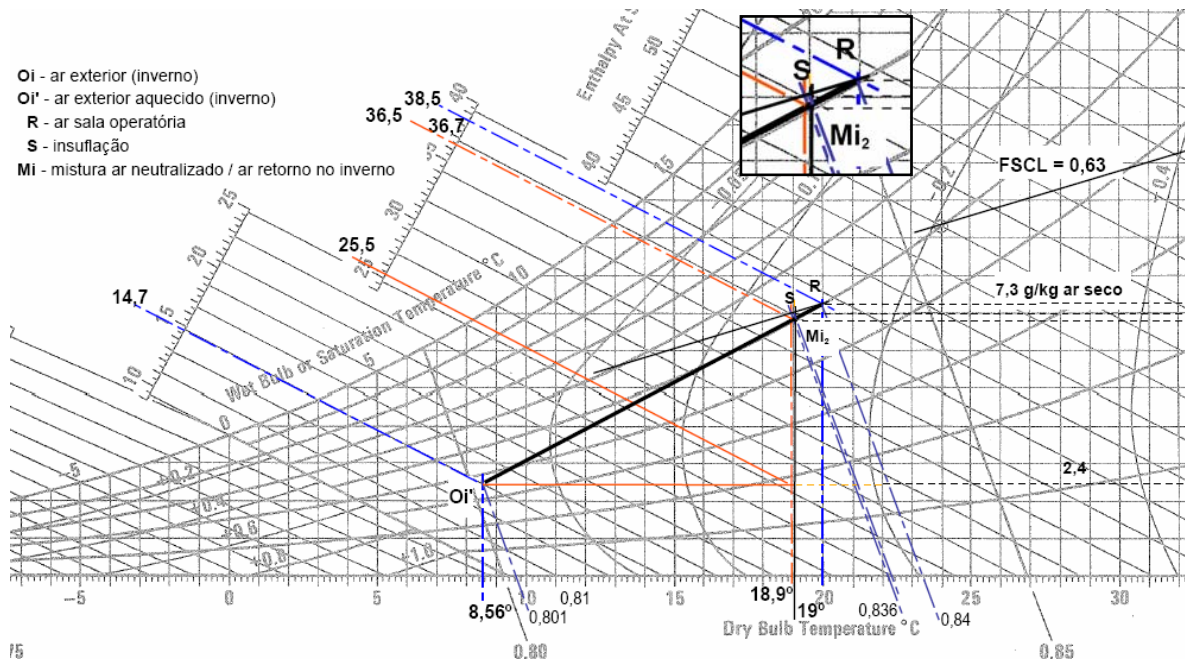


Figura 25 – Processo de mistura, UTA I com recuperação, Inverno

**CASO 3A – UTANN EM MANUTENÇÃO OU FORA DE SERVIÇO E UTA I COM BY-PASS – (VERÃO)**
**Caudal de projecto**

de ar novo: 1200 m<sup>3</sup>/h (Verão: 0,37 kg/s, Inverno: 0,43 kg/s)  
 de retorno: 12760 m<sup>3</sup>/h (4,22 kg/s)

**Mistura Ar exterior – Ar de Retorno (Ov' -R):**

A temperatura da mistura no Verão, tal como no caso anterior, é de  $t_{Mv} = 21^\circ$  (13960 m<sup>3</sup>/h; 0,87m<sup>3</sup>/h, 4,46kg/s).

**Bateria de arrefecimento – BF<sub>4v</sub>**

Considerando uma temperatura da superfície de contacto de 7° e uma temperatura de saída da bateria de 17,2° o factor de By-Pass deverá ser  $FB = (17,2^\circ - 7^\circ) / (21^\circ - 7^\circ) = 0,71$

e a potência de arrefecimento necessária  $q_{BF4v} = m \cdot \Delta h = 4,46 \text{ kg/s} \cdot (40 - 36,7) \text{ kJ/kg} = 14,72 \text{ kW}$

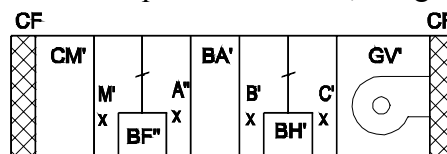


Figura 26 – Unidade de tratamento de ar proposta com By-Pass - UTA I (II)

Bateria de aquecimento – BA<sub>4v</sub>

A potência de aquecimento necessária é de  $q_{BA4v} = m \cdot \Delta h = 4,46 \text{ kg/s} * (36,7-34,7) \text{ kJ/kg} = 8,92 \text{ kW}$

Bateria de Humidificação – BH<sub>4v</sub>

A quantidade de água necessária é nula pelo que a bateria de humidificação pode ser dispensada.

Na Figura 26 apresenta-se um exemplo unidade de tratamento de ar com By-Pass prevista.

O processo de mistura e aquecimento que ocorre durante o Verão, considerando caudal de ar não tratado maior, encontra-se representado na Figura 27.

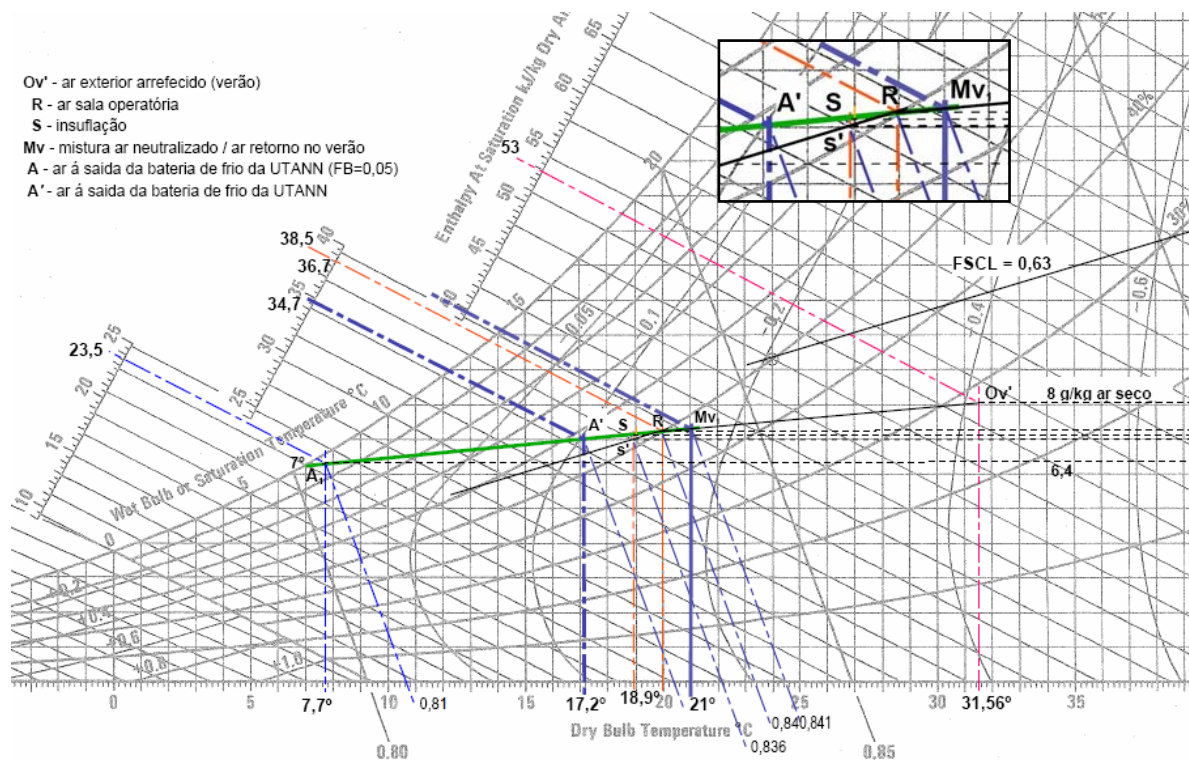


Figura 27 – Processo de mistura e aquecimento, UTA I com By-Pass, Verão

CASO 3B – UTANN EM MANUTENÇÃO OU FORA DE SERVIÇO E UTA I COM BY-PASS – (INVERNO)

A temperatura da mistura no Inverno é  $t_{Mi} = 19,02^\circ$  ( $13960 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $0,83 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $4,64 \text{ kg/s}$ )

Bateria de aquecimento - BA<sub>4i</sub>

Não necessária

Bateria de Humidificação - BH<sub>4i</sub>

Não necessária

O processo de mistura que ocorre durante o Inverno, considerando caudal de ar não tratado maior, encontra-se representado na Figura 28.

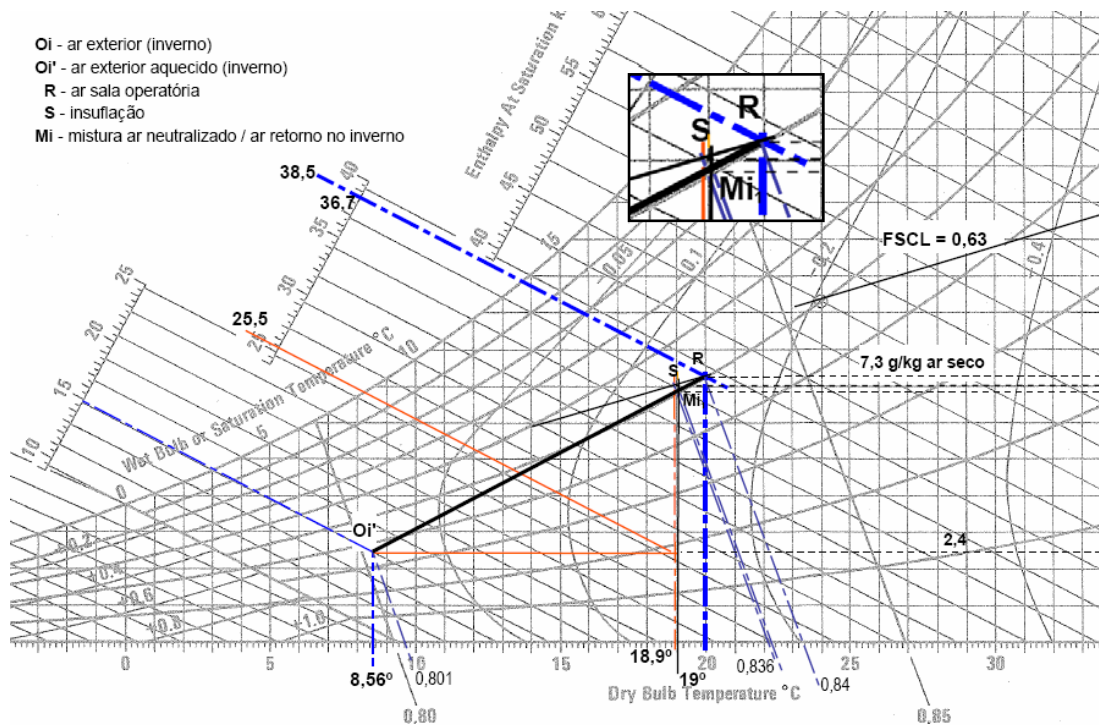


Figura 28 – Processo de mistura e aquecimento, UTA I com By-Pass, Inverno

#### CASO 4A – SISTEMA EM FUNCIONAMENTO NORMAL (VERÃO)

Caudal de projecto

de ar novo: 1200 m<sup>3</sup>/h (Verão: 0,37 kg/s, Inverno:0,43 kg/s)  
 de retorno: 12760 m<sup>3</sup>/h (4,46 kg/s)

Mistura Ar exterior – Ar de Retorno (Ov'-R):

A temperatura da mistura obtida a partir do balanço mássico é de  $t_{Mv}=18,99^{\circ}$  (13960 m<sup>3</sup>/h; 0,836m<sup>3</sup>/h, 4,64kg/s).

O ponto de mistura, Mv, é quase coincidente com o ponto de insuflação desejado, S, não sendo pois necessário arrefecer, aquecer ou humidificar o ar insuflado.

Bateria de arrefecimento – BF<sub>5v</sub>

Não necessária

Bateria de aquecimento - BA<sub>5v</sub>

Não necessária

**Bateria de Humidificação - BH<sub>5v</sub>**

Não necessária

O processo de mistura e insuflação em condições normais de funcionamento encontra-se representado na Figura 29.

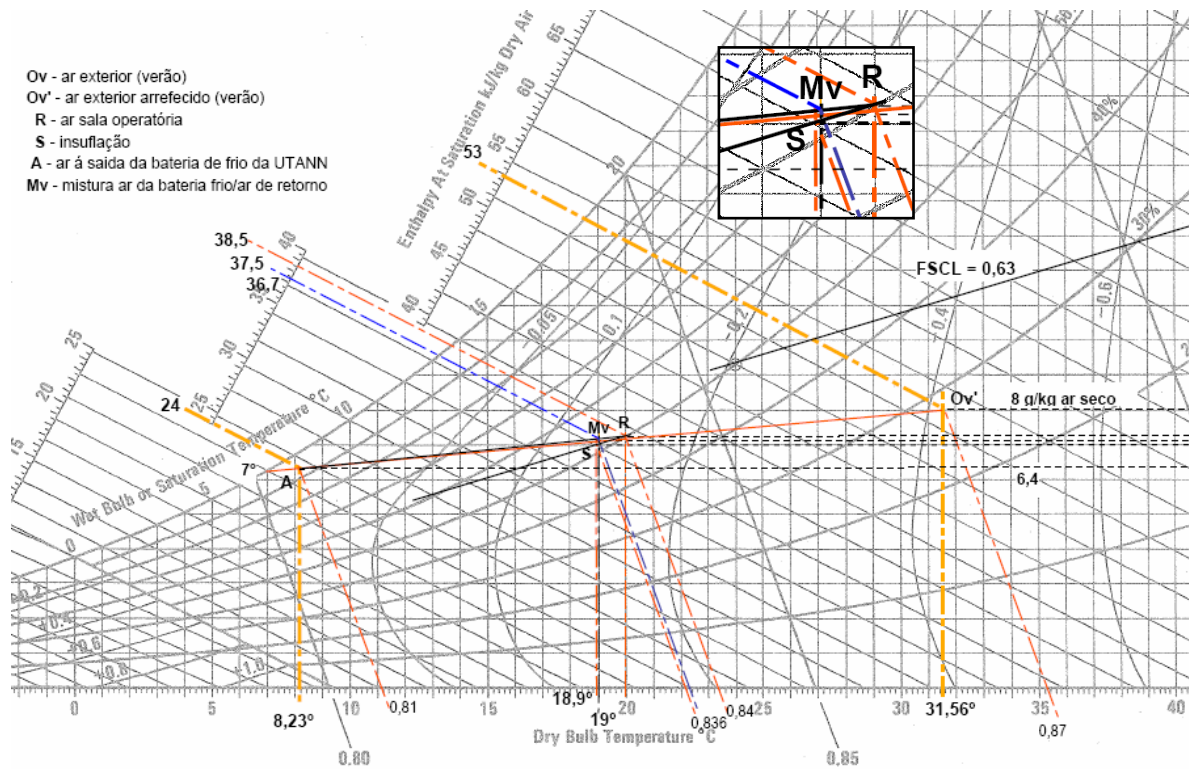


Figura 29 – Processo de mistura, UTA I, condição normal de funcionamento, Verão

**CASO 4B – SISTEMA EM FUNCIONAMENTO NORMAL (INVERNO)**

A temperatura da mistura no Inverno é  $t_{Mi}=19,02^{\circ}$  ( $13960\text{m}^3/\text{h}$ ;  $0,836\text{ m}^3/\text{h}$ ,  $4,64\text{kg/s}$ )

O ponto de mistura,  $M_i$ , é quase coincidente com o ponto de insuflação desejado,  $S$ , não sendo pois necessário aquecer ou humidificar o ar insuflado.

**Bateria de aquecimento – BA<sub>5i</sub>**

Não necessária

**Bateria de Humidificação – BH<sub>5i</sub>**

Não necessária

O processo de mistura e insuflação em condições normais de funcionamento encontra-se representado na Figura 30.

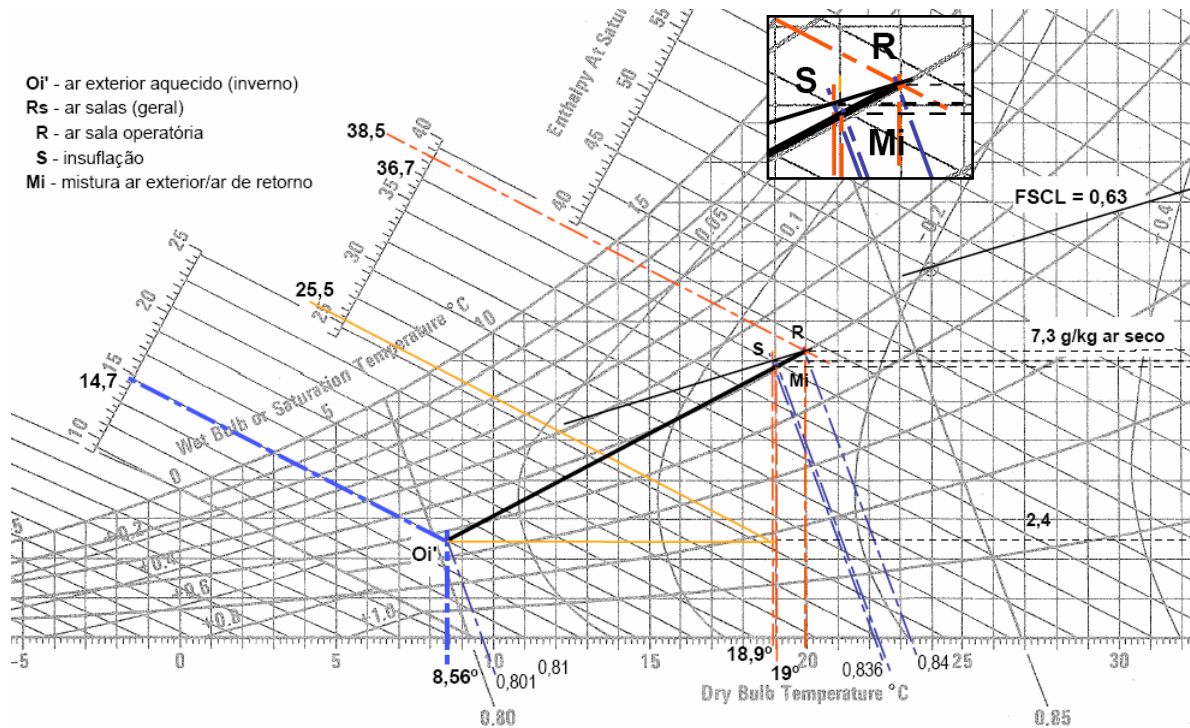


Figura 30 – Processo de mistura, UTA I, condição normal de funcionamento, Inverno

Na Tabela 35 apresenta-se um resumo das potência das baterias de arrefecimento, de aquecimento e de humidificação dos diferentes casos analisados:

Tadp = 7°	FB	Recuperação		BF		BA		BH		m <sub>H2O</sub>	
		[kW/h]	[kW/h]	[kW/h]	[kW/h]	[kW/h]	[kW/h]	[kW/h]	[kW/h]	[l/h]	[l/h]
		Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Permutador		8,7	12,3								
UTANN				68,5	-	-	28,6	na	29,6	na	4,4
UTA I	Caso 1	0,05	-	-	76,2	-	51,7	1,4	7,85	-	-
	Caso 2	0,05	8,7	12,3	73,6	-	51,3	-	7,5	-	-
	Caso 3	0,7	8,7	12,3	14,7	na	8,9	na	-	-	-
	Caso 4	0,05	8,7	12,3							
Caso 1 – UTANN e recuperador não operacionais				Caso 3 - UTANN não operacional e By-Pass							
Caso 2 - UTANN não operacional				Caso 3 – condições normais de funcionamento							

Tabela 35 – Quadro resumo das necessidades térmicas com e sem “By-Pass”

Para o dimensionamento da Unidade de tratamento para salas do tipo II, procedemos de modo idêntico, sendo as conclusões semelhantes.

## Comentários

A solução, UTANN+UTA, permite adaptar as necessidades de ar e o tipo de difusão, quer por variação da velocidade de insuflação quer pela alteração da área do tecto, mantendo-se a rede de condutas.

Propõe-se, assim, equipar os blocos operatórios com um sistema o composto por uma unidade de tratamento central (UTANN) e várias unidades de tratamento local (UTA), uma por sala de operação, e, no caso dos restantes espaços, por sistemas dedicados aos restantes espaços.

De notar, no entanto, que o dimensionamento da unidade de tratamento de ar central UTANN dependerá sempre da localidade onde esta for instalada, bem como da quantidade e tipo de espaços considerados, do número de salas de operação e também das condições impostas pelo caderno de encargos. Neste contexto apresenta-se, como referência, para o caso em estudo, uma estimativa das diferentes potências de arrefecimento e aquecimento requeridas.

Assim, para um caudal de 7650 m<sup>3</sup>/h (2,36kg/s), as necessidades são de 68,5kW no Verão e de 58,2kW no Inverno. Estas potências são totais e referem-se à potência de arrefecimento no Verão e à soma das potências de aquecimento e de humidificação por vapor no Inverno.

## Normalização

OBS: A VDI (Verein Deutscher Ing. – The Association of German Engineers) decidiu adoptar recentemente as recomendações SWKI-Guidelines, Suíças, no catálogo VDI - Guidelines pelo que a norma DIN 1946-4 deixou de fazer parte do manual VDI “Building Services – Volume HAVAC Ventilation”

As novas recomendações VDI-2167 baseiam-se na norma ISO 14644-4 “Cleanrooms and associated controlled environments - Part 4: Design, construction and start up” [050331-Brunner]

## 14 **Cap. 3 - CONCLUSÕES**

O sistema proposto considera:

1. um caudal de ar novo de 1200m<sup>3</sup>/h, quer nos sistemas que utilizam escoamento Bifluxo destinados às salas do tipo A quer nos sistemas que utilizam escoamento Unifluxo destinados às salas do tipo B para cirurgia do tipo II,
2. uma extracção de equilíbrio de 600 m<sup>3</sup>/h, para garantir a hierarquia de pressões através das grelhas de transferência, e uma extracção de 600 m<sup>3</sup>/h através do ventilador de extracção de sujios e das portas. O caudal para equilíbrio de pressões entre espaços adjacentes é de aproximadamente 15% do caudal de insuflação na sala tipo A e de 4% do caudal de insuflação na sala tipo B,
3. a aplicação de grelhas de extracção, equipadas com filtro, e possibilidade de regulação da área de passagem numa proporção de (70%,30%) e (75%, 25%),
4. uma carga interna total a remover de 5050W (Qs=3150W) para as salas com cirurgias tipo I, de 3750 W (Qs=2400W) para as salas com cirurgias tipo II. e de 2000W para as salas de tratamentos,
5. que as velocidades são, para o caso do escoamento unidireccional Bifluxo, de 0,47m/s para a zona de operação e de 0,24m/s para a zona de protecção, e de 0,25m/s, para o caso do escoamento unidireccional Unifluxo,
6. uma velocidade frontal na bateria de arrefecimento de 2,7m/s,
7. um tecto filtrante para cirurgia do tipo I, com uma área total de 3,2x3,2m com uma área de operação com 2,4x2,4m, e para cirurgia do tipo II um tecto com uma área de 2,4x2,4m. Com utilização das "saías",
8. a utilização de módulos filtrantes nas salas de tratamento,
9. a utilização de um sistema com recirculação de ar como solução a adoptar,
10. um número de recirculações de ar por hora de 111, no caso da sala tipo A, e de 47 vol/h, no caso da sala tipo B.
11. um número de renovações de ar por hora de 9,5 vol/h, no caso da sala tipo A, e de 11 vol/h, no caso da sala tipo B.
12. uma percentagem de ar novo de 8,5%, no caso da sala tipo A, e de 23,5%, no caso da sala tipo B.

13. a utilização de um “By-Pass” do ar de retorno, na UTA de tratamento da sala, pelo que se dispensa, em condições normais de funcionamento, utilização da bateria de humidificação por vapor.
14. equipar os blocos operatórios com um sistema composto por uma unidade de tratamento central (UTANN), e várias unidades de tratamento local (UTA), uma por sala de operação, e ainda por sistemas dedicados nos restantes espaços.

A solução UTANN+UTA, permite adaptar as necessidades de ar e o tipo de difusão, quer por variação da velocidade de insuflação quer pela alteração da área do tecto, mantendo as redes condutas.

15. que o dimensionamento da unidade de tratamento de ar central (UTANN) depende, da localidade, da quantidade e tipo de espaços considerados, do número de salas de operação, e condições requeridas,
16. um caudal de ar novo, previsto no caso em estudo, de 7650 m<sup>3</sup>/h (2,36kg/s), e uma necessidade térmica, associada de 68,5kW, no Verão, e de 58,2kW, no Inverno.

Estas potências são totais referindo-se à potência de arrefecimento no Verão e à soma das potências de aquecimento e de humidificação por vapor no Inverno.

Os valores de trabalho foram arbitrados de acordo com as normas e regras de boas práticas consultadas, não tendo sido, por essa razão, alvo de contestação ou comprovação durante o desenvolvimento do presente estudo.

A validação, no futuro, dos valores propostos terá necessariamente que ser obtida pela experimentação e recolha de dados estatísticos em instalações devidamente monitorizadas. A tarefa não parece fácil, na medida em que são necessárias muitas horas de testes, recolha de elementos e tratamento estatístico para a validação deste tipo de instalações.

Como actualmente em Portugal não existe nenhum centro de ensaios de tectos filtrantes, a informação utilizada no projecto foi a fornecida pelos fabricantes credenciados a nível internacional.

A simulação com recurso a software permite a visualização dos escoamentos deve, contudo, ser sempre e obrigatoriamente validada pelos resultados.

O funcionamento tipo “tudo ar novo” para salas de operação deve ser sempre evitado mesmo com a utilização de sistemas de recuperação de calor, sobretudo por razões de higiene e económicas.

Dado que a arquitectura específica das unidades de saúde, pode influenciar os sistemas de climatização, esta deve fazer parte da cultura do projectista a quem também se exige também uma preocupação ambiental.

De referir, por ultimo, que a entidade competente, ou dono de obra (Autoridade Central do Sistema de Saúde – ACSS, Centro Hospitalar, Administração Regional de Saúde – ARS), deverá determinar previamente as condições a definir no programa funcional a fornecer ao projectista.

A Figura 31 apresenta-se, de forma simplificada, o modelo do sistema de climatização proposto para equipar as salas de operação.

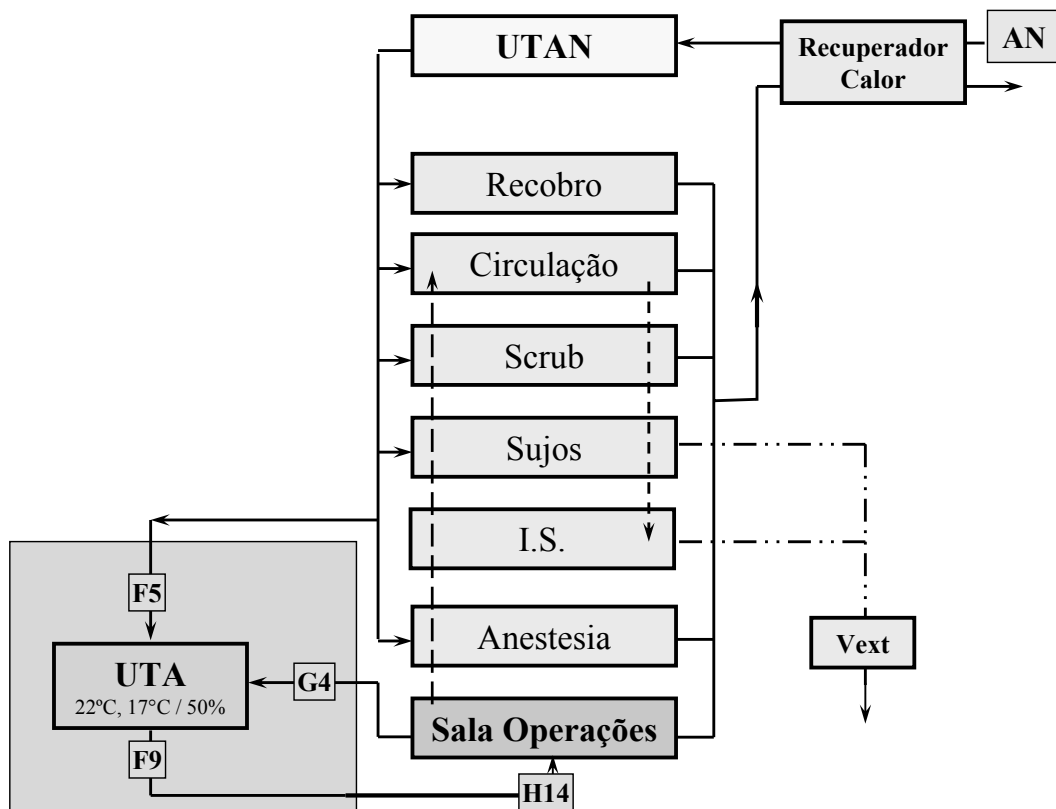


Figura 31 – Sistema tipo - proposta

### 14.1.1 DIAGRAMAS

Nas Figura 32 e Figura 33 apresentam-se dois casos, inicial e final, do sistema de climatização proposto.

As soluções apresentadas assentam, nos dois casos, em sistemas Bifluxo e Unifluxo apoiados por um sistema central com recuperação de calor.

No primeiro caso as velocidades consideradas são, para o sistema Bifluxo, de 0,45m/s e 0,27m/s, com um tecto filtrante com uma área de operação de 7,8m<sup>2</sup> e de protecção de 2,4m<sup>2</sup>, e para o sistema Unifluxo, de 0,28m/s com uma área de tecto de operação de 10,2m<sup>2</sup>.

Ao diferencial de temperatura na insuflação de 1,02° para o sistema Bifluxo e de 1,1° para o sistema Unifluxo, corresponde um caudal insuflado de 15060 e de 10250 m<sup>3</sup>/h, respectivamente.

No segundo caso, as velocidades consideradas são, para o sistema Bifluxo, de 0,47m/s e 0,24m/s, com um tecto filtrante com uma área de operação de 6,2m<sup>2</sup> e de protecção de 4m<sup>2</sup>, e para o sistema Unifluxo, de 0,25m/s com uma área de tecto de operação de 5,7m<sup>2</sup>.

Ao diferencial de temperatura na insuflação de 1,1° para o sistema Bifluxo e de 2° para o sistema Unifluxo, corresponde a um caudal insuflado de 13960m<sup>3</sup>/h e de 5120m<sup>3</sup>/h, respectivamente.

Figura 32 – Sistema climatização proposto inicial

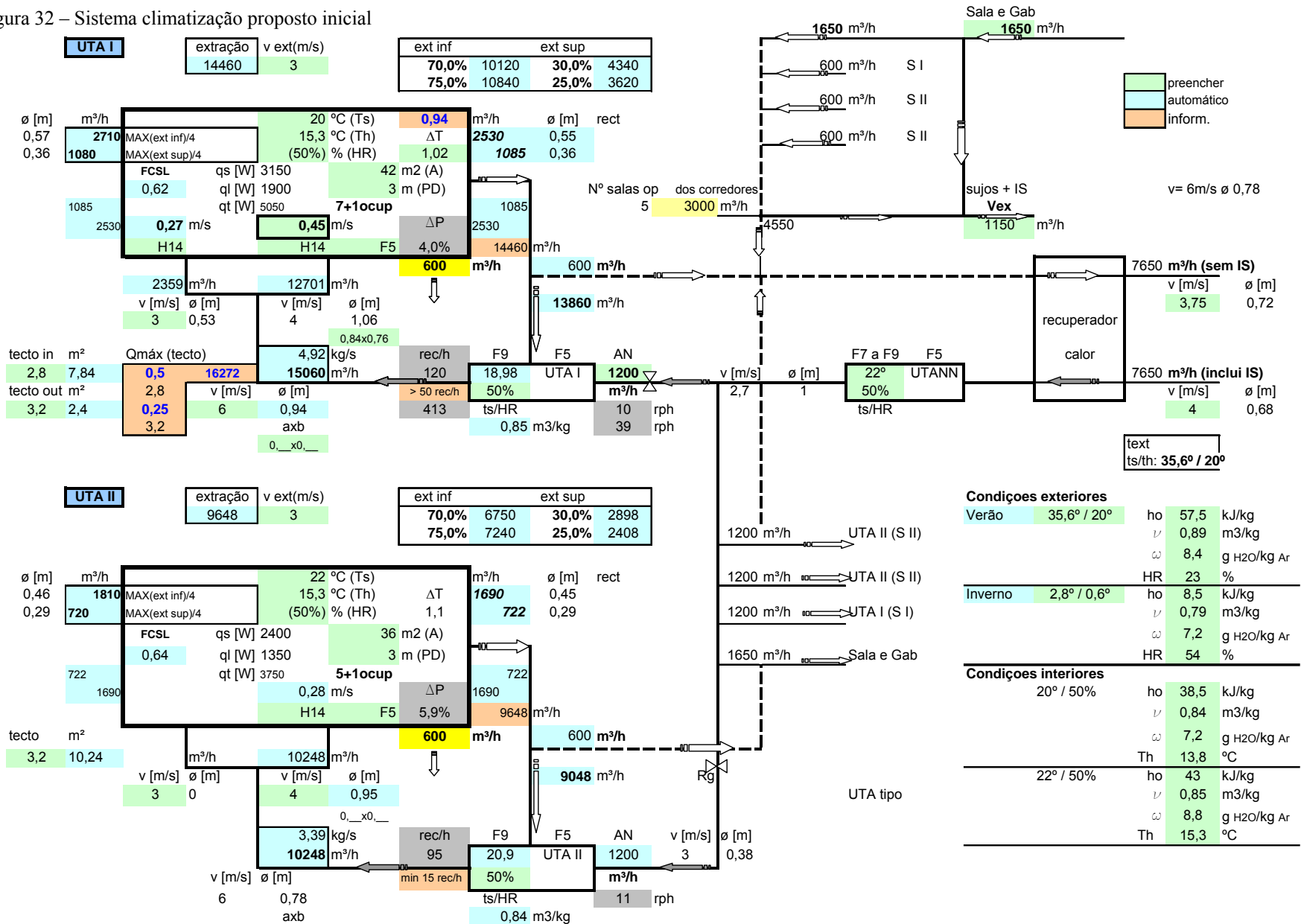
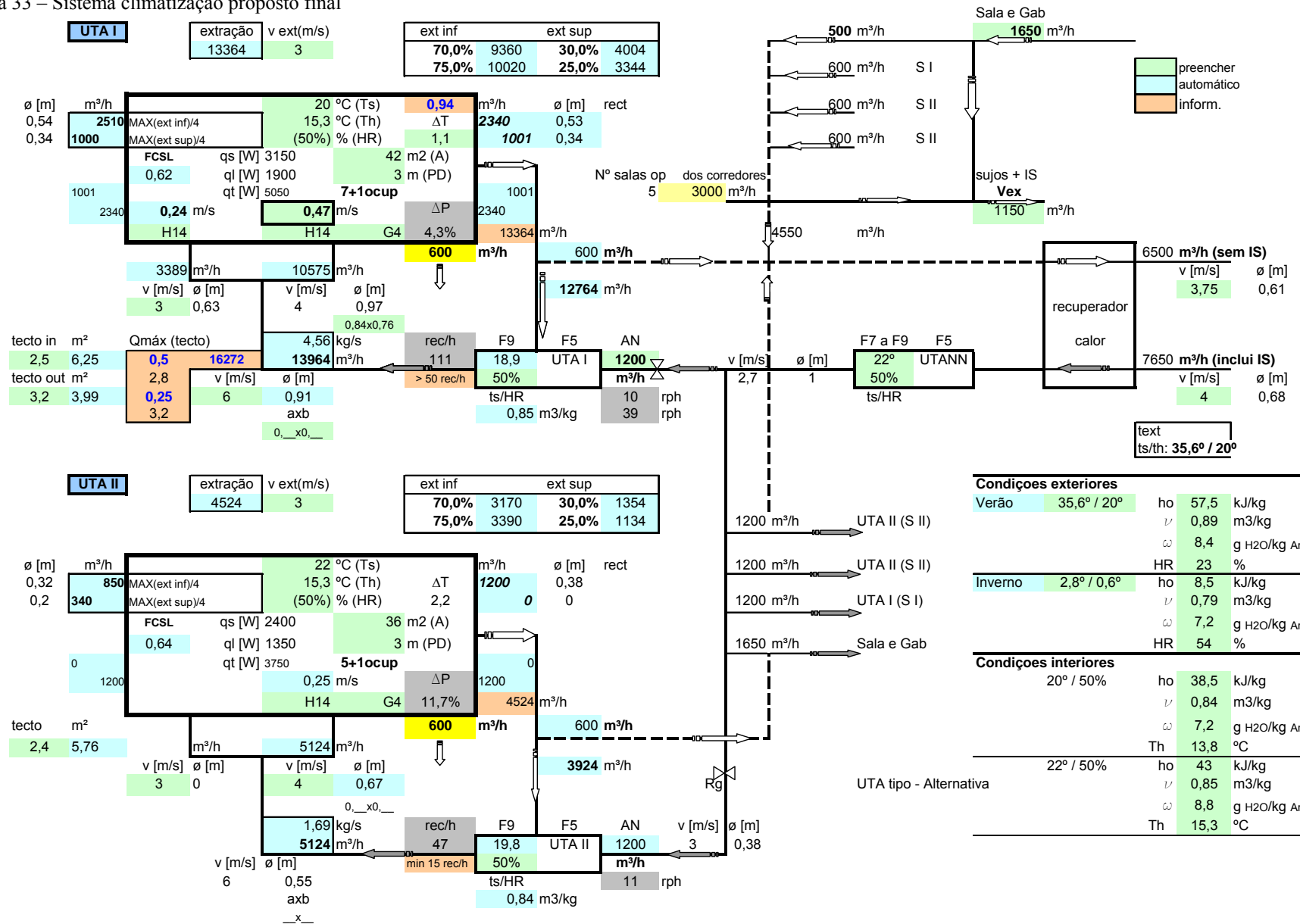


Figura 33 – Sistema climatização proposto final



## 15 **NORMALIZAÇÃO**

### **INTERNACIONAL**

ISO 7730/94 - Ambientes térmicos moderados - Determinação dos índices PMV e PPD e especificações das condições para conforto

ISO/DIS 7726/96 - Ambientes térmicos - Instrumentos e métodos para a medição dos parâmetros físicos

ISO 14644( Federal Specification 209E) - Classe de pureza no ar em salas limpas e zonas de limpeza

ISO 14644-4 Construction, conception et mise en fonctionnement des salles propres

ISO 14698 - Système de maîtrise de la biocontamination

EN 1751 - Classe d'étanchéité des registres suivant la norme Filtration :

EN 779-2000 Pour les filtres de ventilation grossiers et fins

EN 1822 Pour les filtres à hautes efficacités

### **PORTUGAL**

### **ESPAÑA**

UNE 100.173 - Instalaciones de Quirófanos y zonas anexas

UNE-EN 1886 – “Equipamentos de Climatização, Estanquicidade e pontes térmicas”

UNE 04-607-710 – Critérios para determinação dos sistemas de protecção em salas hospitalares

UNE 100.104:1988 - Conductos de chapa

UNE-EN 779 Filtros de aire utilizados en ventilación general para eliminación de partículas. Determinación del rendimiento de la filtración.

UNE-EN 1822 - 1 Filtros absolutos (HEPA y ULPA) Clasificación, principios generales de ensayos, marcado., hay 5 partes mas en esta norma, 2 - Producción de aerosol, aparatos de medición y estadísticas para el contaje de partículas, 3 - Ensayo medio de medio filtrante plano, 4 - Ensayos de estanqueidad del conjunto del filtro (método de exploración), 5 - Medida de la eficacia del conjunto del filtro.

UNE-EN 12237 - Resistencias y fugas de conductos circulares de chapa metálica.

UNE-EN 13053 - VE UTA's prestaciones unidades, componentes y secciones

UNE-EN 12599 – VE , Pruebas de ensayo y medición para la recepción de los sistemas de ventilación

UNE-EN ISO 14644 - Salas limpias y locales anexos: Parte 1 Clasificación limpieza del aire; parte 2 Especificaciones para los ensayos y el control para verificar el cumplimiento continuo de la norma parte 1; parte 3 Metodología y métodos de ensayos; parte 4 Diseño, construcción y puesta en servicio, parte V Funcionamiento, parte 6 Términos y definiciones; parte 7 - Dispositivos de limpieza y parte 8 Clasificación de la contaminación molecular transportada por el aire. Las partes 3, 6 y 8 están como proyecto de norma.

UNE-EN 13779 - VE noResidenciales Requisitos de rendimiento de sistemas de ventilación y acondicionamiento de aire de recintos.

#### **INGLATERRA**

BS EN ISO 14644-1:1999 - Air cleanliness ISO

HTM 2025 - Ventilation in Healthcare Premises 1994

#### **FRANÇA**

NF EN 779:2002 - Sélection des filtres

NF S90-351:2003 2 - Qualité de l'air dans les salles d'opération

#### **ALEMANHA**

DIN 4799 - Heating, ventilation and air conditioning. Testing of air distribution systems serving operating theatres.

DIN 1946-4 - Ventilation and air conditioning Part 4 (Ventilation in hospitals)

VDI 2167 - Building services in hospitals

VDI 2083 Clean-room technology and clean-room compatibility of equipment

**BELGICA**

NBN D50-001- obs: s'appliquent au niveau des hôpitaux dans les zones où il n'y a pas de risque de contamination telles que les zones administratives, certaines zones de consultation, de logistique

NBN EN 13779 - Ventilation dans les bâtiments non résidentiels - Spécifications des performances pour les systèmes de ventilation et de climatisation)

**BRASIL**

ABNT/NBR-6401 - Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto – Parâmetros Básicos de Projeto, Classificação de filtros

ABNT/NBR-7256 - Tratamento de Ar em Unidades Médico-Assistenciais.

Portaria do Ministério da Saúde/GM nº 3523 de 28/08/98 e publicada no DO de 31/08/98.

Recomendação Normativa 004-1995 da SBCC – Classificação de Filtros de Ar para Utilização em Ambientes Climatizados.

NBR-7256 - Exigências para sectores destinados à assepsia e conforto, tais como salas de cirurgias, UTI,...

NB-10 - Nível de ruído

RN 005-97 - Testes em Áreas Limpas

RN 007-2005 - Metodologias e Limites Microbiológicos em Áreas limpas

NBR ISO 14644: Salas Limpas e Ambientes Controlados Associados - Parte 1: Classificação da Limpeza do Ar, Parte 4: Projeto, Construção e Partida

**USA**

Federal Standard 209E :Classe de pureza no ar em salas limpas e zonas de limpeza”

ASHRAE Standard 55-92 - Ambientes térmicos - Condições para ocupação humana

## Anexo I

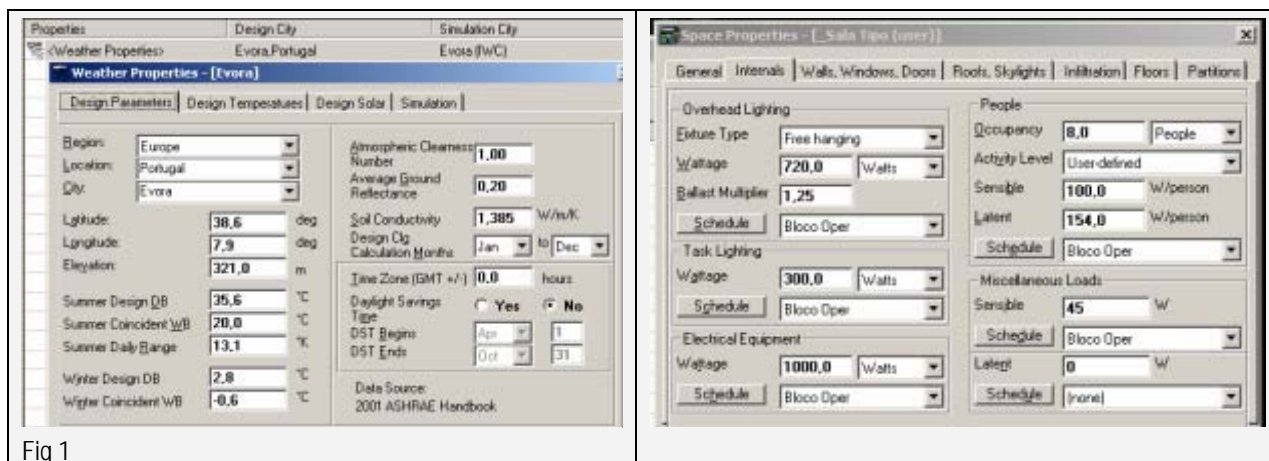


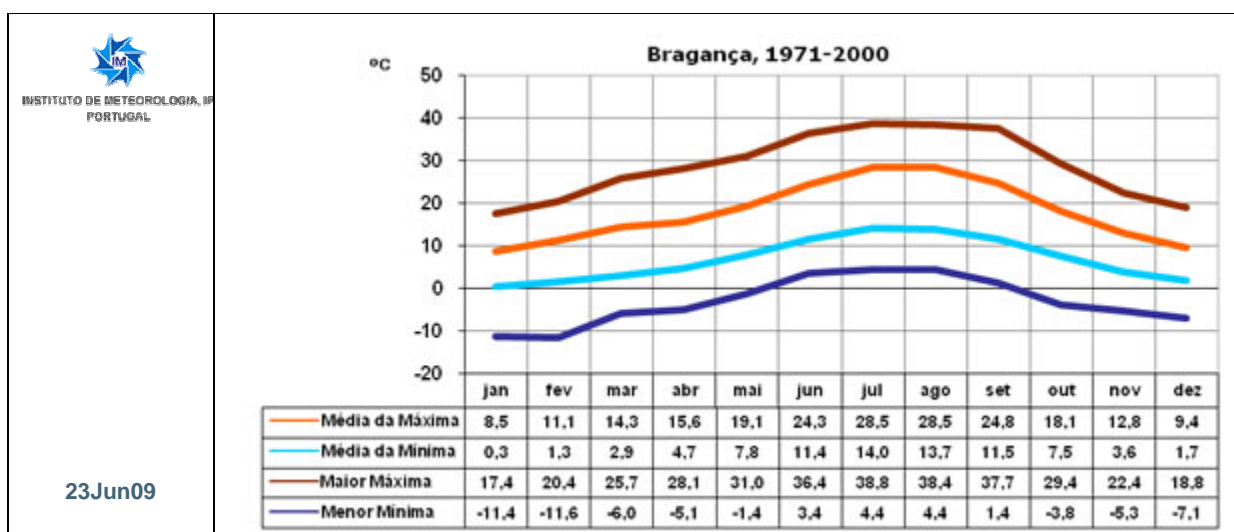
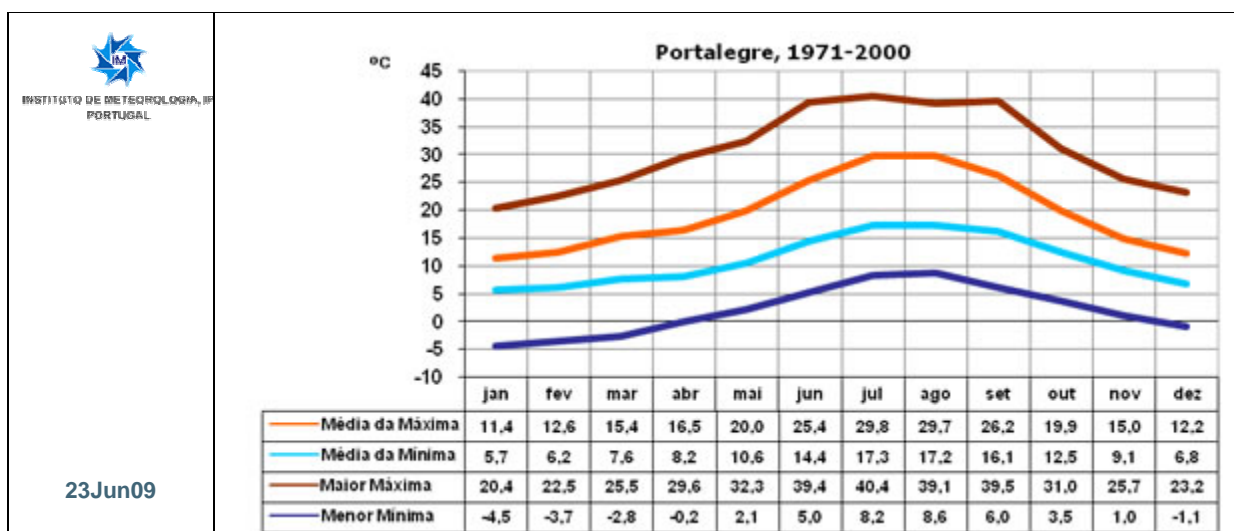
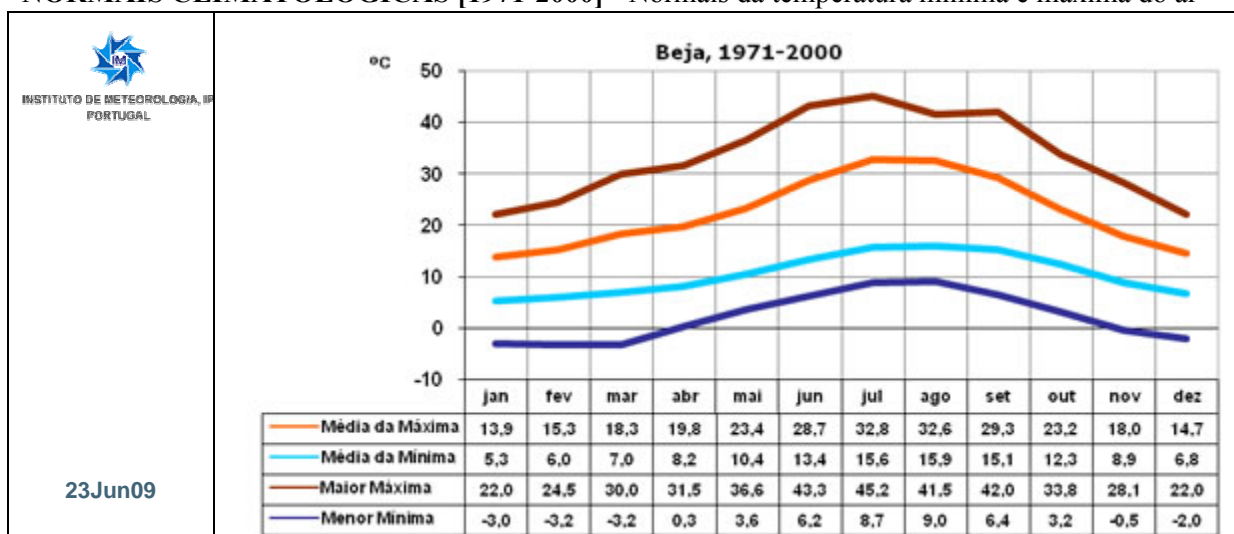
Fig 1

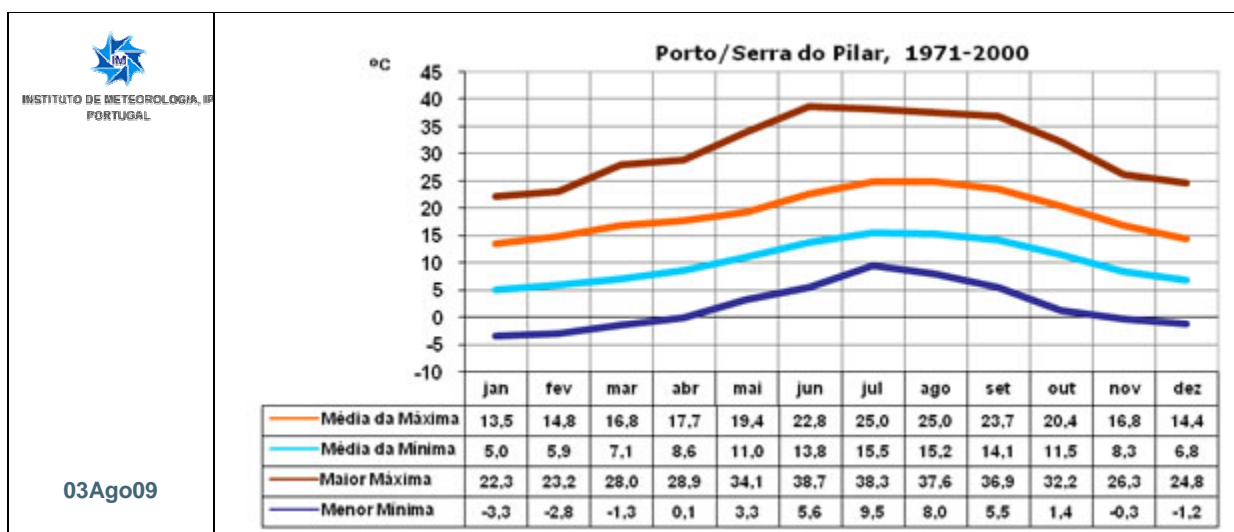
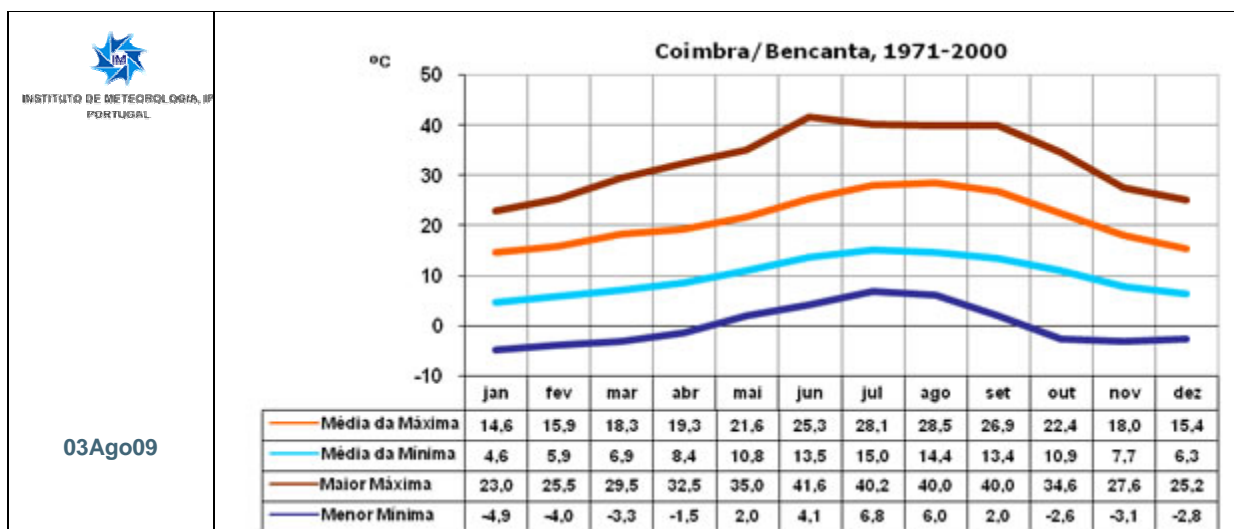
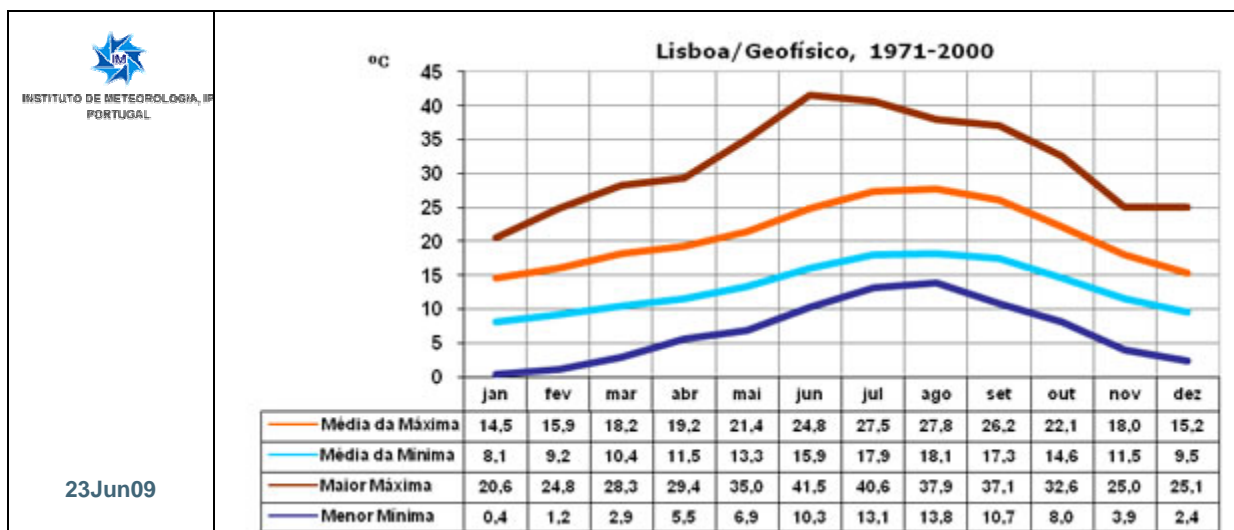
### Normais climatológicas

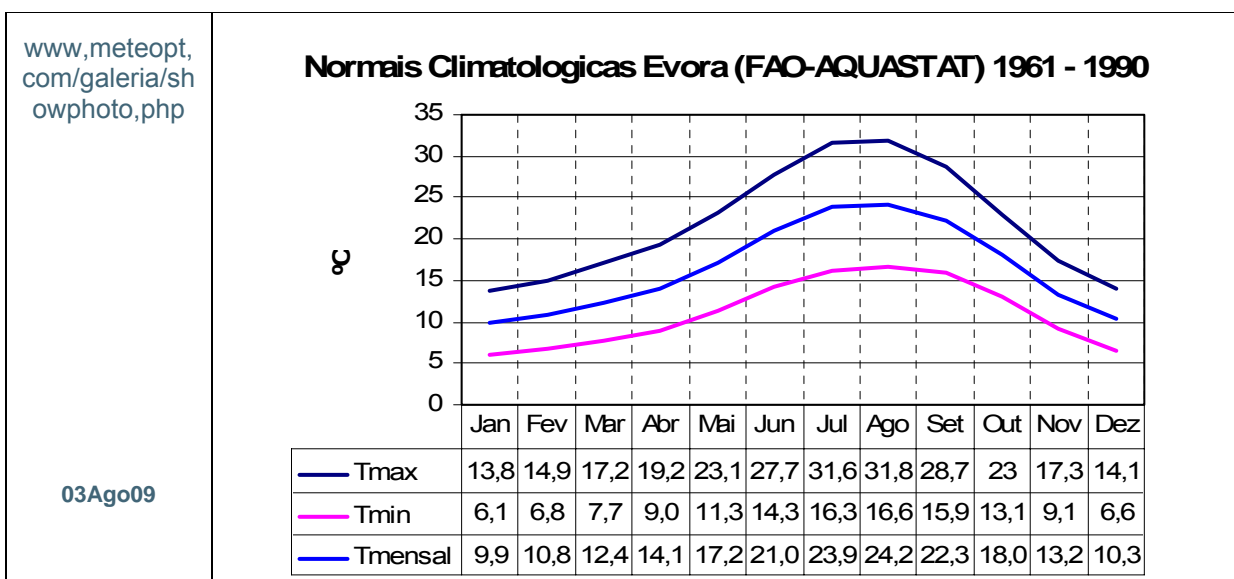
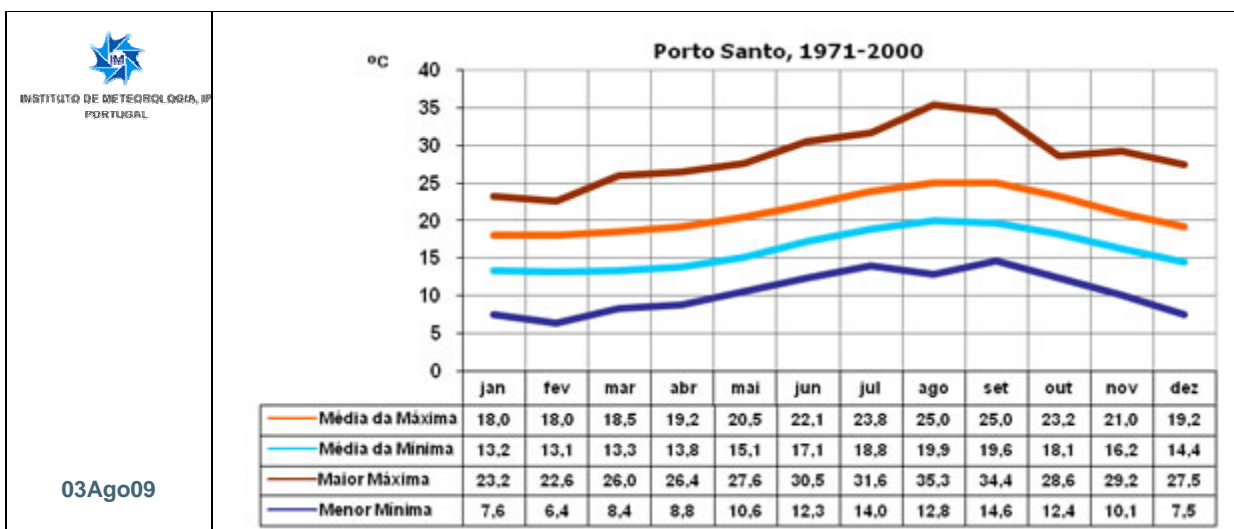
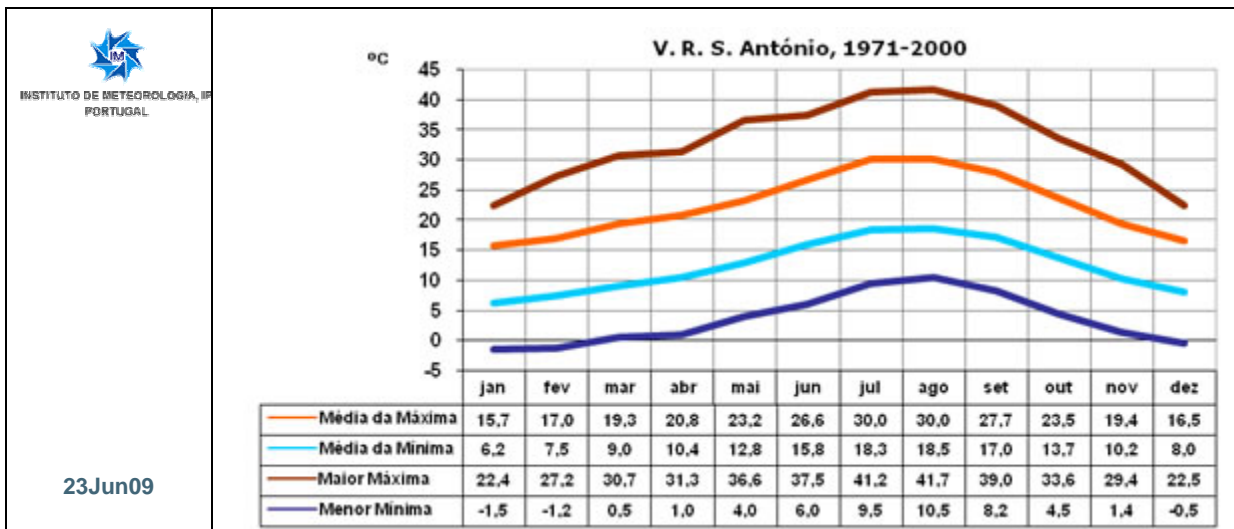
As temperaturas registadas nas estações de Beja, Portalegre, Bragança, Lisboa, Porto, estão representadas nos gráficos abaixo (O CLIMA DE PORTUGAL - Normais Climatológicas correspondentes a 1971-2000).

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) fixou para este fim 30 anos começando no primeiro ano de cada década (1901-30, ..., 1931-1960, 1941-1970, ..., 1961-1990, 1971-2000).

Os apuramentos estatísticos referentes a estes intervalos são geralmente designados por *Normais Climatológicas* (sendo, nomeadamente as normais de 1931-1960 e 1961-1990 consideradas as *normais de referência*). ([www.meteo.pt](http://www.meteo.pt))

**NORMAIS CLIMATOLÓGICAS [1971-2000] - Normais da temperatura mínima e máxima do ar**






**Dados Climatológicos - EXTREMOS****CONTINENTE**

<b>Variável</b>	<b>Valor</b>	<b>Local</b>	<b>Data</b>
Maior valor da temperatura mínima do ar	+ 32,2 °C	Faro	26/07/2004
Menor valor da temperatura mínima do ar	- 16,0 °C	Penhas da Saúde	04/02/1954
Maior valor da temperatura máxima do ar	+ 47,4 °C	Amareleja	01/08/2003
Menor valor da temperatura máxima do ar	- 10,2 °C	Penhas da Saúde	04/02/1954
Maior valor da temperatura média do ar	+ 37,1 °C	Amareleja	01/08/2003
Menor valor da temperatura média do ar	- 11,1 °C	Lagoa Comprida	12/01/1945

**AÇORES**

Maior valor da temperatura mínima do ar	+ 24,3 °C	Angra Heroísmo/Terceira	30/06/1996
Menor valor da temperatura mínima do ar	- 3,5 °C	Chã Lagoinhas /S.Miguel	02/01/1973
Maior valor da temperatura máxima do ar	+ 32,1 °C	Madalena /Pico	07/09/1985
Menor valor da temperatura máxima do ar	+ 4,0 °C	Chã Lagoinhas /S.Miguel	20/02/1972

**MADEIRA**

Maior valor da temperatura mínima do ar	+ 30,6 °C	Bom Sucesso	18/08/1966
Menor valor da temperatura mínima do ar	- 9,5 °C	Bica da Cana	05/03/1993
Maior valor da temperatura máxima do ar	+ 39,0 °C	Sanatório Monte	18/08/1976
Menor valor da temperatura máxima do ar	- 1,5 °C	Areeiro	13/02/1981

## Cargas Internas

### Carga produzida pelos ocupantes

Ocup.	Actividade	Q <sub>s</sub> [W/pess]	Q <sub>L</sub> [W/pess]	Q <sub>total</sub> [W]	Q <sub>s</sub> / Q <sub>t</sub>	Q <sub>L</sub> /Q <sub>s</sub>	fonte
	Desporto	208	319	527	0,39	1,53	
	Trabalho pesado	154	271	425	0,36	1,76	
	Trabalho ligeiro	86,5	133,5	220	0,39	1,54	HAP v4.31
	Dançando	89,5	160	249,5	0,36	1,79	
	Sentado em repouso	67,4	35	102,4	0,66	0,52	
	“User”	100	154	254	0,39	1,54	por hipótese
paciente	(70%65W=46)	65	0	65	1,00	0,00	ASHRAE[101]
7+1	(Desporto)	1521	2233	3754	0,41	1,47	
7+1	(Trabalho pesado)	<b>1143</b>	<b>1897</b>	3040	0,38	1,66	
7+1	“User”	765	1078	1843	0,42	1,41	
5+1	(Trabalho pesado)	<b>835</b>	<b>1355</b>	2190	0,38	1,62	
Ref. 1	2	3	4	5=3+4	6=3/5	7=4/3	8

### Carga produzida pelos equipamentos e iluminação

Sala	Equipamento	Qt	Q <sub>s</sub> [W/equip]	Q <sub>total</sub> [W]
Tipo A	Monitor	4	200	800
	Maquina Anestesista	1	200	200
	Ventilador Respiração	0	200	0
	Iluminação geral	4	180	720
	Iluminação cirúrgica	6	50	300
	total A			
Tipo B	Monitor	3	200	600
	Maquina Anestesista	1	200	200
	Ventilador Respiração	0	200	0
	Iluminação geral	4	120	480
	Iluminação cirúrgica	6	50	300
	total B			
Ref. 9	10	11	12	13=11*12

**Carga interna Total**

Sala	$Q_{total,s}$ [W]	$Q_{total,L}$ [W]	$Q_{total}$ [W]	FCSL
Tipo A	3163	1897	<b>5060</b>	0,63
Tipo B	2415	1355	<b>3770</b>	0,64
<i>Ref.</i>	<i>14=7+13</i>	<i>15=5</i>	<i>16=14+15</i>	<i>17=14/16</i>

## Anexo II

### O Projecto

#### MEMÓRIA DESCRITIVA

##### O objectivo

De modo a reduzir a concentração de contaminantes no ar bem como a sua proliferação e o contágio, através da instalação, é necessário que os requisitos regulamentares sejam aplicados, na fase de projecto, aos vários componentes da instalação.

Os 4 factores mais importantes para projecto de um sistema de ar condicionado para uma sala limpa são:

Um fornecimento de ar - que garanta um caudal volúmico suficiente para promoção da limpeza e para garantir o grau de limpeza do bloco.

Uma circulação de ar - que previna zonas de estagnação onde as partículas podem acumular-se.

O tratamento do ar - que satisfaça as exigências da dada limpa no se que refere a temperatura, humidade e requisitos de filtragem.

Uma insuflação de ar – que mantenha uma pressão positiva especificada.[10].

A necessidade de conciliar a gestão dos recursos e a gestão das necessidades conduziu ao estudo de um sistema que permita a sua adaptação aos diferentes tipos de cirurgia e seja mais económico, em termos de consumo, do que os sistemas normalmente utilizados.

Atendendo à prática “fora de portas”, já consolidada e sujeita a contínuos ensaios de melhoria, consideram-se salas operatórias dotadas de sistemas dedicados com recirculação do ar.

Critérios de projecto:

- Unidade Tratamento de Ar

*Tem por finalidade tratar o ar que será distribuído pelas zonas de risco. Por essa razão a UTA é um elemento crítico dos sistemas de climatização de uma zona de risco pois deve garantir as condições térmicas adequadas assim como um elevado nível de limpeza.*

*A utilização de uma UTA por sala permite operação de manutenção mais simples e individuais sem ter que deixar sem serviço as áreas restantes em caso de avaria ou do aparecimento de um foco infeccioso.*

*As unidades devem estar próximo das áreas a tratar para que a rede de condutas seja a menor possível de modo a minimizar o número de acessórios.*

*As UTAs devem ser estanques, com baixas pontes térmicas com superfícies interiores lisas, em aço inox, e ter fácil acesso para limpeza.*

*A UTA deve ser constituída pelas seguintes secções:*

### ***Insuflação***

#### *Admissão*

*Admissão de Ar - A correcta localização das tomadas de ar é fundamental para manter a qualidade do ar nas zonas de risco. Não devem localizar-se próximo de potenciais fontes de contaminação (chaminés de caldeiras e cozinhas ou tubos de escape de grupos eléctricos, extracções de ar do edifício ou hottes de laboratórios, extracções de instalações sanitárias, torres de arrefecimento, parques zonas de espera ambulâncias ou cais de descarga de camiões.*

A tomada de ar exterior da UTA deve estar suficientemente afastada das saídas de gases, fumos e outras fontes de contaminação ambiental.

A admissão de ar exterior deve estar o mais afastado possível (e com orientação oposta), mas nunca a menos de 7,6m, dos equipamentos de combustão. A base das tomadas de ar exterior para a unidade de tratamento, devem ficar o mais alto possível (recomenda-se 3,7m) mas nunca a menos de 1,8m acima do nível do solo ou, se instaladas na cobertura, a 0,9m acima da cota da laje.[38]

A extracção do ar interior deve estar pelo menos 3m acima do solo e afastada das portas, de áreas ocupadas e janelas com possibilidade de abrir. A localização ideal da exaustão do ar interior é nas coberturas com extracção vertical ou horizontal para longe da admissão de ar exterior.

Deve ter-se particular cuidado na localização duma exaustão muito contaminada (por exemplo, motores, captosres de fumos, cabinas de segurança biológica, exaustores de cozinha, e cabinas de pintura). Os ventos predominantes, os edifícios adjacentes e as velocidades de descarga devem, também, ser tidos em consideração. [38]

#### *Pré filtro*

#### *Recuperador de calor*

*Entre 36% e 46% dos custos anuais de energia de um hospital são devidos a instalações de climatização.*

*Em períodos de não ocupação é admitido a redução do caudal total de ar insuflado desde que sejam mantidos as condições de pressão relativa ente espaços adjacentes.*

*A ASHRAE admite uma redução até 25% do caudal total requerido em condições de funcionamento do bloco operativo.*

#### *Baterias de frio e calor*

*Em geral são necessárias apenas duas baterias, colocadas em série. Em primeiro lugar a bateria de frio para arrefecimento e em segundo lugar a de aquecimento, podendo realizar-se com as duas a desumidificação.*

#### *Humidificador*

*O humidificador mantém as condições mínimas de humidade dentro da sala. A sua utilização justifica-se não só por razões de conforto mas também por razões de segurança uma vez que evita o aparecimento da electricidade estática.*

#### *Ventilador de insuflação*

Os ventiladores de insuflação devem estar entre o primeiro e o segundo nível de filtração

*Deve ter-se presente que o motor e as correias do ventilador são fontes potenciais de acumulação e desenvolvimento de contaminantes, pelo que se recomenda que a sua montagem se faça a jusante dos filtros.*

*Recomenda-se o uso de ventiladores de impulsão de alhetas de reacção pois têm um funcionamento mais estável e tem um bom rendimento a velocidade reduzida*

#### *Silenciador*

#### *Filtro de alta eficiência*

### ***Extracção***

#### *Silenciador*

#### *Filtros*

#### *Ventilador de extracção*

- Sistema de filtração

*A parte fundamental do processo de preparação do ar que se realiza numa UTA é a filtração do ar tratado.*

*A filtração de partículas divide-se em três níveis: pré-filtração, filtro alta eficiência, filtração HEPA.*

*Esta sequência de filtração tem como finalidade garantir que não será introduzida mais do que uma quantidade pré definidas de partículas para o interior da sala.*

*A classe de um local é definida pelo número máximo de partículas de um dado diâmetro (partículas de referência) presente num dado volume de ar.*

Os filtros devem ser montados de modo a prevenir a fuga de ar através das fibras e através da junta do aro de suporte do filtro com a calha de montagem. Uma pequena abertura que permita a passagem de ar contaminado através do filtro anula todos os cuidados de limpeza.

Deve ser instalado um manómetro na secção de filtração para controle da queda de pressão através do filtro. A observação visual não é uma boa medida de precisa do grau de colmatação do filtro.

Durante a construção, as entradas das condutas e difusores devem ser tamponadas de modo a evitar a entrada de poeiras, sujidade ou produtos perigosos.

Esta contaminação é muitas vezes permanente e propicia um meio para o aumento do número de infecções. Os filtros, novos ou existentes, podem ficar rapidamente obstruído com as poeiras das obras de construção [38]

- Rede de condutas

*A redes de condutas devem ter parede lisa no interior, ser fabricadas em chapa de aço galvanizado e ter um número suficiente de portas de limpeza e inspecção. Estas portas devem ser dotadas de aro e vedante adequados à estanquidade exigida.*

- Difusão e Extracção

*São utilizados dois tipos de difusão do ar: Fluxo Turbulento e Fluxo “Laminar”*

O ajuste do caudal não deve poder ser alterado, nem mesmo de modo accidental

As grelhas de extracção devem permitir o seu fácil acesso para limpeza. O bordo inferior das grelhas de extracção deve situar-se a pouco centímetros do chão.

- Sistema de regulação e controle

*O sistema de regulação do sistema de climatização das salas críticas controla os seguintes parâmetros:*

*Temperatura e humidade da sala*

*Rendimentos dos níveis de filtração*

*Caudais de ar de insuflação e de retorno*

*Pressão relativa da sala climatizada [17]*

*Redundância: As salas limpas funcionam durante as 24h do dia. O custo dum a pode ser significativo. Deste modo, o custo pela utilização de redundância de equipamentos pode ser compensado ao longo do tempo.[10]*

## **Ventilação e filtração**

Notas:

- A ventilação nunca deve ser desligada sem o acordo prévio do serviço técnico.
  - A ventilação pode funcionar em baixo regime, no mínimo 50%, quando a sala não é utilizada
  - A ventilação deve ser colocada a pleno regime (100%) pelo menos uma hora antes da primeira utilização
  - A sala de operações deve estar em sobrepressão relativamente aos espaços adjacentes do bloco operatório
  - Deve ser exigido que a abertura de portas se reduza ao mínimo indispensável de modo a assegurar a manutenção da pressão.
  - Após pequenas reparações na sala de operações, a ventilação deve ser mantida (a 50% do caudal nominal) e assegurar por um lado que a sala não se encontra em sobrepressão relativamente aos outros espaços e por outro que se dispõe de uma boa extracção de ar.
  - Antes do início de qualquer trabalho ou reparação na sala de operação responsável pela manutenção deve ser informado para que possa tomar as medidas necessárias para protecção da instalação. `fundamental manter o caudal total da ventilação.
- No caso de ser necessário parar à paragem da ventilação, o filtro deve ser embalado e fechado hermeticamente.
- Os actuais métodos de medição de germes no ar actuais não devem ser considerados para o controle entre as operações. As medições efectuadas nas salas vazias não são adequadas para avaliar o sistema de ventilação, pelo que não foram consideradas pela nova directiva (99-3F). O controle microbiológico do ar não é recomendado para rotinas, no entanto pode ser solicitado pelos serviços de higiene hospitalar no caso de suspeita de contaminação da sala de operação.[69]

### Manutenção:

A colmatagem dos filtros, numa sala de operação (SO) de risco 3 ou 4, é um dos principais critérios a verificar pela manutenção. Os filtros devem ser fabricados em materiais que permitam uma desinfeção regular (por exemplo, inox ou revestimentos poliméricos). A frequência dos procedimentos depende de cada utilização.

Cada pleno ou tecto deve ser equipado com tomadas de pressão que permitam medir variação de pressão através do filtro instalado, obtendo-se a sua perda de carga. Se esta igualar ou ultrapassar a perda de carga recomendada pelo fabricante é porque o filtro se encontra colmatado e deve ser mudado.

No caso de operações (risco 3 e 4) há a considerar um outro risco que é a projecção (salpico) de pingos, ou gotas, de sangue ou líquidos corporais.[3]

Um filtro de alta eficiência, colmatado ou em fim de vida, não deve ser sujeito a qualquer tipo de limpeza mas sim substituído por outro novo.

A substituição dos filtros num tecto filtrante irá provocar uma paragem de ventilação e o aumento da contaminação na sala de operação pelo que requer que, de seguida, sejam feitos testes de estanquidade, limpeza bioquímica, contagem de partículas e análises microbiológicas.[3]

Antes de qualquer operação de limpeza e/ou desinfeção do sistema AVAC do bloco operatório, consultar o serviço de controle de infecção. Recomenda-se que todo o processo seja protocolado [17]

A sala técnica deve estar dotada de um sistema de ventilação que garanta no máximo uma temperatura de 40°C dentro deste espaço.

### CONSUMO DE ENERGIA DE UMA SISTEMA DE VENTILAÇÃO DE UMA SALA DE OPERAÇÃO

De uma forma simples, as necessidades de arrefecimento podem ser calculadas através de uma das equações:

$$\text{Carga de arrefecimento (kW)} = m \Delta h \quad (3a)$$

$$\text{Carga de arrefecimento (kW)} = (V \rho_{ar}) \cdot (c_p \Delta T) \quad (3b)$$

em que

$m$  = caudal mássico,  $kg/s$

$\Delta h$  = variação da entalpia,  $kJ/kg$

$V$  = caudal volúmico,  $m^3/s$

$\rho_{ar}$  = densidade do ar,  $m^3/kg$

$c_p$  = calor específico  $kJ/kg \cdot ^\circ K$

$\Delta T$  = diferença de temperatura,  $^\circ K$

\*\*Desprezando os ganhos e as perdas

Nas equações anteriores assume-se que o valor da densidade do ar e o calor específico são constantes. Tem-se que a carga de arrefecimento apenas depende do caudal volúmico para uma dada diferença de temperaturas [70]

### DIMENSIONAMENTO DE GRELHAS DE TRANSFERENCIA

As grelhas de transferência, ou de equilíbrio de pressão, podem ser utilizadas para limitar as diferenças de pressão através das portas de uma sala sujeita a um escoamento ou, nalguns casos, para garantir um escoamento em série. As grelhas permitem o escoamento nos dois sentidos, no entanto, não se aplicam a todas as situações.

As grelhas devem ser dimensionadas para uma velocidade máxima de  $1,5m/s$  (HTM 2025) e a sua área pode ser calculada através da expressão:

$$A=0,84*\sqrt{\Delta P}$$

em que:

A – área de passagem [ $m^2$ ]

Q –caudal [ $m^3/s$ ]

$\Delta P$  – diferença de pressão [Pa]

e o escoamento através de uma grelha a sujeita a uma diferença de pressões pode ser determinado através da expressão:

$$Q_2=Q_1*\sqrt{(\Delta P_2/\Delta P_1)}$$

em que:

$Q_1$  e  $\Delta P_1$  são o caudal e diferença de pressão iniciais e

$Q_2$  e  $\Delta P_2$  são o caudal e diferença de pressão finais

A grelha de transferência pode ser substituída por uma folga na porta equivalente à área de passagem

Os estabilizadores de pressão têm a dupla função de facilitar o escoamento do excesso de ar para os espaços vizinhos e de manter os diferenciais de pressão (manter a cascata de pressão).

## COMPARTIMENTAÇÃO (DECRETO REGULAMENTAR 63/94)

### Artigo 11.º - Circulações

1 - Os corredores para circulação de camas e macas, devem ter um mínimo de 2,20 m.

4 - As portas das salas utilizadas na passagem de macas e camas, designadamente salas de tratamento, de operações, devem ter o mínimo de 1,40 m largura útil e dois batentes.

### DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA - EXEMPLO

Definir as características para cada sistema HVAC a instalar em cada sala, admitindo que não existem outros requisitos complementares.

Considere um bloco operatório com 3 salas de operação com diferentes requisitos de limpeza.

- sala 1: classe ISO 5 (100), 6 x 12 x 2,5m de altura
- sala 2: classe ISO 7 (1 000), 12 x 15 x 2,5m de altura
- sala 1: classe ISO 8 (10 000), 12 x 15 x 2,5m de altura

### Dados de concepção

Cada sala de operação deve ser equipada com sistema de filtragem de alta eficácia (HEPA), circulação de ar e sem fugas e com controle de pressão.

Parâmetro	Classe 100	Classe 1000	Classe 10 000
Dimensões da sala	6 x 8 x 3m	12 x 15 x 2,5m	12 x 15 x 2,5m
Volume da sala	144 m <sup>3</sup>	450 m <sup>3</sup>	450 m <sup>3</sup>
Cobertura do filtro	100%	30%	15%
Área de filtragem	48 m <sup>2</sup>	54 m <sup>2</sup>	27 m <sup>2</sup>
Velocidade do ar	0,45 m/s	0,20 m/s	0,075 m/s
Insuflação	21,6 m <sup>3</sup> /s	10,8 m <sup>3</sup> /s	2,03 m <sup>3</sup> /s
Renovações de ar	540 rph	86,4 rph	16,2 rph

A sala 1 (classe 10) tem uma filtragem HEPA de 100% do tecto, ventiladores de recirculação, extracção inferior e superior, pressurização e controle de ruído.

A sala 2 (classe 1 000) tem retorno inferior, uma área de filtragem HEPA cobrindo 30% do tecto ou em conduta, pressurização e controle de ruído.

A sala 2 (classe 1 000) tem uma área de filtragem HEPA correspondente a 15% do tecto em conduta, retorno lateral, pressurização e controle de ruído.

Outras características mecânicas constam da Tabela seguinte.[71]

<b>Crítérios de Projecto de Salas Limpas (Requisitos Mecânicos)</b>					
<b>Crítério</b>	<b>Classe</b>				
	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>1000</b>	<b>10 000</b>	<b>100 000</b>
Renovações por hora	600	300-480	150 - 250	60 – 120	10 – 40
Cobertura filtros HEPA %	100	70 - 100	30 - 60	10 - 30	5 - 10
Caudal de ar m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>		1620	720	270,7	
Eficiência de filtração	99,9997	99,997	99,997	99,997	99,97
Escoamento	Unidireccional	Unidireccional	Turbulento	Turbulento	Turbulento
Retorno/extracção	Pelo chão	Parede em baixo	Parede em baixo	Parede em baixo ou tecto	Parede em baixo ou tecto
Estimativa de custo [€/m <sup>2</sup> ]	600 - 750	450 - 650	160 - 260	60 – 70	40 – 50

\*Os custos diminuem à medida que a classe diminui. O aumento dos custos está associado ao aumento da área de filtração, da unidade de tratamento e dos custos de controle da temperatura e humidade.

## Sítios consultados

Palavras utilizadas na consulta bibliográfica:

“Fluxo “laminar” + bloco operatório”, ”operation Theater”, “salas limpas”, “...

[http://www.aqc.be/index.php?option=com\\_content&task=view&id=17&Itemid=16](http://www.aqc.be/index.php?option=com_content&task=view&id=17&Itemid=16)

[http://www.aspec.asso.fr/espace\\_technique/salle\\_blanche.php](http://www.aspec.asso.fr/espace_technique/salle_blanche.php)

[http://www.arath.ch/dossiers/sallepropre/ventilation\\_op.htm](http://www.arath.ch/dossiers/sallepropre/ventilation_op.htm) (ASSOCIATION ROMANDE DES AGENTS TECHNIQUES HOSPITALIERS)

<http://www.armstrong.com/content2/commclgam/files/4270.pdf>

<http://www2.bhp.com.br/slimpas.pdf>

<http://www.cham.co.uk/casestudies/clean.ppt#283,35>, Room 30 - “ Before ”

[http://www.cleanroomsint.com/pdf/803-804\\_LFM\\_.pdf](http://www.cleanroomsint.com/pdf/803-804_LFM_.pdf)

<http://www.coastwidelabs.com/Technical Articles/Cleaning the Cleanroom.htm>

<http://www.germfree.com/”laminar” Flow History.htm>

<http://www.hospitalnacional.com/>

<http://terrauniversal.com/products/cleanrooms/Application.php>

<http://www.hvacindia.com/journals/default.html>

<http://www.hvacindia.com/journals/2001oct/article01.html>

<http://www.guth.com/canada/products/pdf/Bio-seal.pdf>

[http://www.revistadofrio.com.br/revista\\_materia\\_ler.php?codigo=370](http://www.revistadofrio.com.br/revista_materia_ler.php?codigo=370)

[http://www.sciairtech.com/lab\\_flow\\_control.htm](http://www.sciairtech.com/lab_flow_control.htm)

[http://www.takenaka.co.jp/takenaka\\_e/cleanroom\\_e/industrial/index.html](http://www.takenaka.co.jp/takenaka_e/cleanroom_e/industrial/index.html)

<http://www.vestclean.com.br/pag 7.htm>

[http://www.wbdg.org/ccb/DOD/UFC/ufc\\_4\\_310\\_02n.pdf](http://www.wbdg.org/ccb/DOD/UFC/ufc_4_310_02n.pdf)

<http://xfelinfo.desy.de/en/artikel.reinheit-sinn/2/index.html>

<http://www.idae.es/revision-rite/documentos/ITE-02-00.pdf>

<http://www.ingenieria-civil.org/PDFs/RITE.pdf>

<http://www.cstc.be/homepage/download.cfm?dtype=europe&doc=LaVentilationDesImmeublesDeBureaux.pdf&lang=fr>

<http://www.isover.net/asesoria/manuales/climaver/pdf/02.pdf>

[http://web.usal.es/~norber/TA/TA\\_03\\_2007\\_01.pdf](http://web.usal.es/~norber/TA/TA_03_2007_01.pdf)

[http://www.mssl.ucl.ac.uk/mssl\\_only/databases.html](http://www.mssl.ucl.ac.uk/mssl_only/databases.html)

[http://www.ac2q.ch/Infos/swki-va104\\_001.html](http://www.ac2q.ch/Infos/swki-va104_001.html)

[http://www.aivc.org/medias/pdf/Air/air0709\\_web\\_ed.pdf](http://www.aivc.org/medias/pdf/Air/air0709_web_ed.pdf)  
<http://www.aktinova.ch/files/RichtlinieVA104-01.pdf>  
[http://www.bht.ch/de/pdf/referate/Handout\\_L+M-051111a.pdf](http://www.bht.ch/de/pdf/referate/Handout_L+M-051111a.pdf)  
<http://www.suissetec.ch/documents/SWKI-Richtlinienreihe.pdf>  
[http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer\\_Data-Centre\\_ScanE\\_26-10-07.pdf](http://www.cepe.ethz.ch/publications/Aebischer_Data-Centre_ScanE_26-10-07.pdf)  
[http://www.wtsbenelux.nl/www/html/DOCUMENTEN/EN\\_The\\_new\\_generation\\_operating\\_theatres.pdf](http://www.wtsbenelux.nl/www/html/DOCUMENTEN/EN_The_new_generation_operating_theatres.pdf)  
[http://www.aivc.org/medias/pdf/Air/air0709\\_web\\_ed.pdf](http://www.aivc.org/medias/pdf/Air/air0709_web_ed.pdf)  
<http://www.aktinova.ch/files/RichtlinieVA104-01.pdf>  
[http://www.christ-aqua.ch/downloads/INFO\\_Fachseminare.PDF](http://www.christ-aqua.ch/downloads/INFO_Fachseminare.PDF)  
<http://www.lausanne.ch/Tools/GetLinkedDoc.asp?File=11875.pdf&Title=Brochure+%22Logements+durables%22+4>  
<http://www.suissetec.ch/documents/SWKI-Richtlinienreihe.pdf>  
<http://www.wtsbenelux.nl/www/html/DOCUMENTEN/EN%20The%20new%20generation%20operating%20theatres.pdf>  
[http://www.sia.ch/produktevoransicht/i2024\\_2006\\_f.pdf](http://www.sia.ch/produktevoransicht/i2024_2006_f.pdf)  
<http://www.rassis.com/artigos/Fila%20de%20espera%20em%20cirurgia.pdf>  
[http://www.wkt.com/sixcms/media.php/687/01\\_FF\\_brochuraHig\\_Hospitalar.pdf](http://www.wkt.com/sixcms/media.php/687/01_FF_brochuraHig_Hospitalar.pdf)  
<http://www.cghenvironmental.com/elevenrecs.html>  
<http://courses.washington.edu/me425/425%20Psychrometric%20Review%202007.pdf>

## Bibliografia e Referências

---

- 1 [www.armstrong.com](http://www.armstrong.com), Glossário Outras Definições.htm, Dez 2007 [044]
- 2 [www.aspec.asso.fr/espace\\_technique](http://www.aspec.asso.fr/espace_technique) - ASPEC - Historique des salles blanches et normalisation, Dez 2007 [021]
- 3 [www.xpair.com/savoir\\_faire.php](http://www.xpair.com/savoir_faire.php) - Diffusion de l'air par flux directionnel ou non directionnel (Hygiène et traitement de l'air dans l'hospitalier).pdf [072a]
- 4 Prevenção de infeções Adquiridas no hospital - Um Guia Prático, Instituto Ricardo Jorge [087]
- 5 [www.fen.ufg.br/revista/revista8\\_1/revisao\\_01.htm](http://www.fen.ufg.br/revista/revista8_1/revisao_01.htm) - Revista Eletrônica de Enfermagem Condicionamento de ar em salas de operação e controle de infecção – uma revisão et al [084]
- 6 [www.Cabano.br/Salas Limpas.htm](http://www.Cabano.br/Salas Limpas.htm) [082]
- 7 [www.health.qld.gov.au/infectioncontrol](http://www.health.qld.gov.au/infectioncontrol) - Queensland Health\_InfectionGuide - Australia - Building and Refurbishment: Infection Control Guidelines-Jan2002 [076c]
- 8 [www.aeih.org](http://www.aeih.org) - Revista científica y técnica de la Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria – Ingeniería Hospitalaria, nº30, Oct 2005, pág. 13 [001c]
- 9 [www.coastwidelabs.com](http://www.coastwidelabs.com) - A Basic Introduction to Clean Rooms By Roger McFadden, Dez 2007 [033]
- 10 [www.PDHcenter.com](http://www.PDHcenter.com) - m143content, págs. 15, 20 e 28 [023]
- 11 Vest Clean\_\_conceitos básicos de salas limpas [038]
- 12 [www.camfil.com](http://www.camfil.com) - Classificação de Salas Limpas, 2007 [003c]
- 13 [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) - Ventilation performance in the operating theatre against airborne infection- numerical study on an ultra-clean system / T.T. Chow\*, X.Y. Yang, Received 28 November 2002 [025d]
- 14 CHUV - Ventilation au bloc opératoire-hh\_forum0505-1 (Forum Hygiène Hospitalière) [052b]
- 15 [www.s2c2.co.uk](http://www.s2c2.co.uk) - Cleanroom-Design-Intro [064f]
- 16 Recofin - Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé, Air, eaux et surfaces - Ministère chargé de la santé, DGS/DHOS, CTIN, 2002. [010]
- 17 aci Asociación Catalana Infermeres Control Infecció - Bases para la Limpieza en los Centros Sanitarios, LL. TORRENS GARCIA, J. ESPUÑES VENDRELL, J. MERINO GONZALEZ, [031]
- 18 OTIC - Microbiological Commissioning and Monitoring of Operating Theatres Suites - Hospital Infection Society, UK, [085]
- 19 [www.france-air.com/Documentation/Réglementation/Ultrapropreté](http://www.france-air.com/Documentation/Réglementation/Ultrapropreté) - Regres d'art\_ZECO (France Air) [057h]
- 20 [www.france-air.com](http://www.france-air.com) -Traitement d'air et Salles Propres, L'approche de France Air [057g]
- 21 Carlos Piteira - QAI em Instalações Hospitalares, ed.Lidel, 2007 [L1]
- 22 [www.CleanRooms.com](http://www.CleanRooms.com) - Contamination Control Technology.htm; <http://cr.pennnet.com/forum/> - By: Max Zapper [017]
- 23 ASHRAE Journal, September 2004 – Understanding Pharmaceutical Cleanroom Design, By John Zhang, P.E [026]
- 24 [www.camfilarr.com/cou\\_espana/industries/care/filtration\\_requirements.cfm](http://www.camfilarr.com/cou_espana/industries/care/filtration_requirements.cfm) [003a]
- 25 camfill far, Data, do cd) [L2]
- 26 [www.cdc.gov/ncidod/dhqp/pdf/isolation2007.pdf](http://www.cdc.gov/ncidod/dhqp/pdf/isolation2007.pdf) - Guideline for Isolation Precautions Preventing Transmission of Infectious Agents in Healthcare Settings 2007 [024b]
- 27 [www.chuv.ch/swiss-noso/www.swki.ch](http://www.chuv.ch/swiss-noso/www.swki.ch) - Infections du site chirurgical revue - SN Vol 3 No 1, Mars 1996 [048e]
- 28 [www.chuv.ch/swiss-noso/www.swki.ch](http://www.chuv.ch/swiss-noso/www.swki.ch) - Ventilation et prévention des infections L\_ bloc opératoire - SN Vol 8 No 1, Mars 2001 - Christian Ruef, Zürich, Nicolas Troillet, Sion (2007) [048b]
- 29 [www.tecniclma.com/CLIMAnet/Imprensa-salas limpas](http://www.tecniclma.com/CLIMAnet/Imprensa-salas limpas) - Salas Brancas na Cruz Vermelha (2007) [090]
- 30 aci Asociación Catalana Infermeres Control Infecció - Limpieza del Bloque Quirúrgico y Otras Áreas Críticas, LL. TORRENS GARCIA [031a]
- 31 [www.ahq.org](http://www.ahq.org) - Guide sur la Qualité de L'air Intérieur- RG-410 [063]
- 32 Health Technical Memorandum HTM 03-01-2007 - Ventilation in healthcare premises Design considerations, Part A [091]
- 33 Especificações Técnicas para Instalações de AVAC (ET 6/2008), Administração Central do Sistema de Saúde IP (ACSS) [015i]
- 34 ASHRAE 1999 HVAC Applications Handbook [113]
- 35 [www.uniclima.fr](http://www.uniclima.fr) - Air 08 - AIR - Typologie des installations de trait air [029]

- 36 Decreto regulamentar 63/94, de 2Nov - Requisitos Unidades Privadas de Saúde [022]
- 37 www.breck.com - Patrick Break []
- 38 2003 ASHRAE, Hvac Applications - Chapter 7 - Health Care Facilities [026a]
- 39 www.nhsc.com - Scottish Health Technical Memorandum - SHTM 2025 (Pt2), v2.0 June 2001, Ventilation in healthcare premises [108]
- 40 Health Estate Journal\_Nic.p20-23 HEJmay07 (Holanda) - New design Standarts for Theatre Ventilation, H.J Nicolaas, NBHF [088]
- 41 Ultraclean Laminar airflow Ors, Friberg B, Umea University, Umea Sweden Rev. Infect. Dis. 1991 Sep-Oct [025g]
- 42 www.ccih.med.br/bibl-maio-2004-1.html - Ventilação do centro cirúrgico e risco de infecção hospitalar [115]
- 43 www.arath.ch/index.php - Article tiré de la revue "Salles Propres & Maîtrise de la Contamination" N°3 - Juin 1999 - ARATH - Ventilation des Salle d'opération [028]
- 44 Comparison of Operating Room Ventilation Systems in the protection of the Surgical site, F. Memarzadeh, A.P. Manning (ashrae 2002) [101]
- 45 Decreto Lei 409/98, de 23Dez - Regulamento de Segurança Contra Incêndio em edifícios de Tipo Hospitalar [022g]
- 46 Recomendação sobre Instalações para Cuidados Continuados - RCCI Aug2006 V2, Direcção Geral das Instalações e Equipamentos de Saúde (DGIES) [015b]
- 47 www.aeih.org - Revista científica y técnica de la Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria - Guía para diseño o reforma de un bloque Quirúrgico Víctor González Clará, Fev2007 [001]
- 48 www.sfh.net - sfhh\_amrogues.pdf (Société Française d'Hygiène Hospitalière) [011a]
- 49 2003 ASHRAE Applications Handbook (SI) [026b]
- 50 www.osha.gov - osha - Hospital eTool Surgical Suite Module & Tool Intensive Care Unit (ICU) Module - U.S. Department of Labor, 2008 [036]
- 51 www.health.qld.gov.au - Building and Refurbishment: Infection Control Guidelines- Queensland Health Planning and Design - Section 2 [076a]
- 52 www.health.qld.gov.au - Building and Refurbishment: Infection Control Guidelines- Queensland Health Infection Guide [076c]
- 53 www.sfh.net - Recomendation d'experts SFHH - Qualité de L'air au Bloc Operatoire [011]; Classement des Typologies des Installations - UNICLIMA 2004 [029]
- 54 www.rrhbn.org/attachements/026\_Resume Squinazi.pdf - Zones a Risques et Traitement de L'air, Docteur Fabien SQUINAZI [105]
- 55 cclinouest - RHC\_2006\_Cetre - Qualité de l'air au bloc opératoire [052a]
- 56 www.breck.com - norma NFS 90-351 critiqué (2007) [045]
- 57 www.breck.com-new-traitement-air [045j]
- 58 Weiss - Projectos Chave na mão [116]
- 59 www.chtamegasousa.pt - Hospital Tâmega [092]
- 60 www.wkt.com - OpDeckeneng.239886 (Weiss) [042]
- 61 www.health.qld.gov.au/infectioncontrol - Queensland Health\_Planning and Design - Section 2 [076a]
- 62 Hospitais da Universidade de Coimbra\_ficheiros\huc303.htm [015e\_z]
- 63 www.sciencedirect.com - HVAC and indoor thermal conditions in hospital operating rooms, Constantinos A. Balaras , Elena Dascalaki, Athina Gaglia, 2006, [098]
- 64 1997 ASHRAE Fundamentals Handbook - Ventilation and Infiltration, cap 25 [026c]
- 65 www.breck.com- Fiches Techniques (Cabinet Patrick Break) [045i]
- 66 www.sfh.net - La Qualité de L'air au Bloc Opératoire, Recommendations (la qualité de l'air au bloc opératoire) SFHH, Out 2004 (Dez 2008) [011]
- 67 New guidelines for hospitals in Switzerland and in Germany, Dipl. Ing. Arnold Brunner, 2005 - overview over the Guideline VDI 2167, (Ago 2009) [109]
- 68 www.energie.arch.ucl.ac.be/CDRom\_Climatisation\_concevoir\_Hopital\_cliHopcChoixDebitZRC.htm\_controlle, (Ago 2009) [040p]
- 69 www.sciencedirect.com - hpci\_w\_rec\_00003 (Ventilation et filtres d'air dans la salle sans flux d'air unidirectionnel (FAU)) [013a]
- 70 www.johnsonmedical.com/energy\_consumption.htm - A Brief note on the Energy Consumption for Operating Theatre Ventilation Systems, Agne Nilsson, 2009 [100b]
- 71 www.PDHcenter.com - m143content [023]