



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica



Projeto de AVAC aplicado à Indústria Farmacêutica, com ênfase no Controlo e Instrumentação

LUÍS CARLOS ALVES MORAIS
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

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

Orientador:

Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

Júri

Presidente:

Doutor Silvério João Crespo Marques

Vogais:

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

Dezembro de 2019

Agradecimentos

Aos meus pais, pelos pais que são e pelos valores que me transmitiram. A eles e à minha irmã devo a pessoa, o estudante e o profissional que sou, orgulhoso de tudo aquilo que me deram e do que representam para mim. Octávio Morais, Odete Alves e Sofia Morais, obrigado!

Aos meus longos e verdadeiros amigos, com quem tive o prazer e a sorte de estudar e de quem fui colega durante o meu percurso universitário. Obrigado por fazerem parte desta etapa, por partilharem comigo todas as dificuldades e facilidades deste percurso e por todo o apoio ao longo dos anos de ISEL.

Aos meus longos e verdadeiros amigos com quem percorri várias etapas da minha vida e que também eles me influenciaram no meu crescimento pessoal. Pelo simples, mas valioso, gesto de ‘ser amigo’ e por me permitirem que também o seja para vós, obrigado.

Ao Professor João Antero Cardoso, por todo o conhecimento transmitido não só durante a orientação deste trabalho final de mestrado, mas também por todas as cadeiras que me leccionou. Nele reconheço real profissionalismo, conhecimento e um verdadeiro professor.

O trabalho final de mestrado é o culminar de todo o meu percurso académico até à data. Sendo esse percurso influenciado por amigos, professores, formadores e colegas e instituições que se cruzaram comigo e que à sua maneira influenciaram a minha formação, a eles em geral devo o meu agradecimento.

À Geoterme – Automação, Lda. e a todos os seus colaboradores, o meu agradecimento pelo contributo para minha formação profissional e pelos conhecimentos transmitidos.

Por fim, ao Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, a todos os seus constituintes e a todos os que o constituíram. É realmente imensurável a quantidade de profissionais formados por esta instituição. O meu agradecimento àqueles que verdadeiramente contribuem para o seu bom funcionamento.

Resumo

Com o presente Trabalho Final de Mestrado – *Projeto de AVAC aplicado à Indústria Farmacêutica, com ênfase no Controle e Instrumentação*, pretende-se estudar e aplicar as técnicas de climatização, refrigeração, controle e monitorização adequadas a uma indústria exigente no que concerne a qualidade de ar interior.

Dado o controle de qualidade rígido que recai sobre os produtos derivados da indústria farmacêutica, a exigência e rigor refletem-se em todo o processo de produção, desde a matéria-prima, até às condições ambiente em que se desenrola o processo e se armazena o produto final. Sobre a indústria farmacêutica recaem rígidas normas e diretivas, o que se espelha também na necessidade de um controle e monitorização detalhados sobre o AVAC.

Pode dizer-se que, no caso particular da indústria farmacêutica, o AVAC tem um papel crítico na cadeia de produção, ficando em segundo plano o conforto do utilizador que é usualmente o foco dos sistemas de AVAC.

O nível de qualidade de ar no interior de uma sala limpa depende diretamente do sistema de AVAC, sendo vital a monitorização e controle das condições interiores para que se garanta o cumprimento de todas as exigências. Estas exigências são estabelecidas por normas como a ISO 14644 ou a GMP – *Good Manufacturing Practices*.

Com o presente trabalho, pretende-se desenvolver o sistema de AVAC e controle de uma instalação destinada à produção farmacêutica, projetando a solução técnica mais adequada e um sistema de controle que apresente garantias de monitorização e controle. Dada a dimensão do laboratório, não seria vantajosa a produção de água quente e fria, optou-se assim por um sistema de expansão direta, com recurso a uma bomba de calor reversível para o tratamento de ar na UTAN. A unidade será 100% ar novo com vista à mitigação de contaminação da sala limpa por ar recirculado. Quanto ao SGTC, os equipamentos estarão integrados e serão monitorizados com recurso ao equipamento de campo, garantindo o controle rigoroso das condições do ar interior e de parâmetros como o diferencial de pressões entre os espaços.

Palavras Chave: Indústria Farmacêutica, AVAC, Controle e Instrumentação, Qualidade do ar interior.

Abstract

With the present Master Degree Project - *HVAC Project applied to the Pharmaceutical Industry, emphasizing Control and Instrumentation*, it is intended to study and apply the appropriate techniques of HVAC, refrigeration, control and monitoring to a demanding industry regarding the quality of indoor air.

Given the strict quality control of products derived from the pharmaceutical industry, the requirement and rigor is reflected in the entire production process, from the raw material, to the ambient conditions under which the process is carried out and the final product is stored. The pharmaceutical industry has strict standards and directives, which also reflects the need for detailed control and monitoring of HVAC.

In the particular case of the pharmaceutical industry, HVAC can be said to play a critical role in the production chain, leaving behind the user comfort that is usually the focus of HVAC systems.

The level of air quality inside a clean room depends directly on the HVAC system. Monitoring and control of indoor conditions is vital to ensure that all requirements are met. These requirements are set by standards such as ISO 14644 or GMP - Good Manufacturing Practices.

The present work intends to develop the HVAC and control system of a facility for pharmaceutical production, addressing the peripheral and central issues, designing the most appropriate technical solution and a control system that offers guarantees of monitoring and control. Given the size of the laboratory, central production of hot and cold water for air conditioning would not be advantageous, so it was opted for a direct expansion system, using a reversible heat pump for air treatment at AHU. The unit will be 100% fresh air to mitigate clean room contamination by recirculated air. As for BMS, the equipment will be integrated and monitored using field equipment, ensuring strict control of indoor air conditions and parameters such as pressure differential between spaces.

Keywords: Pharmaceutical Industry, HVAC, Control and Instrumentation, Indoor air quality.

Lista de Siglas e Acrónimos

- AVAC – Aquecimento ventilação e ar condicionado
- UTA – Unidade de tratamento de ar
- ODA – Outside air
- RCA – Recirculated air
- GMP – Good Manufacturing Practises
- ISO – International Organization for Standardization
- ASHRAE – American Society for Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
- OMS – Organização Mundial de Saúde
- HEPA – High Efficiency Particulate Arrestance
- ULPA – Ultralow Penetration Air
- DDC – Direct Digital Control
- BAS – Building Automation System
- SGTC – Sistema de Gestão Técnica Centralizada
- HAP – Hourly Analysis Program
- UTA – Unidade de Tratamento de Ar
- UTAN – Unidade de Tratamento de Ar Novo
- P&ID – Process and Instrumentation Diagram
- Set Point – Valor alvo de um Sistema de controlo

Simbologia

- **t_{DB}** – Temperatura de bolbo seco [°C]
- **t_{WB}** – Temperatura de bolbo húmido [°C]
- **t_{DP}** – Temperatura ponto de orvalho [°C]
- **p_{wv}** – Pressão de vapor de água [Pa]
- **ω** – Humidade Específica [kg_{wv}/kg_{DA}]
- **RH** – Humidade Relativa
- **v** – Volume específico [m³ × kg_{DA}⁻¹]
- **R_{DA}** – Constante universal dos gases perfeitos [J × (kg⁻¹ × K⁻¹)]
- **p_{DA}** – Pressão do ar [Pa]
- **p_{BAR}** – Pressão barométrica [Pa]
- **h** – Entalpia específica [kJ × kg⁻¹]
- **h_{DA}** – Entalpia específica ar seco [kJ × kg⁻¹]
- **h_g** – Entalpia específica vapor de água saturado [kJ × kg⁻¹]
- **U** – Coeficiente Global de Transmissão Térmica [W × (m⁻² × K⁻¹)]

Lista de Figuras

Figura 1 - Temperatura de Bolbo Seco.....	3
Figura 2 - Temperatura de Bolbo Húmido	4
Figura 3 - Temperatura de ponto de orvalho	5
Figura 4 – Humidade específica	6
Figura 5 - Humidade Relativa	7
Figura 6 - Ar com baixa humidade relativa	8
Figura 7 - Ar com alta humidade relativa.....	9
Figura 8 - Ar em ponto de orvalho	9
Figura 9 - Volume específico	11
Figura 10 - Entalpia específica	12
Figura 11 - Processos Básicos da Psicrometria	13
Figura 12 - Arrefecimento e desumidificação	15
Figura 13 - Ciclo típico de ar condicionado	16
Figura 14 - Histerese de temperatura.....	35
Figura 15 - Controlo de temperatura radiador	36
Figura 16 - Diagrama funcional de um sistema de automação de um edifício [7].....	38
Figura 17 - Princípio de rede de comunicação M-Bus	41
Figura 18 - 'Greenhouse' de insuflação [8]	45
Figura 19 - Fluxo de ar no sistema 'greenhouse' [8]'.....	45
Figura 20 - Estado "as built"	48
Figura 21 - Estado "at rest"	49
Figura 22 - Estado "operational"	49
Figura 23 - Comparação do diâmetro de partículas [8]	51
Figura 24 - Estratégias utilizadas nos airlocks	55
Figura 25 - Ventilação em sala com escoamento turbulento [8]	57
Figura 26 - Fluxo do ar escoamento turbulento [8]	57
Figura 27 - Fluxo vertical unidirecional [8]	58
Figura 28 - Filtro de alta eficiência	60
Figura 29 - Microfotografia de malha de um filtro de alta eficiência [8].....	61
Figura 30 - Mecanismos de filtração de partículas	61
Figura 31 - Diagrama do Mapa de Pressões	64
Figura 32 - Dupla Compartimentação	65

Figura 33 - Caudais de fuga.....	67
Figura 34 - Partículas Geradas por Segundo por Operador [17]	68
Figura 35 - Corte da Parede Exterior.....	73
Figura 36 - Corte da cobertura.....	73
Figura 37 - Weather Properties - Design Parameters	75
Figura 38 - Condições exteriores de projeto de verão	75
Figura 39 - Condições exteriores de projeto de inverno.....	76
Figura 40 - Temperatura equivalente de bolbo húmido	76
Figura 41 - Design Temperatures	77
Figura 42 - Normais Lisboa.....	78
Figura 43 – Temperatura e humidade relativa médias janeiro	79
Figura 44 - Caracterização Psicrométrica para valores médios por hora em Janeiro.....	80
Figura 45 - Caracterização Psicrométrica para temperaturas máxima e mínima em janeiro	80
Figura 46 - Correção Design Temperatures	81
Figura 47 - Design Total Solar Heat Gains Janeiro.....	82
Figura 48 - Design Solar.....	83
Figura 49 - Lista de salas HAP	84
Figura 50 - Descrição Sala HAP.....	84
Figura 51 - Cargas Térmicas Sala.....	84
Figura 52 - Fronteiras Sala	85
Figura 53 - Diagrama de perdas de carga em conduta [15] – Redução de velocidade constante	90
Figura 54 - Diagrama de perdas de carga em conduta [15] - Perda de carga constante .	92

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Quatro processos básicos da psicrometria.....	12
Tabela 2 - Processos psicrométricos compostos.....	13
Tabela 3 - Aplicações modernas das salas limpas.....	46
Tabela 4 - Classificação de Salas Limpas - ISO 14644-1	48
Tabela 5 - Classificação de Salas Limpas - GMP	50
Tabela 6 - Dimensão de alguns contaminantes [2].....	52
Tabela 7 - Classificação de salas	63
Tabela 8 - Área de frechas das portas.....	66
Tabela 9 - Caudais de fuga em função do diferencial de pressão.....	66
Tabela 10 - Balanço de fugas de ar.....	67
Tabela 11 - Classificação GMP das salas.....	69
Tabela 12 - Caudais de ar novo de acordo com as normas.....	71
Tabela 13 - Caudais de extração.....	71
Tabela 14 - Quadro resumo dos coeficientes de transmissão térmica.....	73
Tabela 15 - Caracterização das temperaturas do mês de janeiro	81
Tabela 16 - Somatório Energético mês de Janeiro	82
Tabela 17 - Caudais Calculados HAP	86
Tabela 18 - Caudal a considerar para o sistema AVAC	86
Tabela 19 - Velocidades do ar em conduta [15].....	89
Tabela 20 - Seleção Hardware Controlador Modular.....	96
Tabela 21- Espessuras mínimas para chapa	100
Tabela 22 - Condições de Projeto Exteriores	101
Tabela 23 - Condições de Projeto Interiores	101
Tabela 24 - Características Teóricas UTA	102
Tabela 25 - Características Teóricas Ventilador de Extração.....	102
Tabela 26 - Características Bomba de Calor	102
Tabela 27 - Lista de Apêndices	103
Tabela 28 - Lista de Peças Desenhadas	103

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Lista de Siglas e Acrónimos	iv
Simbologia.....	v
Lista de Figuras	vi
Lista de Tabelas	viii
1. Psicrometria.....	1
1.1. Volume e Entalpia Específicos.....	1
1.2. Propriedades do ar húmido	1
1.3. Processos de condicionamento do ar	12
2. Introdução ao AVAC	17
2.1. Tipologia de Edifícios	17
2.2. Fases de projeto de AVAC	20
2.3. Considerações na seleção de equipamentos	24
2.4. Conforto e saúde dos ocupantes	26
2.5. Cálculo de cargas.....	29
3. Controlo e Instrumentação	33
3.1. Controlo e Instrumentação aplicados ao AVAC	33
3.2. Automação e Integração de Edifícios.....	37
4. Salas Limpas - Enquadramento.....	43
4.1. Breve história das salas limpas	43
4.2. Aplicações modernas das salas limpas	46
4.3. Normalização das salas limpas	46
4.4. Fontes de contaminação.....	50

4.5.	Controlo de contaminação	53
5.	Dimensionamento do Sistema de Climatização	63
5.1.	Descrição e caracterização do edifício	63
5.2.	Cálculo das cargas térmicas.....	74
5.3.	Definição dos espaços e sistema.....	83
5.4.	Dimensionamento de condutas aerúlicas	88
6.	Sistema de Controlo	93
6.1.	Desenho de Processo e Instrumentação.....	93
6.2.	Equipamento de Campo	94
6.3.	Controladores e Lista de Pontos	95
6.4.	Loop de Controlo.....	97
7.	Solução e enquadramento.....	99
7.1.	Condições de projeto e Características dos Equipamentos	101
7.2.	Lista de Apêndices.....	103
7.3.	Lista de Peças Desenhadas	103
8.	Conclusão	105
9.	Referências Bibliográficas	107
10.	Apêndices	109

1. Psicrometria

A psicrometria é o ramo que trata da análise das propriedades físicas e termodinâmicas das misturas entre gases e vapor.

Estudar as condições de humidade do ar é de grande importância para muitos setores de atividade humana como o dimensionamento de sistemas para acondicionamento térmico, a conservação de alimentos, sistemas de refrigeração, etc.

O índice de conforto térmico ou a garantia da qualidade do ar de uma determinada atmosfera, não dependem apenas da temperatura, mas também da quantidade de vapor de água presente no ar. Deste modo, um aparelho de condicionamento de ar deve promover também o controlo de humidade. [1]

1.1. Volume e Entalpia Específicos

Os cálculos psicrométricos foram modelados através de cálculos químicos envolvendo misturas e soluções. Na maioria dos processos o caudal mássico do ar seco não se altera, mas o caudal mássico do vapor de água pode variar (ex. vapor de água adicionado ou removido em processos de humidificação ou desumidificação, respetivamente). Por conveniência e facilidade de cálculo as equações utilizadas para os cálculos psicrométricos são baseadas no caudal mássico de ar seco, assim como as propriedades específicas utilizadas nessas equações. [2]

1.2. Propriedades do ar húmido

As propriedades do ar húmido estão relacionadas com a temperatura, a quantidade de vapor de água, o volume ocupado pelo ar e a energia contida. [2]

Propriedades relacionadas com a temperatura:

- Temperatura do bolbo seco;
- Temperatura do bolbo húmido;
- Temperatura do ponto de orvalho.

Propriedades relacionadas com a humidade (massa de vapor de água):

- Pressão de vapor;
- Humidade específica;
- Humidade absoluta;
- Humidade relativa;
- Grau de saturação.

Propriedades relacionadas com volume ocupado e energia:

- Volume específico;
- Entalpia específica.

Temperatura de bolbo seco

Símbolo: t_{DB} com unidades em [°C] ou [K]

É a temperatura indicada por um termómetro comum, exposto ao ar atmosférico e sem influência da radiação solar. Esta temperatura não é afetada pela humidade relativa do ar.

O prefixo bolbo seco junta-se à palavra temperatura para se distinguir das temperaturas de bolbo húmido e ponto de orvalho. Se aplicarmos apenas temperatura sem prefixo, estamos a referir-nos à temperatura de bolbo seco.

Uma vez que ao falarmos de ar não estamos só a referir-nos ao ar seco, mas também ao vapor de água, a temperatura de bolbo seco não é só a temperatura do ar seco, mas também a temperatura do vapor de água. [2]

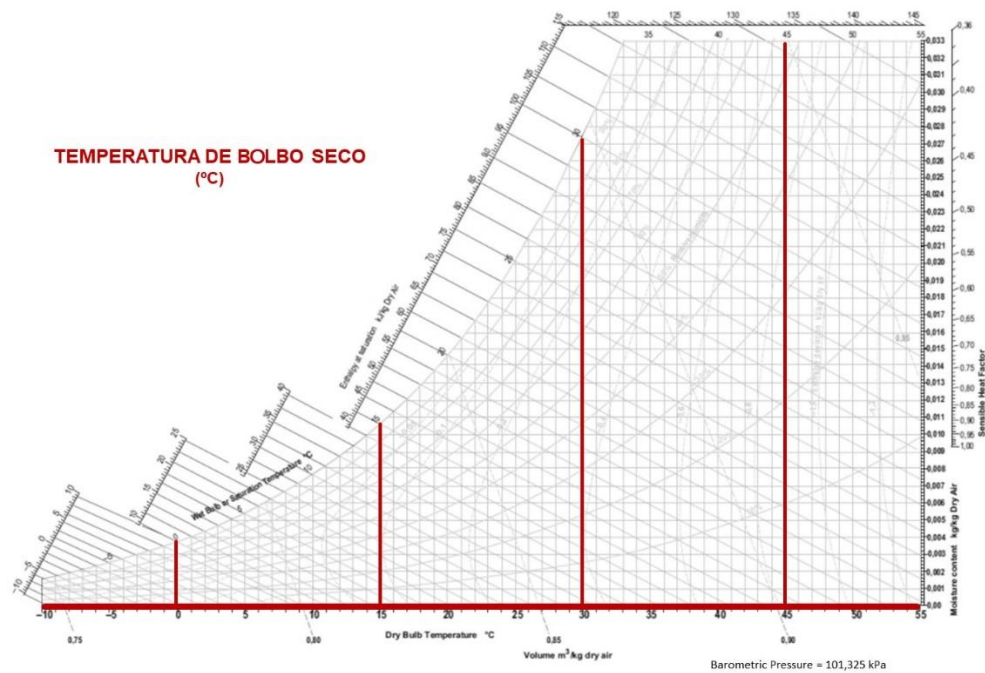


Figura 1 - Temperatura de Bolbo Seco

Na Carta Psicrométrica o valor da temperatura de bolbo seco é medido no eixo das abscissas.

Temperatura de bolbo húmido

Símbolo: t_{WB} com unidades em [°C] ou [K]

É a temperatura medida por um termómetro que tem o seu bolbo coberto por uma manga de algodão humedecida com água destilada e exposta ao ar a uma velocidade de 4 m/s.

A evaporação desta água absorve calor do algodão, o que faz com que a temperatura medida pelo termómetro seja menor em relação à medida pelo termómetro de bolbo seco.

Quanto mais seco estiver o ar, maior será a capacidade de evaporação da água no algodão e, conseqüentemente, menor será a temperatura indicada neste termómetro.

Quando o ar estiver muito húmido a capacidade de evaporação diminui, fazendo com que a temperatura de bolbo húmido seja muito próxima da temperatura de bolbo seco. [2]

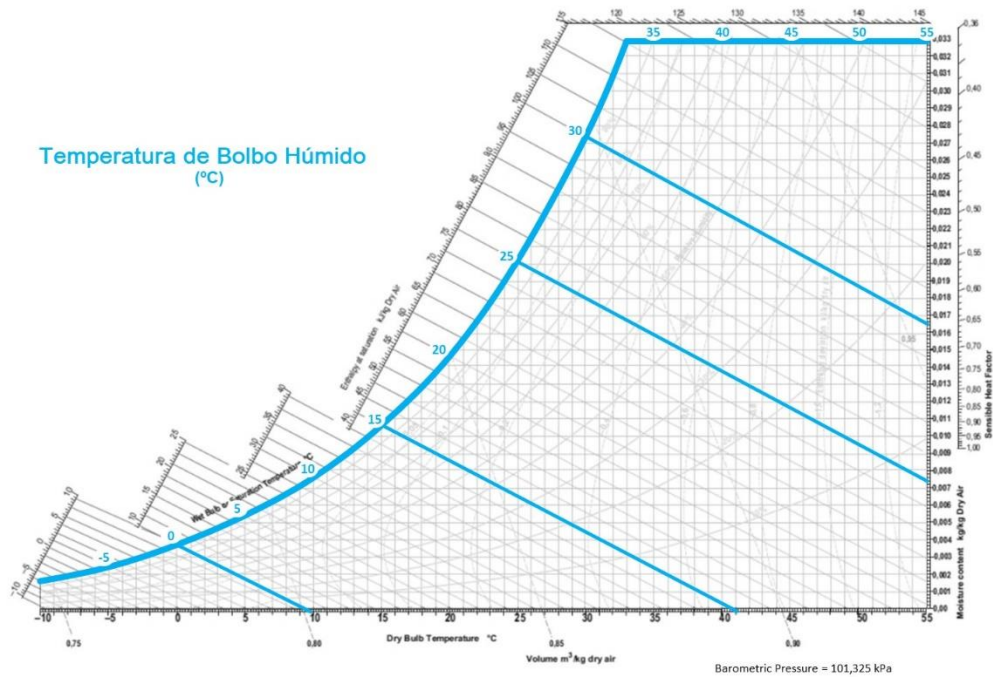


Figura 2 - Temperatura de Bolbo Húmido

As linhas de referência para a temperatura de bolbo húmido são quase paralelas às linhas da entalpia específica, como podemos verificar na *figura 2*. Esta semelhança indica desde logo que estas duas propriedades estão intimamente relacionadas. A temperatura de bolbo húmido representa uma boa indicação da magnitude relativa da entalpia do ar húmido. [2]

Temperatura de ponto de orvalho

Símbolo: t_{DP} com unidades em [°C] ou [K]

É a temperatura de saturação do vapor presente no ar sem que haja variação de pressão, ou seja, a temperatura de saturação correspondente ao valor atual de pressão.

Quando se alcança o ponto de orvalho (100% de humidade relativa), as temperaturas de Bolbo Seco, Bolbo Húmido e de Orvalho são iguais. Inicia-se aqui a condensação do vapor presente no ar. [2]

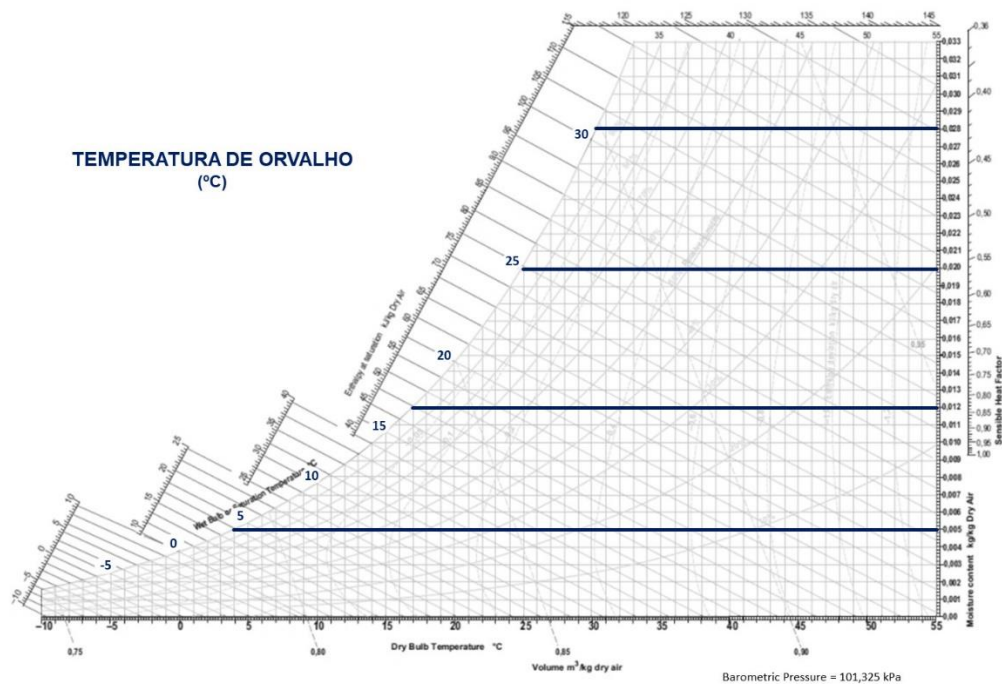


Figura 3 - Temperatura de ponto de orvalho

Na Carta Psicrométrica o valor da temperatura ponto de orvalho é medido através de uma linha horizontal que se estende até à curva de saturação (100% HR).

Pressão barométrica

Pressão barométrica [Pa] é a força por unidade de área exercida pelo peso de uma coluna de ar sobre uma localização específica. Em psicrometria, o termo pressão barométrica é sinónimo de pressão atmosférica (ou total). [2]

Pressão de vapor de água

Símbolo: p_{wv} com unidades em [Pa]

Pressão de vapor de água é a pressão exercida pelas moléculas de vapor de água sobre o meio que as rodeia. [2]

Pressão de saturação

O vapor de água exerce pressão em todas as direções, pressão esta que depende da concentração de vapor.

A quantidade de vapor que pode existir em determinada atmosfera é limitada para cada valor de temperatura. Quanto mais elevada a temperatura, maior é a quantidade de vapor admitida na atmosfera. Quando o ar contém o máximo de vapor de água admissível para determinada temperatura, diz-se estar saturado. A pressão de vapor nessa circunstância é chamada de pressão de saturação [Pa]. [2]

Humidade Específica

Símbolo: ω com unidades em $[\text{kg}_{\text{v}}/\text{kg}_{\text{DA}}]$

É definida como a razão entre a massa de vapor de água e a massa de ar seco $[\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}]$ em dado volume da mistura.

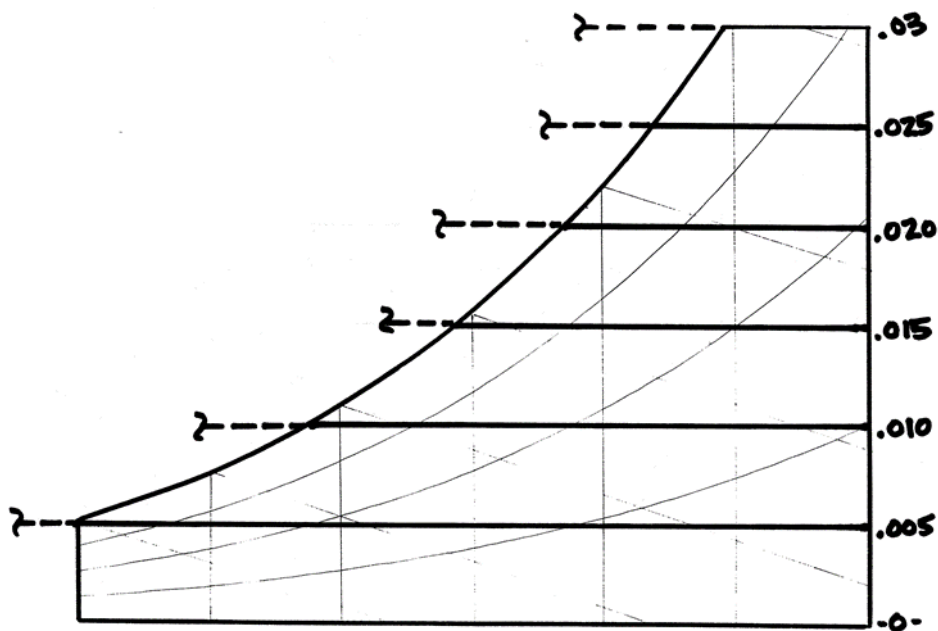


Figura 4 – Humidade específica

A humidade específica oferece uma forma simples, eficaz e mais conveniente de monitorizar a massa de vapor de água num processo psicrométrico. Permite controlar a variação da massa de vapor de água relacionando-a com a massa de ar seco que é invariável.

A humidade específica interpreta-se através de linhas horizontais e é lida no lado direito da carta psicrométrica, como se pode observar na figura acima. [2]

Humidade Relativa

Símbolo: HR adimensional

Numa gama entre -40°C até $+65^{\circ}\text{C}$ em que evidências experimentais demonstram que o vapor de água pode ser modelado como um gás perfeito, a humidade relativa do ar é a razão entre a pressão parcial de vapor e a pressão de saturação, à mesma temperatura, sendo normalmente expressa em percentagem.

$$HR (\%) = 100 \cdot p_{WVS}(t_{DP})/p_{WVS}(t_{DB}) \quad (1.1)$$

Por outras palavras, é a relação entre a pressão exercida pelo vapor de água em termos absolutos e a pressão máxima que poderia ser exercida pelo vapor de água (ponto de saturação), à mesma temperatura.

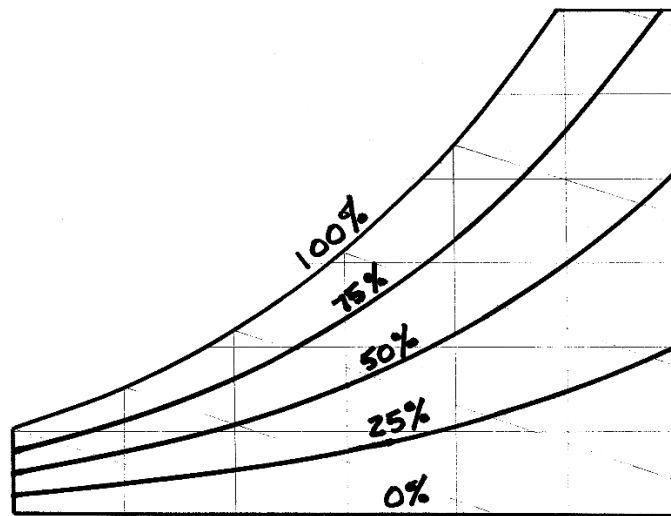


Figura 5 - Humidade Relativa

A curva mais à esquerda na carta psicrométrica é a curva de saturação, onde se representa o ponto de saturação do vapor de água. As outras curvas são referentes ao valor de humidade relativa que lhes é atribuído.

Este valor indica se o ar está seco ou húmido para uma determinada condição. Percentagens altas indicam um ar húmido, com pouca capacidade de absorção de água.

Percentagens baixas indicam um ar seco, com maior capacidade de absorver a humidade do ambiente. [2]

De modo geral, uma grande diferença entre a temperatura de bolbo seco e a temperatura de bolbo húmido indica um ambiente seco com baixa humidade relativa, adequado para armazenar bebidas, produtos embalados ou frutas de casca dura. [1]

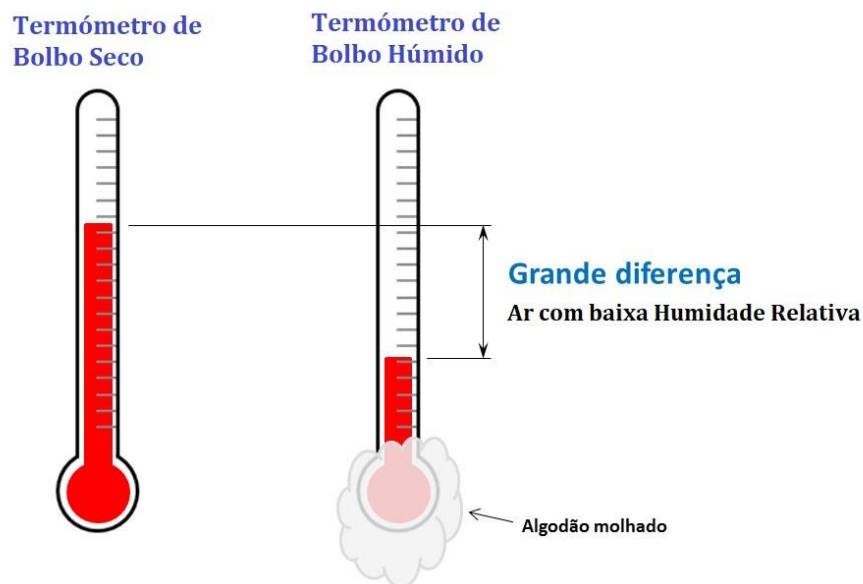


Figura 6 - Ar com baixa humidade relativa

Uma pequena diferença entre a temperatura de bolbo seco e a temperatura de bolbo húmido indica um ambiente húmido, com alta humidade relativa e, por sua vez, adequado para armazenar carnes sem embalagem, vegetais e frutas de casca fina. [1]

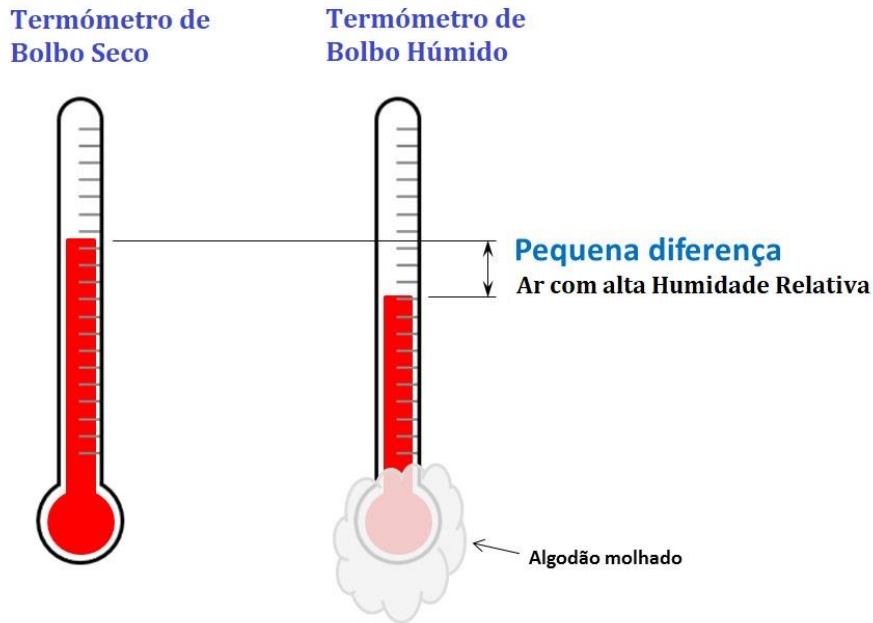


Figura 7 - Ar com alta humidade relativa

Uma condição em que a temperatura de bolbo seco e bolbo húmido são iguais indica que o ar está saturado e foi atingido o ponto de orvalho (100% de humidade relativa). Esta situação não é recomendada em câmaras frigoríficas, pois a humidade do ar poderá condensar e contribuir para a proliferação de microrganismos. [1]

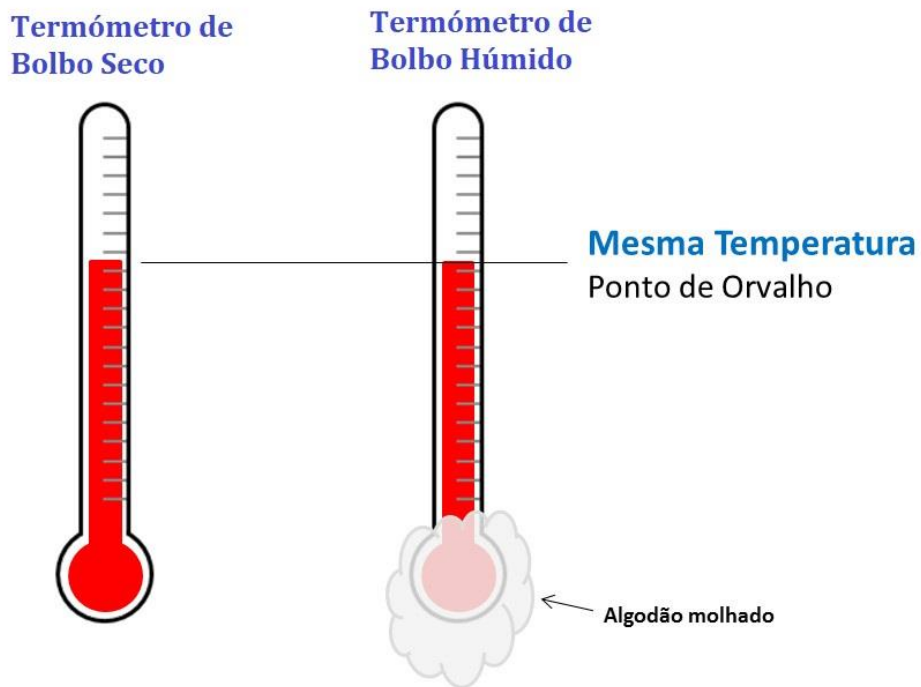


Figura 8 - Ar em ponto de orvalho

Grau de saturação

Expressa em percentagem, esta propriedade estabelece a relação entre a humidade específica do ar e a humidade específica máxima do ar, à mesma temperatura e pressão.

Volume específico

Símbolo: v com unidades em $\left[\frac{m^3}{kg_{DA}}\right]$

É o volume ocupado pela mistura (ar seco e vapor de água) por unidade de massa de ar seco, de acordo com a convenção psicrométrica para o volume específico, à pressão de 1 atm (101,325 kPa). [2]

A equação para o volume específico é um exemplo simples da aplicação das equações dos gases ideais:

$$p_{DA} \cdot v = R_{DA} \cdot T \quad (1.2)$$

$$p_{DA} = p_{BAR} - p_{WV} \quad (1.3)$$

$$v = \frac{R_{DA} \cdot T}{p_{BAR} - p_{WV}} = \frac{287.042 \text{ J}/(kg \cdot K) \cdot (t_{CELSIUS} + 273.15)}{p_{BAR} - p_{WV}} \quad (1.4)$$

Utilizando a relação entre ω , p_{BAR} e p_{WV} obtemos a seguinte equação:

$$v = \frac{287,042 \cdot (t_{CELSIUS} + 273.15) \cdot (1 + 1,608 \cdot W)}{p_{BAR}} \quad (1.5)$$

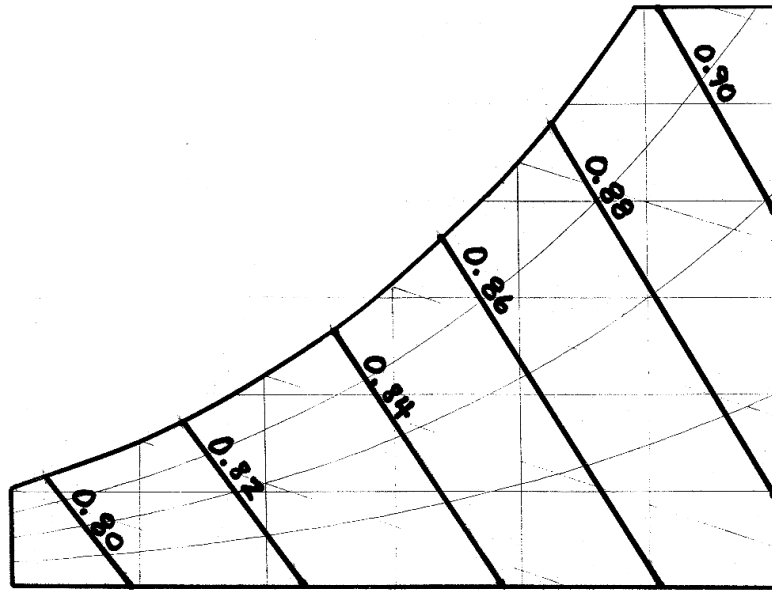


Figura 9 - Volume específico

Entalpia específica

Como o vapor de água é uma mistura de ar seco e de vapor de água, a sua entalpia é igual à soma das entalpias de cada componente individualmente. Assim, a entalpia específica da mistura pode ser escrita da seguinte maneira:

$$h = h_{DA} + \omega h_g \quad (1.6)$$

Onde h_{DA} é a entalpia específica para o ar seco [kJ/kg], h_g é a entalpia específica para vapor de água saturado [kJ/kg] à temperatura da mistura e ω a razão de mistura [kg_{água}/kg_{ar seco}]. Como aproximação:

$$h_{da} \approx 1,006t_{DB} \quad (1.7)$$

$$h_g \approx 2501 + 1,805t_{DB} \quad (1.8)$$

Assim, a entalpia específica do vapor de água apresenta-se da seguinte forma:

$$h = 1,006t_{DB} + \omega(2501 + 1,805t_{DB}) \quad (1.9)$$

entalpia *entalpia ar seco* *entalpia vapor de água*

$$\left\{ \frac{kJ}{kg_{DA}} \right\} \quad \left\{ \frac{^{\circ}C \cdot kJ}{kg_{DA} \cdot ^{\circ}C} \right\} \quad \left\{ \frac{kg_{WV}}{kg_{DA}} \right\} \left[\left\{ \frac{kJ}{kg_{DA}} \right\} + \left\{ \frac{^{\circ}C \cdot kJ}{kg_{DA} \cdot ^{\circ}C} \right\} \right]$$

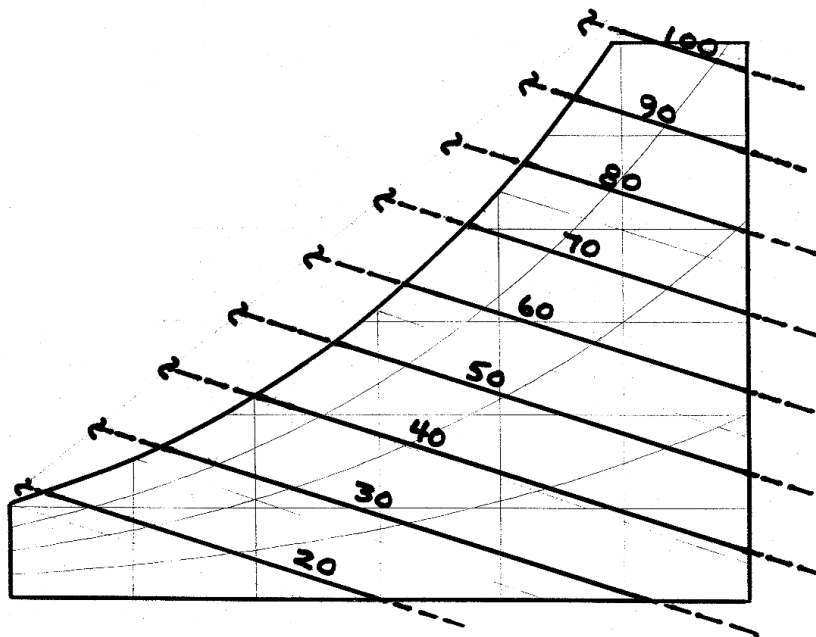


Figura 10 - Entalpia específica

1.3. Processos de condicionamento do ar

Um processo psicrométrico ocorre quando o ar, num estado inicial, sofre uma transformação que termina num estado final. Este tipo de transformações envolve a transferência de calor ou trabalho e/ou massa (H_2O) para o ar ou proveniente do ar. Um processo tem um ponto inicial, um ponto final e ocorre entre ambos. [2]

Na *tabela 1* e na *tabela 2* são descritos alguns processos de condicionamento do ar.

Tabela 1 - Quatro processos básicos da psicrometria

Processo Psicrométrico	Comentário
Quatro processos básicos	
Aquecimento sensível apenas	Vapor de água não sofre transformação
Arrefecimento sensível apenas	Vapor de água não sofre transformação
Humidificação apenas (aumento calor latente)	Vapor de água não sofre transformação
Desumidificação apenas (diminuição do calor latente)	Vapor de água não sofre transformação

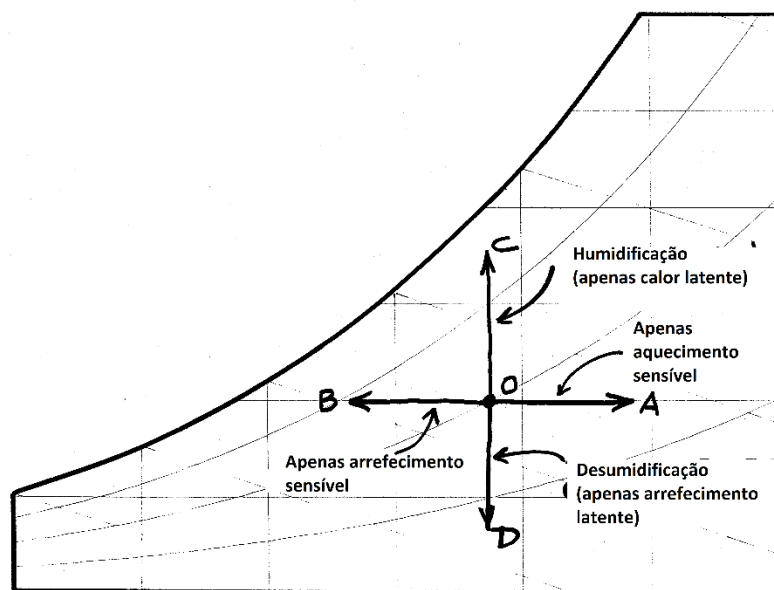


Figura 11 - Processos Básicos da Psicrometria

O aquecimento sensível ou arrefecimento sensível ocorrem quando a temperatura do ar (bolbo seco) aumenta ou diminui, respetivamente, sem que haja variação da humidade absoluta. No diagrama psicrométrico o aquecimento e o arrefecimento sensível são representados por deslocações horizontais. [2]

Tabela 2 - Processos psicrométricos compostos

Processos que envolvem transferência de calor e transformação de vapor de água	
Arrefecimento e serpentina de desumidificação	Linha de processo é curva
Arrefecimento evaporativo (adiabático) (arrefecimento sensível+evaporação)	Temperatura de Bolbo Húmido constante
Processos de pulverização de água	Muitas variações
Desumidificação (adiabática) dissecante ativa	Temperatura de Bolbo Húmido constante (ideal)
Mistura de dois fluxos de ar	Adiabático (sem transferência de calor)
Efeito de sala (mudança no ar insuflado devido aos ganhos latentes e sensíveis no quarto)	Direção do vetor varia por época do ano
Aquecimento devido ao ventilador	Semelhante ao aquecimento sensível

Aquecimento Sensível

Pode ser obtido através da transferência de calor para o ar utilizando serpentinas de aquecimento, permutadores de calor ou resistências elétricas. O ponto final tem temperatura de bolbo seco e húmido superior e humidade relativa inferior (quanto mais quente estiver o meio, maior será a capacidade de ‘armazenar’ humidade). Não existe alteração no ponto de orvalho, pressão de vapor de água ou razão de mistura. [2]

Arrefecimento Sensível

Pode ser obtido através da transferência de calor para o ar utilizando serpentinas de arrefecimento, permutadores de calor ou um condensador. O ponto final tem temperatura de bolbo seco e húmido inferior e humidade relativa superior (quanto mais quente estiver o meio, maior será a capacidade de ‘armazenar’ humidade). Não existe alteração no ponto de orvalho, pressão de vapor de água ou razão de mistura. [2]

Humidificação (apenas aquecimento latente)

Humidificação é a transferência de vapor de água para o ar atmosférico, estando envolvidos os fenómenos de transferência de massa e de calor. O ar é humidificado por meio de pulverizadores ou nebulizadores que reduzem a água a pequenas gotículas que aumentam a superfície de contacto entre a água e o ar e favorecem, assim, a evaporação.

A evolução do ar faz-se segundo uma linha vertical ascendente (humidificação adiabática do ar), mantendo constantes os valores da temperatura de bolbo seco e entalpia.

No ponto final, obtém-se uma razão de mistura, temperatura de ponto de orvalho, humidade relativa e temperatura de bolbo húmido superiores.

A energia latente requerida num processo de humidificação pode ser calculada através da relação:

$$q = H_{fv} \dot{m}_{H_2O} \quad (1.10)$$

Em que q é calor latente adicionado [W], H_{fv} é a entalpia de vaporização da água [J.kg⁻¹] e \dot{m}_{H_2O} é a taxa de vaporização da água [kg.s⁻¹]. [2]

Outros processos básicos

Arrefecimento e desumidificação

Na carta psicrométrica este processo inicia-se com uma transferência de calor sensível. Quando o ar atinge a humidade relativa de aproximadamente 85% o processo assume um comportamento curvilíneo, representando assim a desumidificação. [2]

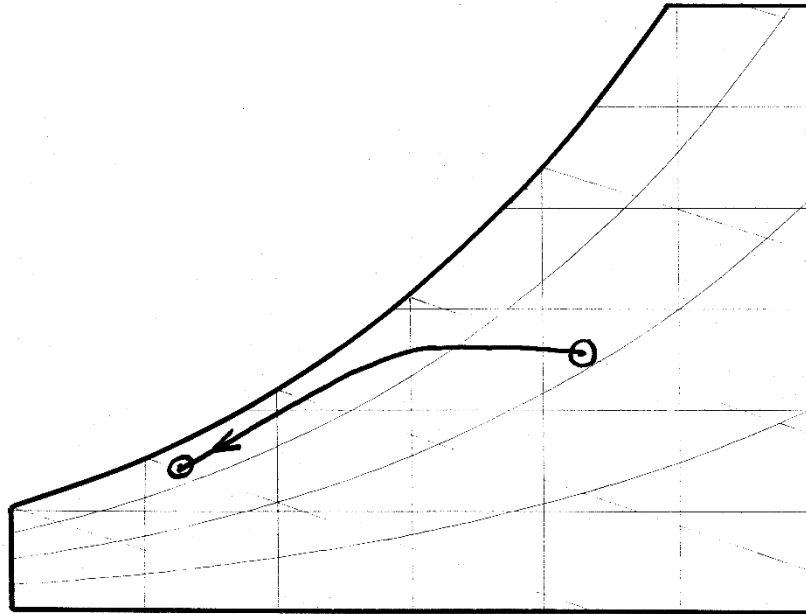


Figura 12 - Arrefecimento e desumidificação

Arrefecimento evaporativo (adiabático)

Idealmente trata-se de um processo adiabático, no qual não existem transferências de calor, seguindo a linha da temperatura de bulbo húmido em direção à curva de saturação.

O ar entra em contacto com água que circula à temperatura de bulbo húmido, a temperatura de bulbo seco diminui, enquanto a razão de mistura aumenta. A energia transferida do ar para a água em forma de calor sensível é igual à energia latente necessária para vaporizar a água garantindo, assim, que balanço energético é zero. [2]

Ciclo típico de ar condicionado

Um ciclo é uma sequência de processos em que o estado final do último processo é igual ao estado inicial do primeiro processo. Neste exemplo existem quatro processos: (1) mistura de ar exterior (ODA) e ar da sala (RA), (2) arrefecimento e desumidificação, (3)

aquecimento pelo ventilador e (4) efeito da sala. Na figura seguinte podemos ver estes processos representados na carta psicrométrica. [2]

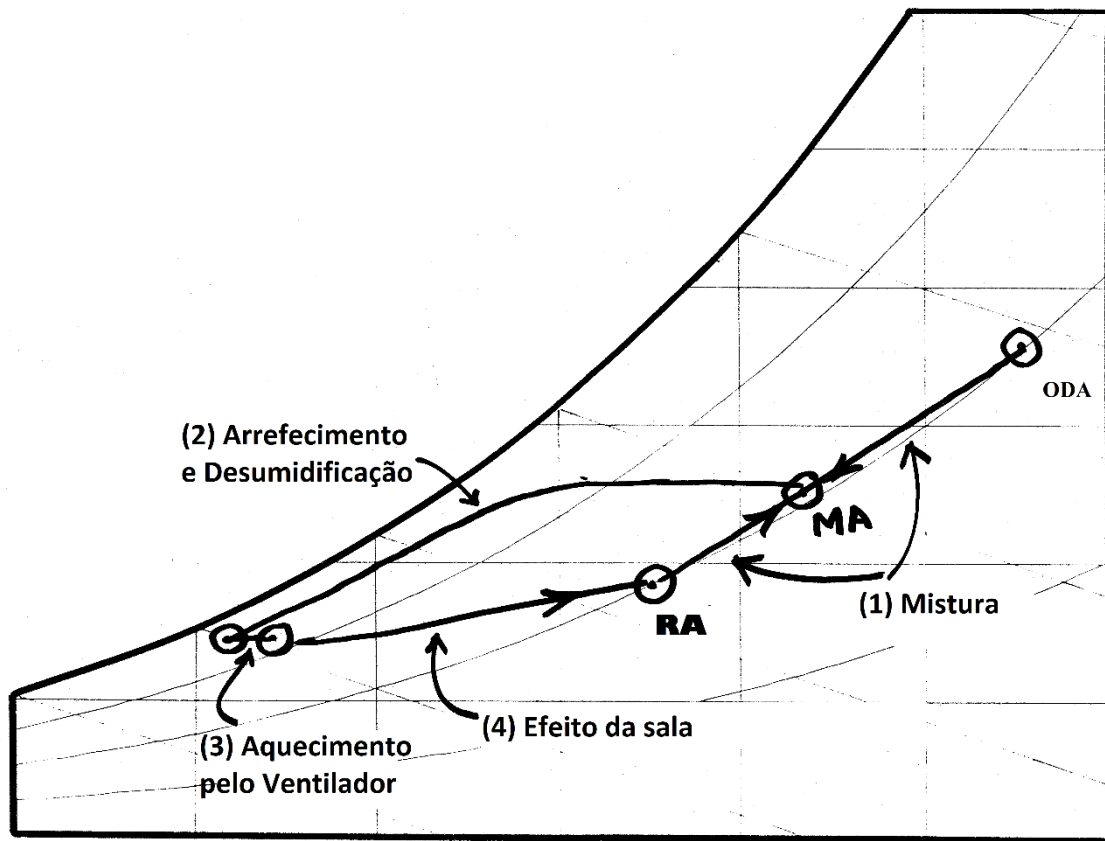


Figura 13 - Ciclo típico de ar condicionado

2. Introdução ao AVAC

Aquecimento, ventilação e ar condicionado, o AVAC, pode ser entendido como um conjunto de sistemas mecânicos projetados para proporcionar conforto térmico e qualidade de ar num espaço interior. Estes sistemas mecânicos estão geralmente interconectados por Sistemas de Gestão Técnica Centralizada ou não Centralizada e podem ser classificados como Unidades de Tratamento de Ar, bombas de circulação, caldeiras, chillers/bombas de calor, etc.

AVAC implica o controlo de um ambiente atmosférico com vista a satisfazer determinados padrões para os seres humanos e animais, ou garantir as condições ideais e necessárias para processos industriais ou científicos. Este processo requer que várias características como a temperatura, humidade relativa, pressão, caudal, qualidade do ar, entre outras sejam monitorizadas e controladas dentro de determinados padrões. [3]

Os padrões de monitorização e controlo do ar estão definidos e são requisitados de acordo com a área a que se aplicam. Assim, as exigências impostas num projeto de AVAC para um edifício comercial são totalmente diferentes das exigências normalizadas para um edifício industrial ou hospitalar.

Posto isto, aquando o projeto de AVAC, é necessário que se entenda como é (ou vai ser) o edifício, o seu comportamento térmico e até se o tipo de edifício se adequa à utilização que lhe é sugerida. Por exemplo, um armazém não pode ser ‘transformado’ numa sala limpa sem que se apliquem revisões arquitetónicas e estruturais. Por vezes, um sistema AVAC pode não ter um aproveitamento/rendimento satisfatório pelo simples facto do edifício ou estrutura não serem os mais apropriados. Portanto, um projetista de AVAC estará capacitado para identificar este tipo de incompatibilidades à priori. [4]

2.1. Tipologia de Edifícios

Um edifício ou espaço no interior de um edifício podem ser utilizados de várias formas, as instalações de AVAC devem ser pensadas para satisfazer exigências gerais ou específicas que advêm do tipo de espaço a climatizar. Em geral, quanto mais exigentes os parâmetros e variações admissíveis, mais dispendioso será instalar e operar as instalações técnicas. [4]

2.1.1. Residencial

No caso dos espaços residenciais, é essencial um conforto adequado e a possibilidade do utilizador ajustar os setpoints. Quando as residências são suficientemente grandes ou até para fazer face às meias estações e ao movimento do sol que pode originar necessidades diferentes em espaços do mesmo edifício, o uso de sistemas AVAC multizona deve ser considerado. O custo de implementação e de operabilidade são fatores determinantes, assim como o nível de ruído. [4]

2.1.2. Escritórios comerciais

As duas necessidades principais são o conforto e uma taxa de ventilação adequada (fluxo de ar em m^3/s por m^2 /pessoa) para que os ocupantes não sintam ar ‘pesado’. Nos locais em que é permitido fumar, a taxa de ventilação e a quantidade de ar novo devem ser aumentadas.

O controlo é normalmente projetado para não ser ajustável pelos ocupantes e deverá ser possível climatizar várias zonas de acordo com o seu uso, densidade de ocupação, e exposição exterior. O sistema AVAC ideal deve ser suficientemente flexível de forma a permitir adicionar ou reorganizar as zonas, além disto, o ruído é também um fator importante. [4].

2.1.3. Hotéis e residenciais

Um complexo turístico pode ter zonas muito diversificadas tais como restaurantes, piscina/sauna, salas de reuniões, lojas, cozinha, armazém, oficinas, lavandaria, etc. Cada uma destas áreas terá necessidades diferentes e todas devem ser tidas em conta. Salas com alta taxa de ocupação e alto efeito de radiação poderão necessitar de uma temperatura de insuflação inferior para garantir o conforto dos ocupantes. As cozinhas não costumam ser diretamente refrigeradas, embora refrigeração indireta utilizando ar proveniente de outras áreas seja comum (este ar deverá ser convenientemente filtrado). Lavandarias, ginásios e piscinas são zonas com graves problemas de humidade, uma vez que a exaustão do ar interior deve garantir um nível de humidade agradável e evitar condensação nas paredes ou tetos.

A principal preocupação de um hotel é o conforto dos hóspedes, sendo o controlo das zonas individuais uma necessidade importante. O ruído originado pelo sistema de AVAC tem grande importância em particular nas zonas dos quartos. Pode utilizar-se uma variedade de sistemas para satisfazer todas estas exigências. Uma boa prática poderá ser utilizar UTA's de vários tipos alimentadas por uma central de produção com chillers e caldeiras, por exemplo. [4]

2.1.4. Estabelecimentos de ensino

Os critérios de conforto devem ser pensados para zonas mais simples como salas de aula ou de reuniões, ou para zonas mais exigentes, como laboratórios de química ou até anfiteatros. Auditórios apresentam a necessidade de insuflação a baixas temperaturas devido à densidade de ocupação, no entanto, é também necessário ter em conta as horas de ocupação desse espaço, evitando que o sistema AVAC funcione em vão. No caso dos laboratórios associados à educação, saúde pública ou indústria as necessidades poderão ser muito complexas, incluindo controlo de humidade e quantidades elevadas de ar novo. Uma exaustão eficaz também é um requisito na maioria dos laboratórios. [4]

2.1.5. Hospitais

Os hospitais são sempre um desafio interessante para o projetista de AVAC devido à grande variedade de condições ambientais exigidas entre os vários departamentos. Por exemplo, o bloco operatório requer aproximadamente entre 18°C e 21°C, com humidades relativas entre os 50% e 60% bem como uma percentagem elevada de ar novo. Deve garantir-se que o mapa de pressões força a circulação do ar desde os ambientes de maior qualidade para os ambientes com qualidade de ar mais baixa. Nos espaços contaminados o ar é sempre extraído na totalidade. [4]

2.1.6. Instalações de produção

Ambientes de produção dominam as aplicações de AVAC. As exigências típicas requerem um controlo apertado de temperaturas e humidades. Estes critérios só podem ser satisfeitos através de projetos de AVAC com um elevado nível de cuidado e sistemas de controlo de alta qualidade.

Por norma, as salas limpas exigem um grande caudal de circulação de ar, no entanto as cargas de aquecimento ou arrefecimento são relativamente baixas. Uma solução de projeto passa por utilizar pequenos sistemas que providenciem aquecimento ou arrefecimento com ventiladores e filtros suplementares que providenciem o fluxo de ar necessário. [4]

2.2. Fases de projeto de AVAC

As fases de projeto a seguir mencionadas são reconhecidas na generalidade dos projetos, no entanto não é uma estrutura rígida e em casos específicos podem ser consideradas outras fases.

2.2.1. Fase de Pré-projeto

Antes de se realizar um projeto de um sistema AVAC é necessário determinar um programa do edifício onde se defina as necessidades de cada espaço e onde seja estimado um orçamento para o projeto. Normalmente, este programa é preparado pelo cliente. [4]

O programa do edifício e o perfil de utilização fornecidos pelo dono do edifício ou arquiteto e o programa do sistema AVAC desenvolvido pelo engenheiro em resposta às exigências do edifício devem estar documentados explicitamente para futura referência.

A informação incluída no programa do sistema AVAC é a seguinte:

- Temperatura exterior de projeto de bolbo seco e húmido;
- Velocidade e direção do vento para verão e inverno;
- Características estruturais, características de serviços e sobre os combustíveis disponíveis.

Informações adicionais como disponibilidade de radiação solar ou condições do solo serão úteis na aplicação de sistemas solares térmicos ou bombas de energia geotérmica.

As condições ambientes a considerar para cada zona do edifício devem ser definidas por:

- Temperaturas de bolbo seco e húmido durante horas de ocupação diurna, ocupação noturna e horas livres;
- Exigências de ventilação e qualidade do ar de insuflação;
- Quaisquer condições especiais, tais como, as elevadas cargas originadas por equipamentos, as exigências de iluminação, as áreas livres de vibração e ruído, os limites de humidade ou as medidas de segurança.
- Intervalo de variação aceitável para as condições acima mencionadas

2.2.2. Fase de Projeto

Projetos de AVAC em que a eficiência energética do edifício é considerada ou em que o sistema AVAC será integrado em laboratórios, hospitais, etc., são integrados muito precocemente para que tenham um papel integrante nas decisões tomadas no projeto do edifício. No caso dos projetos de sistemas AVAC aplicados a edifícios convencionais, os trabalhos de projeto do sistema só ocorrem numa fase mais avançada. [4]

A fase de projeto pode ser separada em três subfases, sendo elas o projeto conceptual, o projeto esquemático e o projeto de construção.

O projeto conceptual visa desenvolver uma solução aproximada para os requerimentos do projeto do dono de obra com vista a satisfazer também os limites orçamentais apresentados.

O projeto esquemático deve servir como prova de conceito das ideias apresentadas anteriormente enquanto os elementos do sistema são desenvolvidos e aplicados conceptualmente.

Por fim, o projeto de construção apresenta os desenhos e especificações finais, à medida que as decisões são tomadas e uma análise completa do comportamento do sistema é realizada. [4]

2.2.3. Fase de Construção

Durante a construção do edifício e instalação do sistema AVAC o engenheiro de projeto desempenha, normalmente, as seguintes funções:

- Verifica através dos desenhos técnicos se o equipamento, tubagem, condutas e outros itens fornecidos pelo fabricante ou por subcontratados foram selecionados e serão instalados de acordo com o que está exposto e especificado no projeto;
- Realiza visitas periódicas à obra para observar e ter noção do desenvolvimento do trabalho a ser realizado pelo instalador;
- Providencia esclarecimentos dos documentos de projeto sempre que surgirem eventuais questões;
- Presencia e valida testes realizados ao comportamento do sistema, tais como, o volume e temperatura de ar, eficiência do equipamento, a qualidade do ar, etc.

2.2.4. Comissionamento

O processo de comissionamento de um edifício tem vindo a receber uma maior atenção devido à crescente complexidade dos sistemas dos edifícios modernos. Enquanto um edifício mais pequeno pode ser construído e entregue ao dono apenas com indicações e instruções mínimas, isto já não se verifica nos edifícios mais complexos com todos os seus subsistemas. O dono de um edifício jamais aceitaria que a obra fosse entregue sem a realização e validação de uma série de testes demonstrativos do bom funcionamento de todos os sistemas e subsistemas integrados, pelo que é função do especialista de comissionamento verificar a coerência de todo o edifício.

Por vezes, será mandatária a presença do engenheiro de projeto durante o teste dos equipamentos, sendo ele a pessoa mais indicada para solucionar problemas e determinar falhas. [4]

2.2.5. Serviços pós-ocupação

Idealmente um engenheiro deverá seguir a instalação para prestar serviços pós-ocupação, tais como verificação de consumos energéticos, os custos de operabilidade, a reação dos utilizadores ou o comportamento do sistema.

Em alguns casos, o engenheiro de comissionamento dará suporte na gestão técnica do edifício, assistindo os operadores durante a familiarização com o sistema.

O dono do edifício deve ser esclarecido de que grandes edifícios modernos são sistemas complexos e como tal necessitam de pessoal qualificado para a sua manutenção e operação. A menos que este pessoal qualificado seja contratado logo à partida, os operadores devem receber formação adequada para compreender e utilizar o sistema AVAC de forma correta e a pessoa mais indicada para o fazer é o engenheiro projetista. [4]

2.2.6. Projeto considerando operabilidade e manutenção

Ao longo do período de vida útil do sistema AVAC, os custos de operação e manutenção vão exceder o custo inicial. Um correto projeto do sistema pode ter efeito substancial tanto nos custos energéticos como nos custos de operação. Um sistema onde há dificuldade na realização de ações de manutenção, muito provavelmente não será alvo dessas mesmas manutenções, diminuindo a sua eficiência e aumentando as perdas. Seguem-se critérios que deverão ser considerados pelo projetista:

1. *Keep it simple*
2. Providenciar espaço e acessibilidade aos equipamentos
3. Nas especificações, requerer um manual de procedimentos de operação e manutenção das máquinas
4. Exigir ao fornecedor que preste formação básica sobre os equipamentos aos operadores

2.3. Considerações na seleção de equipamentos

2.3.1. Localização de equipamento e exigências de espaço

Do ponto de vista do engenheiro de projeto, o equipamento deve ser localizado de acordo com os seguintes aspectos:

- Espaço suficiente para a sua manutenção, remoção e reinstalação de equipamentos;
- Corete para as tubagens de fluidos de transferência de calor, desde os equipamentos de produção (Chillers ou Caldeiras) até às UTA's, por exemplo;
- Acesso ao exterior do edifício para que as condutas realizem a extração de ar interior e insuflação de ar novo;
- O equipamento não deve ser instalado perto de áreas sensíveis acusticamente, uma localização apropriada é a solução mais barata e adequada para os problemas sonoros.

Sempre que possível, equipamentos com grandes necessidades elétricas, de água, óleo ou gás devem ser localizados perto do ponto de entrada desses mesmos recursos no edifício.

No caso dos sistemas de produção centralizada, deve localizar-se as UTA's relativamente próximas das áreas que vão servir, reduzindo assim as condutas de insuflação e extração de ar. Vão diminuir também as perdas com perdas por transferência de energia ao longo da conduta. As tubagens desde a central de produção até à Unidade de Tratamento de Ar são geralmente menos dispendiosas do que as condutas até aos difusores de ar, além de que ocupam apenas uma fração do espaço. [4]

2.3.2. Acessos para manutenção e reparação

A falta de acessos condições de acesso ao equipamento adequadas contribuem para um rendimento insatisfatório do sistema, que se pode espelhar na baixa qualidade do ar fornecido, incapacidade de satisfazer as condições de conforto e até mesmo o colapso dos equipamentos. Os procedimentos seguintes servem como guia para o projeto com vista à manutenção e reparação dos equipamentos:

- Reforçar a necessidade de espaços adequados no edifício para a instalação dos equipamentos AVAC;

- As dimensões do edifício nem sempre são tão precisas quanto as dimensões do equipamento, posto isto, deve sempre considerar-se um coeficiente de segurança no cálculo do espaço disponível;
- Providenciar espaço livre perto de ventiladores, bombas, chillers e outro equipamento facilitando assim, o acesso para operações de manutenção de acordo com as recomendações do fornecedor;
- Garantir que existe espaço suficiente para a circulação dos equipamentos aquando da sua instalação ou remoção;
- Garantir a proteção e acessibilidade dos equipamentos de controlo, tais como atuadores, sensores de temperatura ou humidade, os pressostatos e toda a restante instrumentação;
- Montar os manómetros de pressão em locais livres de vibrações;
- Deve ter-se em conta a necessidade de efetuar medições de fluxo de ar e água, temperatura ou pressão ao longo das condutas e tubagens;
- Ainda nas condutas e tubagens, alerta-se para a necessidade de inspeções e limpeza, principalmente nas condutas do ar de extração. [4]

2.3.3. Controlo de ruído e vibração

O ar condicionado pode ser considerado como o “serviço invisível”, além de invisível, é essencial que seja também inaudível. Deve garantir-se que o ruído é contido nas zonas técnicas, sendo inaudível nas zonas a climatizar, evitando assim distrações ou mesmo desconforto dos ocupantes.

O ruído e a vibração dos componentes do sistema AVAC podem ser reduzidos por uma seleção de equipamento correta, controlo de vibração e aplicação de atenuadores sonoros. O engenheiro projetista deverá informar os projetistas do edifício relativamente à localização dos equipamentos mais críticos no que toca à poluição sonora.

O passo inicial no controlo de ruído é estabelecer critérios sonoros para todos os espaços do edifício. Estes critérios devem ser comunicados ao cliente com a devida antecedência, ainda durante o desenvolvimento do projeto. Todas as fontes geradoras de ruído pertencentes ao sistema AVAC devem ser identificadas, procurando assim controlar os efeitos dessas mesmas fontes através de:

- Seleção cuidada do equipamento;
- Projeto da distribuição de ar e água;
- Isolamento sonoro junto às fontes de ruído. [4]

2.4. Conforto e saúde dos ocupantes

Num projeto de AVAC, a definição dos critérios de conforto e saúde deve constituir o ponto de partida, sustentando assim todos os desenvolvimentos e decisões posteriores. Estes critérios devem estar descritos nos Requerimentos do Dono de Obra em relação ao Projeto. Tais critérios devem incluir condições como a temperatura e a humidade, a velocidade do ar, a qualidade do ar interior e os níveis admissíveis de ruído e vibração.

O projetista deve sempre considerar a conjuntura económica do projeto. É, portanto, necessário balancear por um lado as condições ambientais ótimas e capacidades do sistema, por outro o custo de implementação e de operação do sistema.

2.4.1. Conforto térmico

A satisfação térmica é baseada em respostas sujeitas a diversas variáveis interativas. Cada indivíduo tem uma perceção térmica própria e a sua satisfação será guiada com base nessa interpretação pessoal.

A transferência de calor entre um indivíduo e o ambiente é influenciada por:

- Temperatura de bolbo seco;
- Humidade relativa;
- Radiação térmica;
- Movimento do ar;
- Nível de atividade.

2.4.2. Qualidade do ar interior

A qualidade de ar interior aceitável é definida pela *ASHRAE Standard 62.1-2016* como ar em que não existem contaminantes em concentrações nocivas e em que uma maioria substancial (80%) das pessoas expostas não demonstram desconforto. A ASHRAE trata

a qualidade do ar interior através da *Standard 62.1* (não residencial) e *Standard 62.2* (residencial). Estas normas incidem sobre a ventilação e filtração do ar, não considerando a redução de partículas poluentes na fonte. [5]

O termo ventilação é utilizado para referir o ar exterior que é introduzido no interior de um espaço, não na quantidade total de ar fornecido ao espaço. No entanto, segundo a *Standard 62.1* a definição de ventilação é o processo de fornecer ou remover ar de um espaço com o intuito de controlar os níveis de contaminação, humidade ou temperatura no interior do mesmo. [5]

Contaminantes do ar interior

Muitas das partículas são filtradas pelo nosso organismo via inspiração nasal, no entanto, partículas mais pequenas com tamanhos inferiores a 5 µm podem ser absorvidos pelos pulmões.

Partículas com interesse particular incluem:

- Fumo de tabaco, que também contém vários gases;
- Fibra de amianto;
- Alérgenos;
- Patógenos (pólen, fungos, mofo, dejetos e partes de insetos).

Gases com interesse particular incluem:

- Dióxido de carbono (CO₂);
- Monóxido de Carbono (CO);
- Radão;
- Formaldeído (HCHO);
- Outros compostos orgânicos voláteis.

Determinação da taxa de ventilação

A *Standard 62.1* auxilia o projetista com meios para determinar as taxas de ventilação para obter uma qualidade de ar interior aceitável. A norma apresenta dois procedimentos

para determinar a taxa de ventilação mínima – o procedimento da taxa de ventilação e o procedimento da qualidade de ar interior.

O procedimento da taxa de ventilação é usualmente referido como a quantidade de ar exterior [l/s] por ocupante. A não ser que existam substâncias poluentes, estas taxas garantem uma qualidade do ar interior aceitável. A base deste procedimento é a consideração de um caudal de ar exterior mínimo por ocupante, controlando assim, a quantidade de Dióxido de Carbono (CO₂) para garantir uma concentração de 1000 ppm.

O procedimento da qualidade de ar interior oferece uma alternativa analítica, permitindo ao projetista determinar a taxa de ventilação baseando-se no conhecimento de contaminantes existentes no espaço e na capacidade do sistema de ventilação para os limitar a níveis aceitáveis.

2.4.3. Determinação de ar num espaço

Fluxo de ar mínimo

Uma velocidade de ar baixa vai afetar a capacidade do sistema de AVAC em manter uma temperatura agradável no espaço e diluir os contaminantes gerados nessa zona. O conforto dos ocupantes é afetado como consequência da insuflação insuficiente de ar no espaço, mesmo quando a temperatura do espaço está dentro do intervalo ideal. Por isto, é adotado um valor mínimo de ar insuflado de 3 a 4 l/s por m² para aplicações em escritórios, por exemplo.

Extração do ar

A extração do ar não deverá ser instalada demasiado próxima da insuflação, evitando assim um curto-circuito em que o ar seja retirado imediatamente após a sua insuflação. Paralelamente, deve considerar-se a colocação de grelhas de extração perto de fontes de calor (tal como equipamentos de alta voltagem), de modo a ajudar na prevenção do sobreaquecimento ao redor dos mesmos.

2.5. Cálculo de cargas

É essencial que o cálculo das cargas de aquecimento e arrefecimento esteja de acordo com a realidade, caso contrário os ocupantes estarão desconfortáveis quanto à temperatura no interior do espaço. Caso as cargas sejam sobrestimadas, o equipamento será sobredimensionado, o que conduzirá a gastos desnecessários na aquisição, operação e manutenção dos equipamentos, além disso a eficiência vai diminuir, aumentando o consumo energético do sistema.

A carga de aquecimento de projeto representa a energia perdida por parte do edifício. A carga de arrefecimento de projeto representa o calor ganho por parte do edifício. O termo ganho de calor é geralmente utilizado para descrever fluxo de calor indiferenciado para o interior do espaço. O termo carga de arrefecimento é utilizado para qualificar a quantidade de ganho de calor que acabará por afetar a temperatura do ar no interior do espaço.

As cargas podem ser sensíveis (afetando a temperatura do ar), latentes (afetando a humidade relativa) ou uma combinação das duas. Podem também existir cargas externas (infiltrando-se no interior do edifício) ou internas (originadas no interior do edifício).

2.5.1. Condições de projeto exteriores e interiores

Previamente ao cálculo das cargas de aquecimento e arrefecimento devem ser estabelecidas condições de projeto exteriores e interiores. Nos edifícios de escritórios ou residenciais, o conforto térmico é a condicionante principal e são admissíveis pequenas flutuações em temperatura e humidade.

Para projetos ou espaços que alberguem materiais ou processos específicos podem existir exigências de um controlo preciso de temperatura, humidade ou outros parâmetros.

2.5.2. Cargas externas

Estas cargas são altamente variáveis com a altura do ano ou do dia, podendo originar mudanças significativas nas exigências de aquecimento ou arrefecimento.

Condução através do edifício

À partida um edifício recente estará bem isolado termicamente e as cargas por condução através de paredes e telhados são geralmente pequenas comparando com as janelas ou claraboias. No entanto, cada vez mais existem vidros que melhoram a capacidade de isolamento dos materiais translúcidos.

Ganhos de energia solar térmica através dos vidros

A radiação solar implica a necessidade de cargas de arrefecimento e é altamente variável com a altura do dia e orientação do edifício. É necessária uma análise cuidada dos ganhos energéticos através das janelas ou claraboias e há que ter em conta o sombreamento do edifício, reflexão a partir solo, massas de água ou de neve.

Carga de infiltração

Os edifícios comerciais e institucionais são pressurizados pelo sistema AVAC para reduzir a infiltração do ar exterior. É geralmente assumido que um edifício pressurizado previne a infiltração, ainda assim, em construções com alturas superiores a 25 metros este fenómeno ocorre, frequentemente, no terço inferior do edifício. É também comum existirem infiltrações durante o período de inoperabilidade do sistema AVAC.

2.5.3. Cargas internas

Ao invés das cargas externas que podem constituir ganhos ou perdas de energia, as cargas internas são sempre ganhos de energia.

Ganhos energéticos pelos ocupantes, iluminação e equipamento

Os ganhos energéticos pelos ocupantes são relacionados com o grau de atividade, por exemplo, num ginásio os ocupantes em atividade física libertam oito vezes a quantidade energética em comparação com uma audiência em repouso. O número de pessoas num espaço deve ser estimado pela contagem de lugares, estimativas do dono e pela experiência do engenheiro de projeto.

O nível de iluminação e o tipo de lâmpadas são normalmente determinados pelo engenheiro eletrotécnico. Posteriormente, o Engenheiro de AVAC deve determinar a quantidade de energia libertada para cada espaço.

Num laboratório ou gabinete de produção, é importante compreender o tipo de operação de cada equipamento, a sua carga associada, calor sensível e latente libertado e o seu ciclo de operação. Por exemplo, um forno elétrico utiliza a potência máxima apenas durante o período de arranque.

Ganhos energéticos por ventiladores e bombas

Ventiladores de insuflação e extração adicionam uma certa quantidade de calor ao seu fluxo de ar, dependendo a magnitude deste fenómeno da pressão estática e eficiência do motor/ventoinha. Se o motor estiver ao longo do fluxo de ar, a energia libertada devido à sua ineficiência deve ser considerada.

2.5.4. Perdas por parte da conduta

Segundo o capítulo “Duct Design” em *ASHRAE Handbook – Fundamentals*, as perdas por parte das condutas são da ordem dos 3% do volume total de ar no sistema.

As fugas nas condutas não afetam as cargas do sistema desde que não ocorram em espaços não condicionados, no entanto, afetam a quantidade de ar insuflado e podem prejudicar o controlo do sistema caso sejam excessivas. Fugas através dos registos de zona afetam as quantidades de ar insuflado para sistemas multizona e sistemas de condutas duplas. [6]

3. Controlo e Instrumentação

Os sistemas de automação de edifícios (BAS – Building Automation System) permitem um controlo automático das condições interiores. O foco principal do SGTC (Sistema de gestão técnica centralizada) começou por ser a automação do AVAC, apontando às poupanças energéticas e redução de custos de serviço. O alcance do SGTC estendeu-se para incluir todo o tipo de informação técnica de um edifício, caminhando na direção do “edifício inteligente”. [7]

Para trabalhar e projetar corretamente sistemas de controlo é essencial entender a documentação utilizada para ilustrar os processos e instrumentação de campo. Esta ideia começa com a noção de que nenhum processo pode funcionar sem automação e controlo. Os equipamentos não têm utilidade sem sensores e atuadores, sem ciclos de controlo não é possível obter o melhor desempenho dos mesmos.

A *ANSI/ISA-5.1-2009 Instrumentation Symbols and Identification* surgiu da necessidade de normalizar a representação gráfica e a identificação dos equipamentos de campo e das suas funções inerentes, utilizados para medição, monitorização e controlo dos sistemas. Esta norma é utilizada em indústrias como a química, petrolífera, farmacêutica e todo o tipo de indústrias que, de um modo geral, façam uso de sistemas esquemáticos, diagramas funcionais e esquemas elétricos para descrever a relação entre os equipamentos de processo e a funcionalidade dos equipamentos de medição e controlo. [8]

3.1. Controlo e Instrumentação aplicados ao AVAC

A aplicação do controlo em AVAC começa com a compreensão do edifício e a utilização dos espaços a serem climatizados e monitorizados.

Que parâmetros são controlados?

O ambiente ideal é descrito com parâmetros como a temperatura, humidade, pressão e ventilação.

A zona de conforto de temperatura está entre os 20°C e 24°C, razão pela qual qualquer temperatura fora deste intervalo pode levar ao desconforto dos ocupantes. No entanto, sabe-se que nenhum ambiente pode ser satisfatório para a totalidade dos seus ocupantes.

A uniformidade de temperaturas é importante para o conforto, por isso, não devem existir grandes variações entre zonas.

A humidade, presença de vapor de água no ar, afeta o conforto dos ocupantes de um espaço. Valores aceitáveis localizam-se entre os 25% e 60%.

A ventilação de um espaço tem como objetivo diluir a quantidade de dióxido de carbono e outros contaminantes, fornecendo uma quantidade de ar novo aos ocupantes. Dependendo do tipo de atividade de cada espaço, são definidos os limites das renovações hora exigidas.

O ar move-se das áreas de pressão superior para as áreas de pressão inferior. Idealmente os edifícios são mantidos a uma pressão positiva, reduzindo assim a infiltração de ar proveniente do exterior.

3.1.1. Estratégias de Controlo

O sistema de controlo mais simples para o AVAC são os *ciclos on/off*. Na eventualidade do edifício só necessitar de parte da energia para a qual o sistema foi projetado, o sistema vai trabalhar quando for necessário até atingir o *setpoint* e parar. Este tipo de controlo pode ser realizado com uma histerese de temperatura, por exemplo, com um *setpoint* de 5,5°C e uma histerese de 1°C o sistema vai arrancar quando a temperatura estiver acima dos 6°C, funciona até a temperatura chegar aos 5°C. Quanto maior for a temperatura de histerese, menor será o número de arranques do sistema e, conseqüentemente, maior será o seu tempo de vida útil. No entanto, valores elevados de histerese de temperatura podem causar desconforto nos ocupantes.

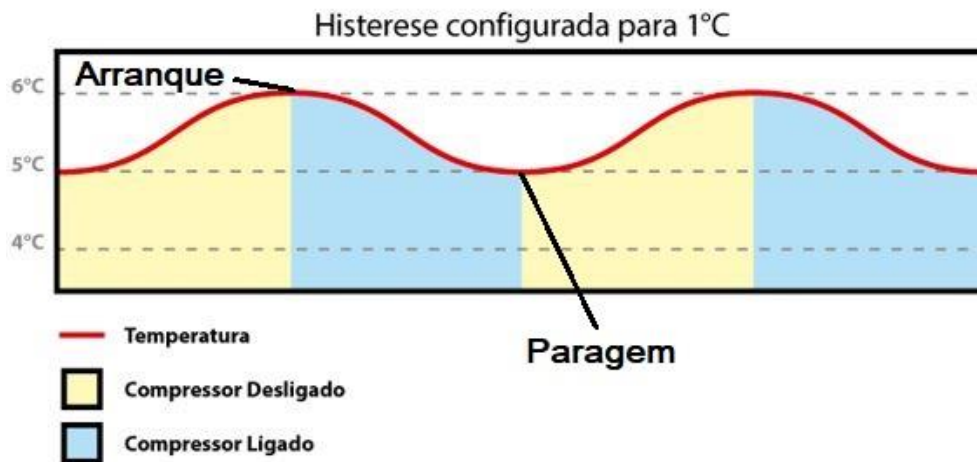


Figura 14 - Histerese de temperatura

Um método alternativo passa pela entrada em funcionamento dos equipamentos por fases. Várias unidades de menor capacidade são instaladas em vez de uma só unidade de maior capacidade, oferecendo assim a possibilidade de entrada em funcionamento por fases até que se atinja a potência nominal da instalação.

Benefícios de um sistema de controlo

O controlo é utilizado para garantir as seguintes exigências:

- Manter as condições de conforto térmico;
- Manter a qualidade do ar interior;
- Reduzir o consumo de energia;
- Operação segura da instalação;
- Reduzir os custos de pessoal operacional;
- Identificar problemas de manutenção;
- Monitorizar o desempenho do sistema.

3.1.2. Tipos de sistemas de controlo

Sistemas de ação direta

A forma mais simples de controlo é a ação direta composta por um elemento sensor que transmite potência para uma válvula através de um diafragma. O exemplo mais comum é a válvula termostática de um radiador que ajusta a sua abertura pela expansão de um líquido ou pressão de vapor. As principais vantagens dos termostatos de ação direta são o baixo investimento e a possibilidade de um controlo individualizado.

Sistemas elétricos/eletrônicos

Equipamentos controlados eletricamente fornecem um controle do tipo *ON/OFF*. São os sistemas mais comuns para aplicações residenciais e em pequenos comércios. É utilizado um sinal de controle, utilizando relés ou contadores para fornecer a ordem e arrancar ou parar o funcionamento de equipamentos diversos como válvulas, registros, ventiladores, bombas ou resistências elétricas.

Considere-se o exemplo seguinte de controle de temperatura para um radiador a água, em que existe um termostato na sala que vai controlar a abertura ou fecho de uma válvula de duas vias instalada no circuito de água que atravessa o radiador. Deste modo, faz-se o controle de temperatura na sala através da monitorização da temperatura ambiente e do controle da válvula de duas vias.

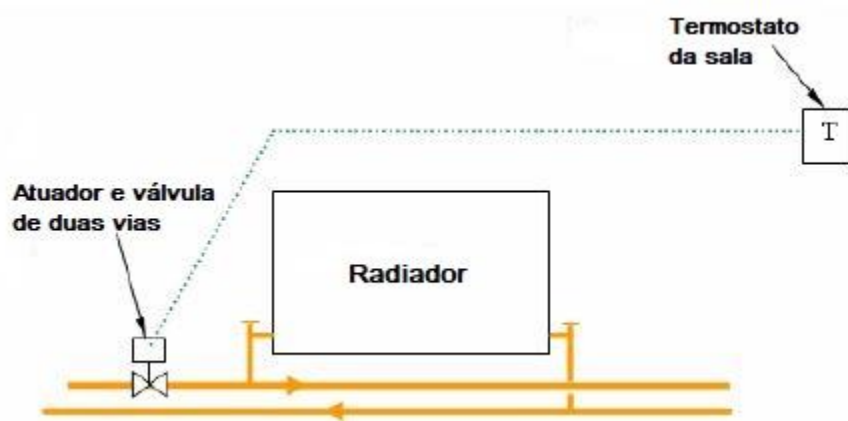


Figura 15 - Controle de temperatura radiador

Sistemas microprocessadores

Controle Digital Direto (*Direct Digital Control*) é o sistema de controle mais utilizado na automação de edifícios. Os sensores e os dispositivos de saída (atuadores, relés) utilizados são os mesmos que se encontram nos sistemas de controle elétrico. A diferença entre estes dois sistemas faz-se no tratamento dos sinais de entrada. Nos sistemas microprocessadores, o sinal de entrada é convertido na forma digital onde os algoritmos empregam o processo de monitorização e controle.

Grande parte dos subsistemas, desde o volume de ar variável até às caldeiras e chillers possuem sistemas DDC integrados otimizando o seu rendimento.

3.1.3. Sensores

Os sensores fornecem o controlador com informação sobre as variáveis a controlar. Nos sistemas AVAC, por norma, estas variáveis são a temperatura, pressão, humidade relativa e caudal. O posicionamento dos sensores é um dado crítico para obter medições corretas sem influências indesejadas.

Numa conduta ou em tubagens os sensores devem ser instalados de modo a que o elemento sensor esteja localizado a meio da secção devido ao efeito do escoamento laminar.

Existem dois tipos de sensores que vão produzir dois tipos de sinais, digitais e analógicos. Um sensor digital é utilizado para fornecer estados binários, onde só há dois estados possíveis, fechado ou aberto, ligado ou desligado, limpo ou colmatado. Um sensor analógico é utilizado para monitorizar condições em constante mudança, providenciando uma monitorização através de um sinal variável de 0V a 10V ou 4mA a 20mA.

3.1.4. Respostas do Controlador

A função do controlador é produzir uma saída com base na comparação das suas entradas. A forma como o equipamento de controlo atua em resposta ao sinal do controlador é identificada como resposta de controlo.

3.2. Automação e Integração de Edifícios

A chave para o mercado da automação de edifícios está na promessa do conforto para o utilizador, reduzindo os custos de operação. Para atingir tais objetivos, faz-se uso de esquemas de controlo otimizados para aquecimento, ventilação, ar condicionado e iluminação (artificial ou natural). Além da poupança nos custos, a eficiência energética também vai contribuir para a proteção ambiental.

Os custos podem ser reduzidos autorizando acesso a vários edifícios através de uma central de monitorização e controlo. Esta abordagem vai permitir que se identifiquem situações anormais através do sistema de controlo, atuando de forma precoce e com um mínimo de pessoal e meios técnicos. [7]

Na *figura 16* pode observar-se um diagrama de sistema de automação de um edifício.

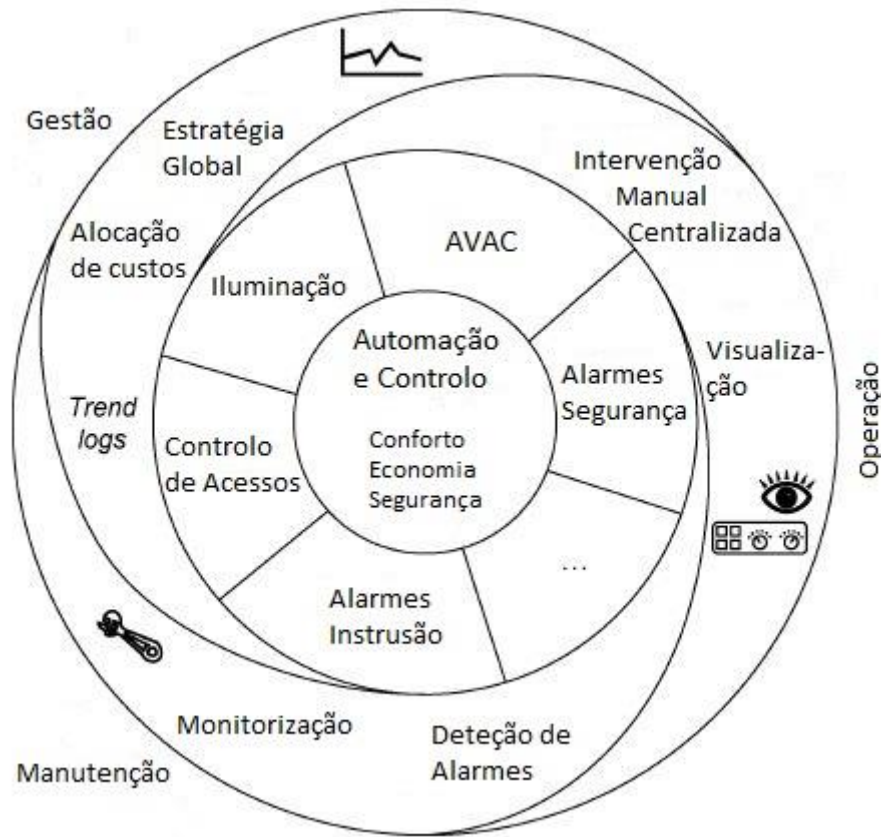


Figura 16 - Diagrama funcional de um sistema de automação de um edifício [7]

À medida que a manutenção e gestão de edifícios sente a necessidade de se tornar mais eficiente, o BAS tem que estar intrínseco no fluxo de trabalho de uma organização. Por exemplo, consideremos salas de conferências, que apenas serão climatizadas (de forma automática) quando reservadas ou até sistemas de gestão hoteleira que ajustam a operação do sistema AVAC de acordo com a ocupação dos quartos. [7]

3.2.1. Arquitetura do Sistema

Os sistemas de gestão técnica são usualmente constituídos por 3 níveis:

- **Nível de Gestão**

Estação de Gestão: Constitui a interface com o utilizador, devendo oferecer uma apresentação clara numa forma gráfica e numérica dos processos técnicos do sistema. Deverá ser baseado numa arquitetura servidor/cliente com capacidade de armazenamento de históricos e alarmes.

Infraestrutura de comunicação: Equipamentos que possibilitam a interligação das estações de gestão e controladores do sistema

- **Nível de automação**

Controladores DDC: Controladores de funcionamento autónomo com diferentes capacidades de entradas e saídas destinados ao controlo de todos os equipamentos.

Controladores terminais: Controladores de funcionamento autónomo destinados ao controlo de ventiloconvetores, iluminação, sombreamento.

Gateways/Interfaces: Software ou equipamentos que permitem a interligação com sistemas terceiros com protocolos série distintos do utilizado pelo SGTC.

- **Nível de Campo**

Equipamento de campo: Sensores e atuadores para aquisição de grandezas e comando de equipamentos através de sinais físicos (analógicos ou digitais), ou através de protocolo de comunicação.

Contagem de Energia: Equipamentos de aquisição de consumos de energia (térmica, elétrica). [9]

3.2.2. Protocolos de comunicação

Nas aplicações de controlo existe uma necessidade inerente de comunicação, os valores devem ser transferidos entre os elementos sensores, controladores e atuadores.

Os protocolos permitem esta comunicação através da transferência de dados entre os equipamentos. A implementação de um protocolo começa pela definição do meio físico e do meio lógico que define a estrutura e a transmissão dos dados. [9]

Os protocolos podem ser classificados como:

- Protocolos abertos – Quando as entidades que desenvolvem o protocolo partilham todas as suas características.
- Protocolos Standard – Requer que todas as partes integrantes do desenvolvimento (fabricantes, legisladores, certificadores) acordem uma estrutura comum para a transmissão de dados.

- Protocolos Inter-operáveis – Quando é possível intercalar equipamentos de diferentes fabricantes.
- Protocolos Proprietários – São desenvolvidos e utilizados exclusivamente por um determinado fabricante de equipamento.

BACNet

O protocolo BACNet, tem a sua designação baseada em “Building Automation and Control Networks”. Foi criado em 1985 pela ASHRAE (Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado). Tendo sido declarado como protocolo “Standard” em 1995, é um protocolo padrão aceite por todo o mundo. [9]

Cablagem:

- Ethernet TCP/IP: Rede Estruturada do Edifício (UTP, Fibra Ótica, Wireless)
- Master-Slave/Token Passing (MS/TP): Cabo LIYCY(TP) 2x1
- LonTalk: Cabo Balden 8471

KNX

O KNX classifica-se pela sua versatilidade e abrangência desde edifícios de serviços até residências. É considerado como uma norma internacional standard (ISSO/IEC 14543-3), uma norma europeia standard (CEN EN 1332-1) e uma norma chinesa standard (GB/T 20965). [9]

Cablagem:

- Ethernet TCP/IP: Rede Estruturada do Edifício (UTP, Fibra Ótica, Wireless)
- Par Torçado: Cabo JY(st)Y 2x2x0,8

MODBUS

O ModBus é um protocolo de comunicação concebido para funcionar em filosofia master slave, sendo habitualmente utilizado em sistemas de GTC para integrar equipamentos ou

sistemas de terceiros. Tendo sido desenvolvido em 1979 para permitir a comunicação entre controladores da Modicon. [9]

Cablagem:

- ModBus TCP/IP: Rede Estruturada do Edifício (UTP, Fibra Ótica, Wireless)
- ModBus RTU: Cabo LIYCY(TP) 2x1

M-BUS

O M-Bus (Meter-Bus) é um protocolo utilizado nos edifícios como um protocolo secundário, concebido especificamente para a leitura de contadores: Entalpia, Eletricidade, Água, Gás. É um protocolo master slave em que os slaves são contadores ligados numa rede de dois fios. [9]

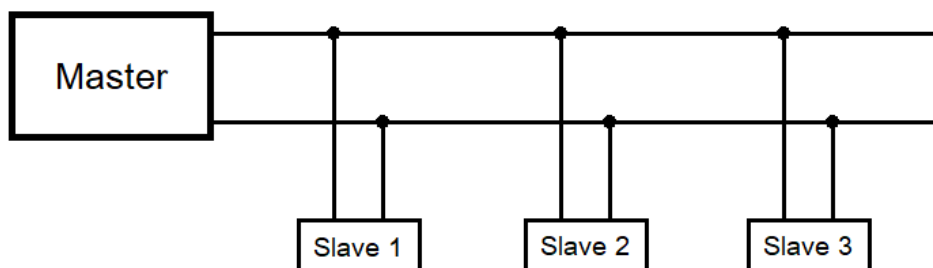


Figura 17 - Princípio de rede de comunicação M-Bus

Cablagem:

- Rede a dois fios: Cabo JY(st)Y 2x2x0,8

LONWORKS

O Lonworks (Local Operations Network) é uma plataforma de comunicação vocacionada para os sistemas de controlo de edifícios. Baseia-se no protocolo LonTalk criado na década de 90 e é normalizado pela ISSO 14908 e ANSI 709 e 852. [9]

Cablagem:

- Ethernet TCP/IP: Rede Estruturada do Edifício (UTP, Fibra Ótica, Wireless)
- TP/FT-10 (Twisted Pair/Free Topology): Cabo Balden 8471

4. Salas Limpas - Enquadramento

De acordo com a Organização Internacional de Normalização e segundo a sua norma ISO 14644-1, uma sala limpa é classificada como:

“Uma sala em que a concentração de partículas no ar é controlada. Construída e utilizada de forma a minimizar a introdução, geração e retenção de partículas na sala. Parâmetros como a temperatura, humidade e pressão são controlados de acordo com as necessidades.”
[10]

Estas condições são atingidas fornecendo a sala com quantidades elevadas de ar novo que circulou por filtros de alta eficiência. Este ar tem como objetivo não só diluir bactérias e partículas transportadas, originadas e dispersas por pessoal e maquinaria que se encontra na sala, mas também pressurizar a sala garantindo que não há fluxo de ar contaminado do exterior para o interior. Além da grande quantidade de ar novo insuflado, uma sala limpa deve ser construída e equipada com materiais não geradores de partículas e de limpeza fácil.

4.1. Breve história das salas limpas

Década de 1860 na Enfermaria Real de Edimburgo - Escócia, o Lord Lister associou às bactérias a origem das infeções pós cirurgia. Começa, assim, a sua contribuição histórica quando Lister concluiu que a eliminação das bactérias no bloco operatório iria prevenir este tipo de infeções.

Lister reduziu dramaticamente o número de infeções pós-operatórias através de uma solução antisséptica que eliminaria as bactérias. Esta solução foi aplicada a vários níveis como os equipamentos, a higienização das mãos do cirurgião e do corpo do doente, como também a pulverização do ar ambiente na tentativa de prevenir a infeção através de partículas existentes no mesmo.

Embora o projeto e manutenção de salas limpas procurando o controlo de infeções hospitalar remonte há mais de 100 anos, a necessidade de ambientes limpos para produção industrial é uma exigência da sociedade moderna. Estas salas são necessárias para fornecer ambientes livres de contaminantes. [8]

Início das salas ventiladas

A ventilação artificial raramente foi utilizada nos hospitais até aos anos 1940 e quando usada era com vista a fornecer conforto térmico. Durante a Segunda grande Guerra a ventilação passou a ser utilizada com o objetivo de controlar a quantidade de contaminantes.

Locais com alta densidade ocupacional durante a guerra (ex. submarinos, abrigos etc.) facilitavam as infeções transmitidas por via aérea, tendo sido alvos de estudo. A ventilação de salas e a aerodinâmica das partículas foram temáticas estudadas durante a Segunda Guerra Mundial com particular interesse na diminuição do número de infeções.

No início dos anos 60 já se sabia que as pessoas seriam a grande fonte de bactérias transmitidas por via aérea, estando estas bactérias alojadas na pele, motivo pelo qual os tecidos de algodão não seriam uma barreira para a sua propagação. [8]

É nesta altura que Bourdillon e Colebrook, dois biólogos britânicos desenvolvem uma investigação sobre higiene do ar em balneários para queimados ou feridos graves. Segundo Bourdillon e Colebrook, as infeções seriam transmitidas entre os pacientes quando estes trocavam de roupa nos balneários. [8]

Como premissa para a ocorrência destas infeções cruzadas estaria a má qualidade do ar nos balneários. Partindo daqui, instalou-se um sistema de ventilação que permitia fazer 60 renovações por hora. A insuflação era feita pelo teto e a extração pelo chão, verificando-se a redução de infeções após a entrada em funcionamento deste sistema de ventilação. [11]

Neste ponto obteve-se um fluxo unidirecional descendente, no entanto, devido às correntes de ar térmicas originadas pelas pessoas e pela iluminação das salas, bem como o movimento de massas na sala torna-se impossível obter um fluxo unidirecional aceitável. Surge então, o professor Sir John Charnley que, com a ajuda da Howorth Air Conditioning decidiu melhorar a ventilação no seu bloco operatório em Wrightington Hospital, perto de Manchester. [8]

Sir Charnley partiu de uma percentagem de pacientes infetados pós-cirurgia na ordem dos 10% na sua tentativa de aperfeiçoar o fluxo de ar unidirecional descendente. Ao invés de insuflar ar por todo o teto, a insuflação ficou restrita a uma pequena área chamada

'greenhouse' localizada no interior do bloco operatório, como se pode observar na figura seguinte. [8]

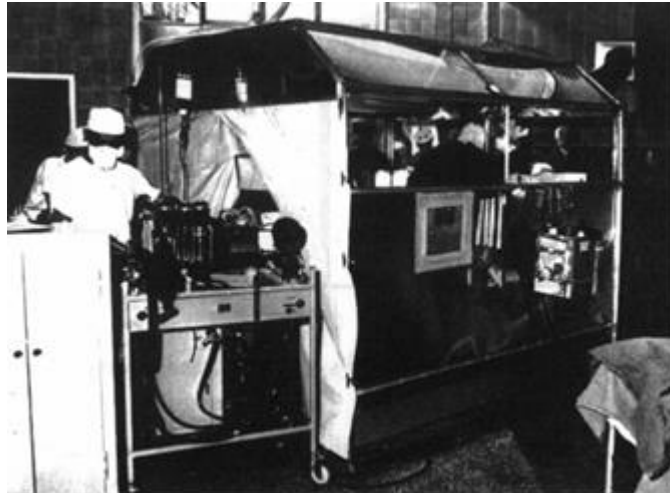


Figura 18 - 'Greenhouse' de insuflação [8]

Com este sistema alcançou-se um fluxo descendente unidirecional razoável, foi aumentado o volume de ar fornecido e foram incorporadas melhorias de design utilizando o conhecimento existente em sistemas de fluxo laminar. Na figura seguinte pode observar-se a publicação de Sir Charnley com a representação do fluxo de ar no sistema. [8]

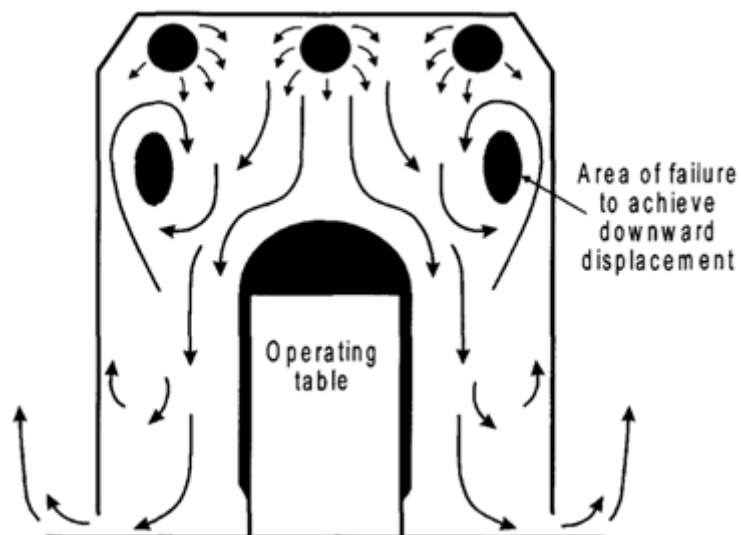


Figura 19 - Fluxo de ar no sistema 'greenhouse' [8]

Estes desenvolvimentos, permitiram uma redução da taxa de pacientes infetados de 10% em 1959 para 1% em 1970, após a implementação de todas as melhorias. [8]

4.2. Aplicações modernas das salas limpas

As salas limpas são imprescindíveis na sociedade moderna, as pessoas, a maquinaria de produção, e a própria estrutura do edifício originam partículas contaminantes que se propagam pelo ar. As salas limpas previnem esta propagação de partículas e permitem que os processos de produção decorram num ambiente limpo. A utilização destas salas é diversa e pode ser encontrada em vários tipos de indústria, como se pode constatar na *tabela 1*.

Tabela 3 - Aplicações modernas das salas limpas

Indústria	Produto
Eletrónica	Computadores, TV's, ecrãs planos
Semicondutores	Circuitos integrados utilizados em memória e controlo computacional
Micromecânica	Giroscópios, micro-rolamentos
Ótica	Lentes, equipamento laser
Alimentar	Alimentos não esterilizados
Biotecnologia	Produção de antibióticos, engenharia genética
Farmacêutica	Farmacêuticos esterilizados, descartáveis esterilizados
Equipamentos Médicos	Válvulas cardíacas, sistemas bypass cardíacos

4.3. Normalização das salas limpas

A necessidade de uniformização quer na fase de construção, na fase de comissionamento ou na fase operacional de salas limpas levou à implementação de diretrizes gerais para a sua normalização.

A primeira norma criada para salas limpas foi publicada pela força aérea americana em 1961 com o nome de Technical Order (TO) 00-25-203.

Em 1999 surge a ISO-14644, inicialmente suportada pela norma governamental americana FS209E, tornando-se obrigatória na União Europeia para todos os agentes prestadores de serviços que necessitem de salas limpas.

Existem também as *GMP – Good Manufacturing Practises* que definem as boas práticas e recomendações de projeto, monitorização, controlo e classificação de salas para aquecimento, ventilação e ar condicionado para produtos farmacêuticos não estéreis. [12]

A classificação de salas limpas é o processo de qualificar a sala de acordo com a quantidade de moléculas contaminantes existentes por m³ no ar utilizando um método normalizado. A classificação da sala é tanto mais exigente quanto menor for a concentração e dimensão dos contaminantes.

4.3.1. ISO 14644

A norma ISO 14644 – *Cleanrooms and associated controlled environments* é composta por 12 documentos que definem as diretrizes regulamentares no que toca a salas limpas, desde a fase de projeto até à monitorização e controlo durante e após o funcionamento da sala.

A classificação de uma sala é o processo de qualificar o ambiente com base no número de partículas utilizando o processo normalizado. Na ISO 14644-1 *Classification of Air Cleanliness* definem-se os limites de contaminantes por m³ de ar, enquadrando depois esses limites em várias categorias e atribuindo, assim, uma classificação à sala.

A equação seguinte permite calcular a concentração máxima admissível num determinado espaço, com base no tamanho da partícula contaminante considerada:

$$C_n = 10^N \times \left(\frac{0,1}{D}\right)^{2,08} \quad (4.1)$$

C_n – Concentração máxima de partículas (partículas/m³ de ar)

N – Classificação de salas limpas ISO

D – Dimensão da partícula [µm]

A *tabela 4* apresenta a classificação de salas limpas de acordo com a ISO 14644-1.

Tabela 4 - Classificação de Salas Limpas - ISO 14644-1

Classificação	Limite máximo de concentração de partículas (/m ³) de dimensão igual ou superior às consideradas abaixo					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm
ISO 1	10	2				
ISO 2	100	24	10	4		
ISO 3	1 000	237	102	35	8	
ISO 4	10 000	2 370	1 020	352	83	
ISO 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
ISO 6	1 000 000	237 000	10 200	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

Os materiais e os produtos devem ser protegidos de fontes de contaminação durante os três estados de produção, “*as built*”, “*at rest*”, “*operational*”. O estado em que se encontra a sala terá influência na concentração das partículas presentes.

“*As built*” – condição em que a instalação está completa com todos os serviços ligados e a funcionar, mas sem equipamento de produção, materiais ou pessoal.



Figura 20 - Estado "as built"

“*At rest*” – condição em que a instalação está completa com todos os serviços e equipamentos de produção ligados de acordo com o cliente, mas sem pessoal.



Figura 21 - Estado "at rest"

“*Operational*” – condição em que a instalação funciona conforme especificado, com os equipamentos de produção e pessoal de acordo com as especificações do cliente.



Figura 22 - Estado "operational"

4.3.2. Good Manufacturing Practises

Este documento apresenta as boas práticas para sistemas de ventilação e ar condicionado em contexto farmacêutico. O sistema AVAC vai influenciar a disposição do espaço devido a questões como localização de *airlocks*, ou direção de abertura das portas.

As GMP propõem diretrizes na proteção do pessoal e dos produtos através da filtração do ar, gradientes de pressão entre as salas, controlo de temperatura e humidade, acabamentos estruturais do próprio edifício etc.

Tal como na ISO 14644, este documento também classifica as salas limpas de acordo com a concentração máxima de contaminantes.

Tabela 5 - Classificação de Salas Limpas - GMP

	Limite máximo de concentração de partículas (/m) de dimensão igual ou superior às consideradas abaixo			
	Em repouso		Em funcionamento	
Classificação	0,5 µm	5 µm	0,5 µm	5 µm
A	3 520	20	3 520	20
B	3 520	29	352 000	2 900
C	352 000	2 900	3 520 000	29 000
D	3 520 000	29 000	Não definido	Não definido

Esta classificação dita as regras a considerar para as respetivas salas.

Classe D: Cabelo e barba devem ser cobertos, deve ser utilizado um fato protetor incluindo calçado apropriado ou coberto por um resguardo.

Classe C: Cabelo e barba devem ser cobertos, deve vestir-se um fato especial com elásticos nos pulsos e gola alta também com elástico, calçado apropriado ou coberto por um resguardo. O material que compõe este fato não deve libertar contaminantes.

Classe A e B: Cabelo e barba devem ser cobertos, esta proteção deve encontrar-se por dentro do fato, e deve ser utilizada uma máscara facial. Devem utilizar-se luvas e calçado especial com ajuste realizado por cima do fato. Todo o material deve ser esterilizado e não pode libertar contaminantes.

4.4. Fontes de contaminação

Vamos começar este subcapítulo com algumas indicações sobre a dimensão das partículas consideradas nos standards das salas limpas. A unidade utilizada é o micrómetro, um milionésimo de metro. A *figura 23* dá-nos uma noção sobre a real dimensão das partículas consideradas. [8]

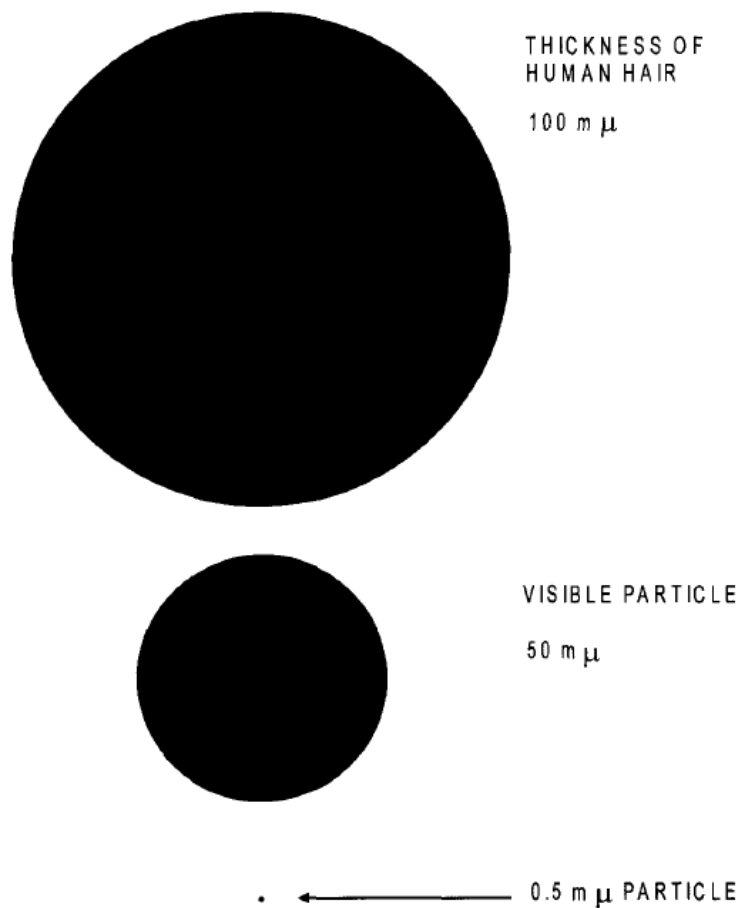


Figura 23 - Comparação do diâmetro de partículas [8]

No ar são diversas partículas inofensivas e indetetáveis a olho nu, porém são para o standard de uma sala limpa. Estas podem ter origem na natureza, nos processos de produção presentes ou até mesmo ser originadas pelos operadores. A dimensão destas fontes de contaminação vai de 0,001μm a centenas de micrómetros, usualmente contaminantes com dimensões superiores a 5μm vão depositar-se por gravidade. Na *tabela 6* é possível observar o tamanho de algumas das partículas presentes no ar. [8]

Tabela 6 - Dimensão de alguns contaminantes [2]

Contaminante	Tamanho [μm]
Cabelo	70 – 100
Pele	0,4 – 10
Pólen	10 – 40
Bolor	0,01 – 10
Fumo	0,01 – 10
Pó	0,1 – 75
Bactérias	0,4 – 20
Vapor	0,005
Vírus	0,002 – 0,05

Muitos destes contaminantes são originados por cinco grupos [13]:

Instalações:

- Paredes, chão e tetos
- Pinturas
- Derrames e fugas

Pessoas:

- Pele e respiração
- Cosméticos e perfumes
- Cabelo

Ferramentas:

- Vibração de máquinas
- Lubrificantes
- Recipientes de matéria prima

Fluidos:

- Partículas suspensas no ar
- Bactérias e humidade
- Químicos de limpeza

Produto final:

- Detritos de chips
- Detritos de quartzo
- Detritos de metal

Destes todos estes grupos, aquele que mais vai originar poluentes em salas limpas é o ser humano. Mesmo com utilização de equipamentos adequados, a presença humana vai originar grande parte dos poluentes numa sala limpa, aumentando com o grau de atividade do trabalhador. É, por isto, vital que os movimentos dentro de salas limpas se realizem de forma suave e cuidadosa.

4.5. Controlo de contaminação

O controlo de contaminação pode ser realizado através da hierarquização das salas de acordo com a quantidade admissível de contaminantes. Além da instalação AVAC, também a arquitetura pode ser utilizada por forma a controlar a acumulação de contaminantes no interior das salas. O tipo de escoamento e os filtros utilizados são determinantes para um correto controlo da contaminação da sala.

De acordo com a *fórmula 4.2* pode determinar-se a taxa de recirculação horária de ar tratado para controlar a concentração de partículas. [14]

$$v = \left(\frac{g}{x - s} \right) \quad (4.2)$$

v – Taxa de recirculações por hora (RPH)

g – Taxa horária de geração interna de partículas (partículas.m³.h⁻¹)

x – Concentração de partículas no recinto (partículas/m³)

s – Concentração de partículas no ar insuflado (partículas/m³)

4.5.1. Controlo de Pressão

Na maioria dos casos, uma sala limpa deve ser projetada para garantir que não há infiltração de ar contaminado. Existem casos em que os contaminantes gerados numa sala limpa durante o processo de produção são nocivos para a saúde ou bem-estar, nestes

casos, para garantir que o ar não flui para o exterior da sala limpa, esta sala encontra-se em depressão. [8]

Estes gradientes de pressão são conseguidos através do diferencial entre a insuflação e a extração no espaço. Numa divisão com pressão positiva o caudal de insuflação é superior ao caudal de extração, por outro lado, numa divisão com pressão negativa, o caudal de extração é superior.

Entre salas de classes distintas devem ser criados *airlocks*/antecâmaras para que não haja uma diferença de pressão elevada entre divisões. Uma antecâmara pode ser entendida como uma divisão com duas ou mais portas localizadas entre duas ou mais salas de diferentes classificações. Existem dois tipos de antecâmaras, de pessoal ou de material.

Diferenças na ordem dos 10 Pa entre duas salas limpas ou 15 Pa entre uma sala limpa e uma sala não classificada são valores razoáveis. [2]

O volume de ar que migra entre salas tem uma representação matemática a partir da equação 4.3.

$$Q = Ac(\Delta P v)^n \quad (4.3)$$

Q – Caudal volumétrico que circula através de um orifício (m^3/s)

A – Área do orifício (m^2)

c – Constante empírica que depende da forma do orifício (0.85 para frestas de portas)

ΔP – Diferencial de pressão através do orifício

v – Volume específico do ar para as condições das salas (m^3/kg_a)

n – Constante exponencial empírica (0,5 para SI)

Na *figura 24* podemos observar quatro possíveis configurações para a *airlocks*.

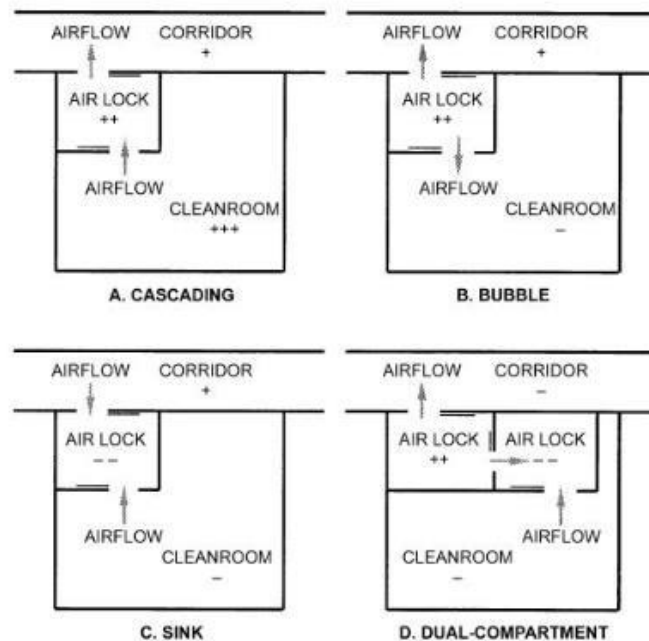


Figura 24 - Estratégias utilizadas nos airlocks

No caso A, temos uma estratégia de cascata, em que a sala limpa tem a pressão mais elevada, dirigindo o fluxo para a antecâmara que, por sua vez, o direciona para a divisão menos pressurizada, o corredor. Esta estratégia visa impedir a contaminação da sala limpa com contaminantes presentes no corredor.

No caso B, existe uma estratégia de bolha, em que a antecâmara está mais pressurizada do que a sala limpa e o corredor, no entanto a sala está em depressão em relação ao corredor. Isto acontece quando o processo que ocorre no interior da sala limpa gera tóxicos prejudiciais à saúde e bem-estar, devendo evitar-se que estes tóxicos fluam até ao corredor.

No caso C, a antecâmara encontra-se em depressão comparativamente à sala e ao corredor, funcionando assim como funil. Desta forma garante-se que o ar flui do corredor e da sala limpa para a antecâmara. Enquanto isso, o corredor está pressurizado relativamente à sala, garantindo que não há fluxo da sala limpa para o corredor.

Por último, a estratégia D de dupla compartimentação, em que se desenvolve o processo mais crítico na sala limpa, pretende evitar em simultâneo o fluxo do ar do corredor para a sala, e da sala para o corredor.

4.5.2. Escoamento de ar numa sala limpa

O escoamento de ar numa sala limpa tem a função de retirar os contaminantes da sala, fazendo o seu escoamento do interior para o exterior da sala e filtrando o ar para que não sejam introduzidos contaminantes externos no interior da sala.

De acordo com a classificação da sala é calculado um número de recirculações horárias, sendo este valor tanto mais elevado, quanto maior for a exigência da sala limpa. O escoamento na sala pode acontecer de forma unidirecional ou turbulento. [8]

Escoamento turbulento

Os princípios de ventilação das salas limpas com escoamento turbulento são semelhantes aos que encontramos na maioria das salas com ar condicionado, como em lojas ou escritórios. O ar é insuflado por difusores no teto e move-se de uma forma aleatória pela sala, no entanto o projeto de uma sala com escoamento turbulento difere de uma sala comum devido às seguintes características:

- O volume de ar insuflado é muito superior
- Filtros de alta eficiência são utilizados e normalmente localizados perto da zona de insuflação
- O movimento do ar no interior da sala limpa faz a remoção dos contaminantes
- Os materiais de construção e acabamentos são de elevados padrões de qualidade.

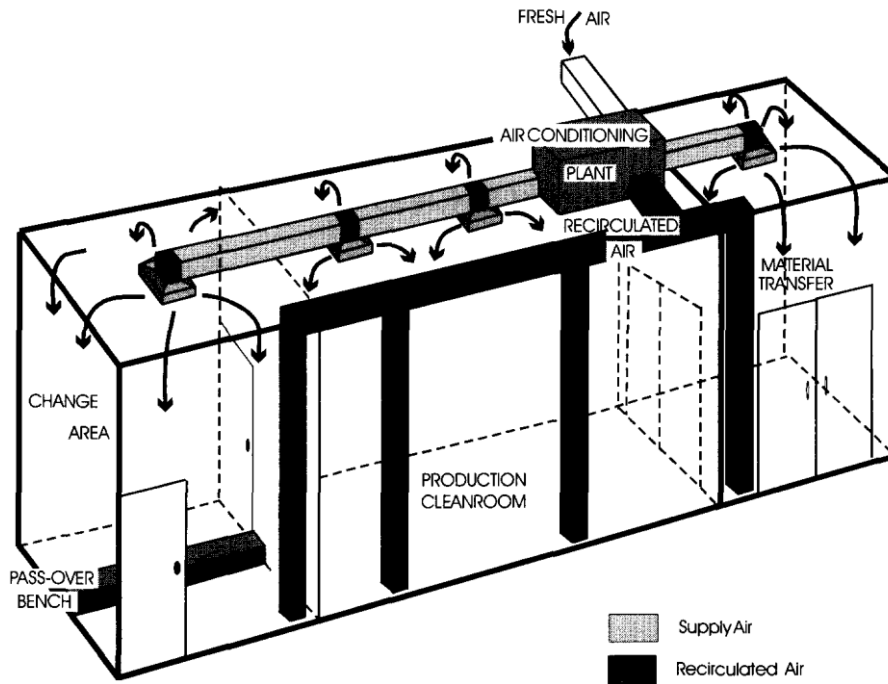


Figura 25 - Ventilação em sala com escoamento turbulento [8]

O tipo, número e posicionamento dos difusores de ar e das grelhas de extração são uma consideração importante numa sala com escoamento turbulento. Os difusores de ar são utilizados para minimizar o “arrasto” causado pela velocidade elevada do ar na insuflação e para garantir uma boa razão de mistura do ar. A figura seguinte representa o fluxo do ar no interior de uma sala com escoamento turbulento. [8]

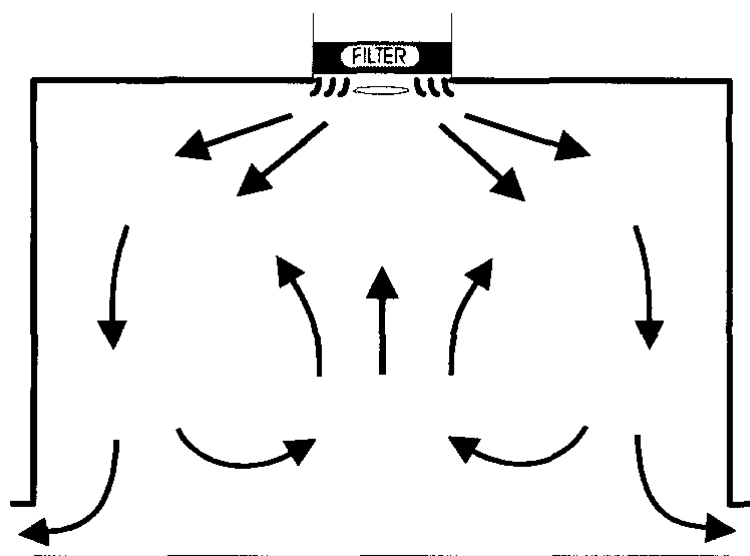


Figura 26 - Fluxo do ar escoamento turbulento [8]

Escoamento unidirecional

Salas limpas ventiladas em regime turbulento conseguem garantir, na melhor das hipóteses, uma classificação ISO 7. Para se obter uma classificação ISO superior, é necessário empregar uma diluição maior dos contaminantes. Isto pode ser adquirido com um escoamento unidirecional do ar. [8]

Este tipo de escoamento é utilizado quando se necessita de uma baixa concentração de partículas no espaço. O fluxo do ar realiza-se apenas numa direção, de modo horizontal ou vertical, a uma velocidade constante normalmente entre 0.3m/s e 0.5m/s através de todo o espaço da sala. Na figura seguinte temos uma vista em corte de uma sala com um fluxo unidirecional vertical. O ar é insuflado pelo teto, após passar pelos filtros de alta eficiência, fluindo pela sala de forma descendente e removendo as partículas contaminantes. É depois extraído pelo chão, misturado com a quantidade de ar novo e recirculado através dos filtros para o interior da sala novamente. [8]

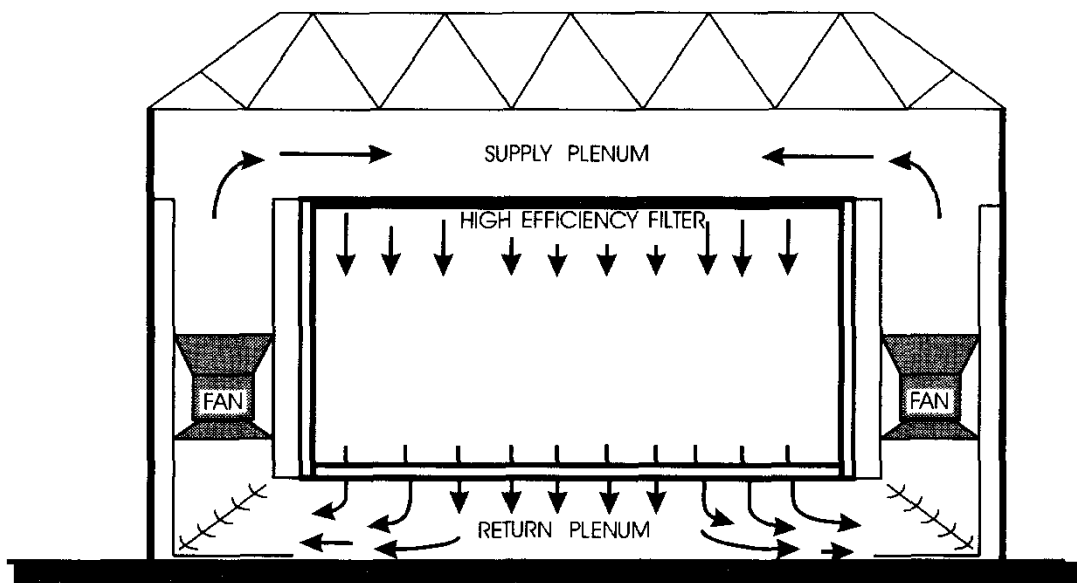


Figura 27 - Fluxo vertical unidirecional [8]

A contaminação do ar pelas pessoas e processos pode, assim, ser imediatamente removida por este fluxo unidirecional, enquanto o fluxo turbulento depende da mistura e diluição dos contaminantes. A eficiência deste método vai depender também da quantidade de obstáculos ao ar existentes na sala e do volume de movimentações dos operadores que se vão comportar também como obstáculos ao fluxo unidirecional do ar. Nestas zonas

específicas o ar pode assumir um comportamento turbulento, sendo que quanto maior for a sua velocidade, mais eficiente será a remoção de contaminantes. [8]

4.5.3. Filtros de ar de alta eficiência

O ar insuflado numa sala limpa deve ser filtrado para ser garantida a ausência de partículas e micro-organismos. Filtros HEPA (alta eficiência em remoção de partículas) são os mais utilizados em salas limpas com uma eficiência mínima de 99.97% para partículas com dimensões de 0,3 μ m no mínimo.

Para processos mais exigentes são utilizados filtros ULPA (ar particulado ultra baixo), que garantem uma eficiência de 99.999% para partículas com dimensões de 0.12 μ m no mínimo. [8]

É geralmente aceite que:

- Salas de classificação ISO 6 ou de qualidade inferior são equipadas com filtros HEPA e ventilação em regime turbulento.
- Salas de classificação ISO 5 são equipadas com filtros HEPA que cobrem completamente o teto e ventilação unidirecional.
- Salas de classificação ISO 4 ou de qualidade superior são equipadas com filtros ULPA e ventilação em regime unidirecional.

Construção de filtros de alta eficiência

Para a construção deste tipo de filtros, o papel de filtro é dobrado continuamente em dobras de cerca de 15cm ou 30cm. Este filtro trabalhado é, de seguida, colado numa moldura de plástico ou madeira. Na figura seguinte pode-se observar a construção de um filtro de alta eficiência. [8]

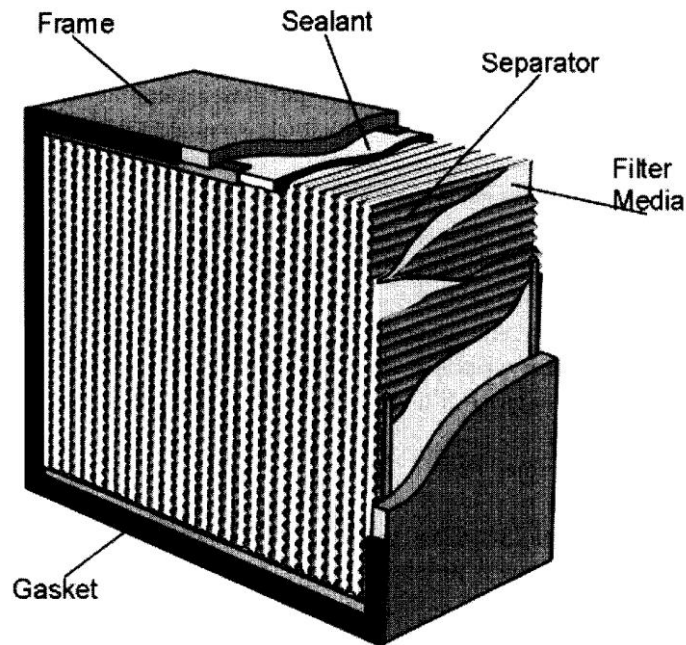


Figura 28 - Filtro de alta eficiência

A perda de carga através de um filtro depende da velocidade do ar e do seu tipo de construção. A velocidade nominal do ar através de um filtro é normalmente considerada como 0.5m/s. A esta velocidade a perda de carga localiza-se entre 120 Pa e 170 Pa. Quando a perda de carga atinge 2,5 a 3 vezes o valor original, o filtro considera-se colmatado e é substituído. [8]

4.5.4. Mecanismos de remoção de partículas

Os filtros de alta eficiência são projetados para remover partículas de cerca de $2\mu\text{m}$ e inferiores. Para partículas de dimensões superiores são utilizados pré-filtros com nível de eficiência mais baixo. A malha dos filtros é feita de fibras com diâmetros a começar em $0.1\mu\text{m}$ até cerca de $10\mu\text{m}$ com os espaços entre as fibras a serem de dimensões superiores das dimensões das partículas retidas. Os filtros ULPA utilizam uma quantidade superior de fibras e com diâmetros mais baixos. Estas fibras estão distribuídas de forma aleatória

e não asseguram uma dimensão mínima dos poros, como se pode observar na *figura 29*. [8]

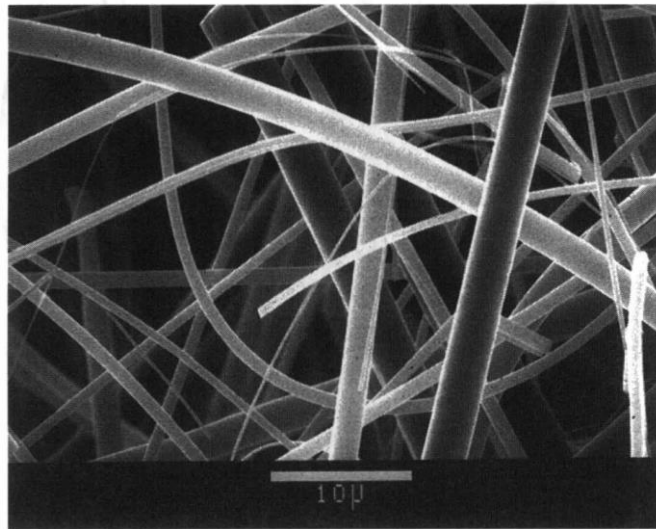


Figura 29 - Microfotografia de malha de um filtro de alta eficiência [8]

Enquanto as partículas presentes no ar atravessam a malha de filtro, colidem com as fibras ou com outras partículas já retidas na malha. Quando acontece uma colisão entre uma partícula em movimento e uma fibra ou uma outra partícula em repouso, geram-se forças que vão reter a partícula em movimento e impedi-la de seguir com o fluxo do ar. [8]

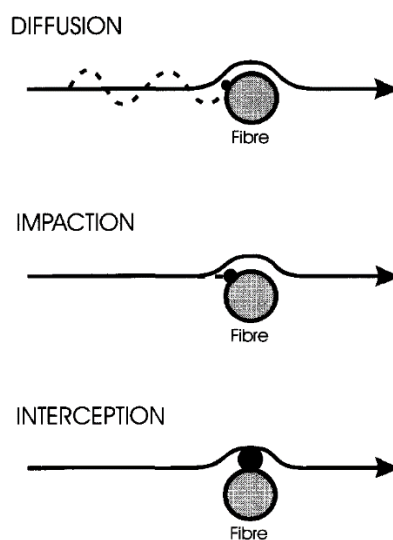


Figura 30 - Mecanismos de filtração de partículas

Os três principais mecanismos de filtração de partículas são a difusão, impacto e intercepção. Na difusão, partículas de pequena dimensão movimentam-se de forma aleatória ao longo do fluxo de ar, acabando por colidir com as fibras da malha de filtro. No processo de impacto, partículas de dimensão grande o suficiente para criar momento abandonam o fluxo de ar e colidem com a fibra enquanto o ar a contorna. [8]

5. Dimensionamento do Sistema de Climatização

Após a exposição e enquadramento teórico, inicia-se agora a componente de cálculo sistema de climatização, suportado pelo *software HAP*.

5.1. Descrição e caracterização do edifício

A Unidade Farmacêutica alvo de estudo localiza-se em Lisboa, é constituída por quatro salas classificadas de acordo com as diretivas GMP. A classificação das salas é atribuída tendo em conta as exigências resultantes dos processos que nelas acontecem. Estes processos e respetiva classificação GMP são indicados pelo cliente e podem ser consultados na *tabela 7*.

Tabela 7 - Classificação de salas

Sala N.º	Nome da Sala	Área Útil [m ²]	Pé Direito [m]	Classe GMP
1	Corredor de Acesso	5,4	2,8	N/C
2	Zona de vestir	5,6	2,8	D
3	Zona de despir	3,4	2,8	D
4	Laboratório de Produção	26,6	2,8	C

O Corredor de Acesso é uma zona de circulação, que faz a ligação entre o laboratório de produção e o resto do edifício. Este corredor não é classificado.

As salas 2 e 3 são antecâmeras do laboratório de produção. Estas antecâmeras servem como *airlocks* ao laboratório, além disso, é nestas salas que os trabalhadores vão vestir ou retirar os equipamentos de proteção individual necessários para entrarem no laboratório de produção. A taxa de contaminação é muito superior quando os operários utilizam roupa comum, sendo neste espaço que os operários trocam de roupa, os contaminantes introduzidos no ambiente serão muito superiores. Estas salas estão classificadas como classe D de acordo com a classificação GMP, sendo que não há controlo de humidade.

O laboratório de produção é a sala onde se realizam os processos de produção, processos esses que originam partículas nocivas à saúde. Será adotada uma estratégia de controlo de pressão para impedir que essas partículas não cheguem até ao corredor de circulação.

Dada a influência desta sala e os processos aplicados, a sua classificação GMP é C. Devido aos processos químicos levados a cabo no laboratório, é necessário efetuar controlo de humidade e temperatura através do sistema de climatização e respetivo sistema de controlo. Para a temperatura temos um valor *setpoint* de 21°C com uma variação de 1°C, no caso da humidade, o *setpoint* é de 45%HR com uma variação de 10%HR. O dimensionamento do sistema é realizado de forma a proporcionar as condições ideais no laboratório, sendo que o sistema de controlo irá monitorizar e controlar estas variáveis.

5.1.1. Mapa de Pressões

O mapa de pressões é desenhado de acordo com as indicações do cliente. Os processos de produção realizados no interior da sala 4, Laboratório de Produção, originam partículas nocivas para a saúde. Com isto sabe-se que o mapa de pressões terá um papel vital na prevenção de fugas de ar proveniente do interior para o exterior da sala.

A estratégia de controlo de pressão a utilizar será a dupla compartimentação, evitando em simultâneo o fluxo de ar do corredor para a sala de produção, e vice versa. Para isso, o Laboratório de Produção e a Zona de Despir estarão em depressão. Na *figura 31* pode observar-se um diagrama representativo da hierarquização das salas em relação à sua pressurização.

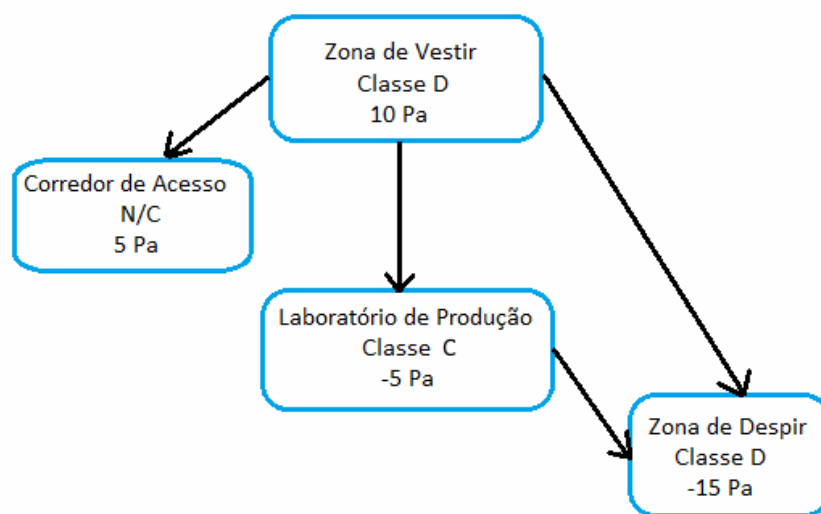


Figura 31 - Diagrama do Mapa de Pressões

A circulação dos funcionários será feita do Corredor de Acesso para a Zona de Vestir onde irão vestir os equipamentos de proteção devidos, seguem para o Laboratório de Produção. Para a saída circulam pela Zona de Despir onde retiram os equipamentos de proteção e atravessam novamente pela Zona de Vestir antes de saírem para o Corredor de Acesso.

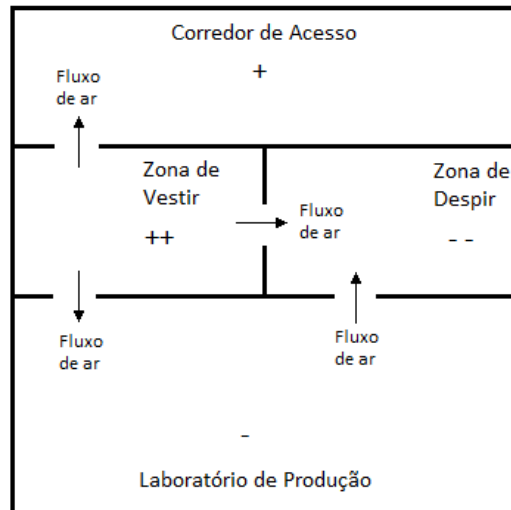


Figura 32 - Dupla Compartimentação

Na figura 32 pode observar-se o fluxo de ar na planta do edifício, recorrendo à estratégia da dupla compartimentação é garantido que não existe fluxo de ar do Laboratório de Produção para o Corredor de Acesso.

5.1.2. Caudais de Fuga

Definidos os níveis de pressão de cada sala podem ser determinados, por sua vez, os caudais de fuga. Assumindo a estanquicidade dos elementos construtivos, o diferencial de pressão entre as salas do edifício origina fugas através das frestas da porta. A fórmula 5.1 permite calcular o caudal de fuga, de acordo com uma área estimada para as frestas das portas.

$$V = A \alpha \sqrt{2 \Delta P \nu} \quad (5.1)$$

V – Caudal de fuga [m^3/s]

A – Área do caudal de fuga [m^2]

α – Coeficiente de descarga (0,85 para o caso de portas)

ΔP – Diferencial de pressão [Pa]

v – Volume específico do ar [m^3/kg]

Tabela 8 - Área de frechas das portas

Frecha		Área Frecha = A guarnição - A porta
Laterais e topo	0,002 m	$1,611 - 1,600 = 0,011 m^2$
Chão	0,002 m	
Porta		
Largura	0,8 m	
Altura	2 m	
Área	1,6 m^2	
Guarnição		
Largura	0,804 mm	
Altura	2,004 mm	
Área	1,611 m^2	

Conforme apresenta a *tabela 8*, consideram-se 11 mm^2 para as frechas das portas. Na seguinte aplicação da *fórmula 5.1* vamos utilizar um diferencial de pressão de 15 Pa, obtendo assim um caudal de fuga de 48 l/s.

$$V = A \alpha \sqrt{2 \Delta P v} = 0,011 \times 0,85 \sqrt{2 \times 15 \times 0,85} = 0,048 m^3/s = 48 l/s$$

A *tabela 9* dá-nos os caudais de fuga em função do diferencial de pressão, para as dimensões de porta e guarnição consideradas anteriormente, dimensões essas que são uma estimativa das condições reais em obra.

Tabela 9 - Caudais de fuga em função do diferencial de pressão

ΔP [Pa]	2.5	5	10	15	20	25	30	35
Caudal Fuga [l/s]	20	28	39	48	56	62	68	74

A *figura 33* apresenta o valor de pressão em cada sala e os respetivos caudais de fuga, de acordo com a *tabela 9*.

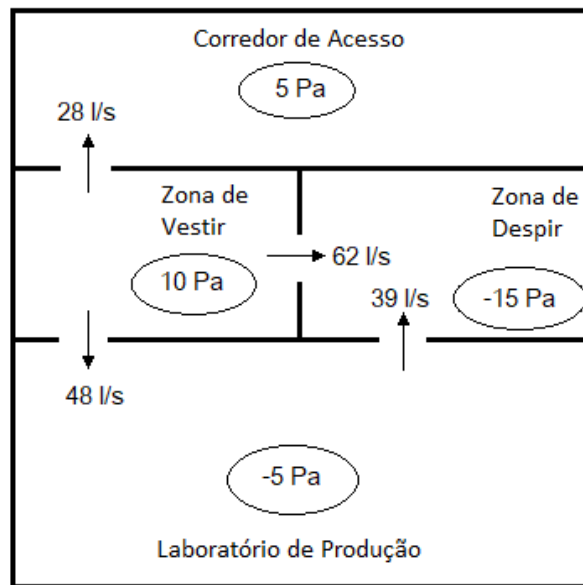


Figura 33 - Caudais de fuga

A *tabela 10* permite uma interpretação mais clara dos caudais exfiltrados e infiltrados. Estes caudais terão que ser compensados através da insuflação ou da extração, com vista a manter-se a instalação em equilíbrio.

Tabela 10 - Balanço de fugas de ar

Nome da Sala	Infiltra [l/s]	Exfiltra [l/s]	Balanço [l/s]
Corredor de Acesso	28	0	28
Zona de vestir	0	76	-76
Zona de despir	101	0	101
Laboratório de Produção	48	39	9

5.1.3. Número de renovações de ar

Para determinar o número de recirculações de ar por hora, utilizou-se a *fórmula 4.2*, com o pressuposto de que existe uma taxa de emissão constante de poluentes ao longo do tempo e desprezando os efeitos de infiltração ou exfiltração.

Tal como anteriormente referido, o ser humano será a principal fonte contaminadora da sala limpa. Um operário corretamente protegido com equipamento comum pode originar cerca de 10 000 partículas de 0.5 μm ou superiores por segundo, tal como podemos constatar na *figura 34*.

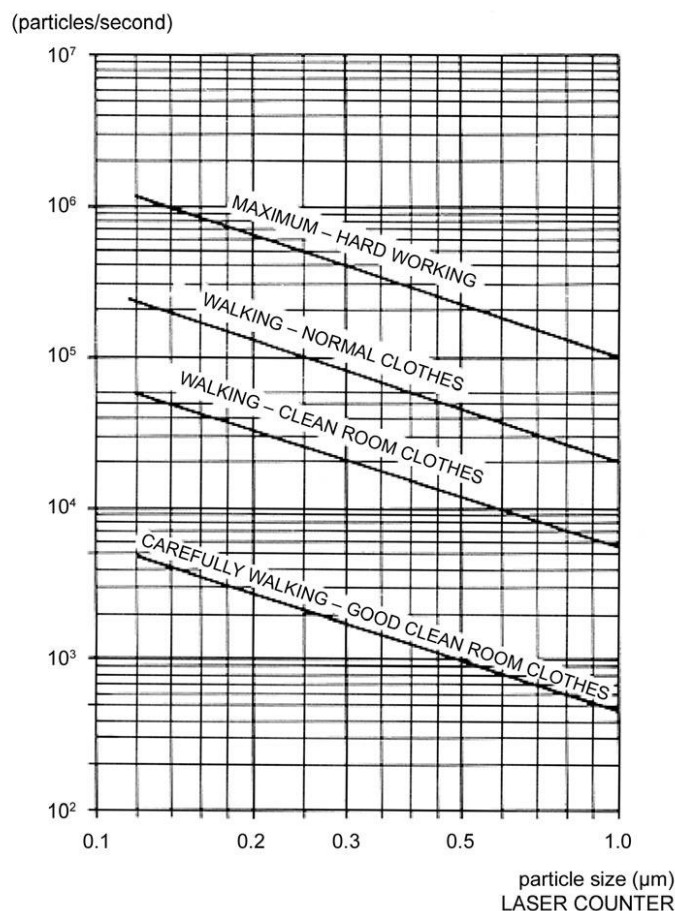


Figura 34 - Partículas Geradas por Segundo por Operador [17]

No caso da Sala 4 – Laboratório de Produção serão considerados 3 ocupantes que irão originar 30 000 partículas de 0,5 μm por segundo. Uma vez que os processos de produção originam resíduos nocivos à saúde humana, vamos majorar este valor considerando 50 000 partículas de 0,5 μm por segundo. Quanto aos materiais envolventes da sala temos 10 000 partículas de 0,5 μm por segundo.

No total temos 90 000 partículas de 0.5 μm por segundo no laboratório de produção. O volume total da sala é de 74 m³, sem esquecer que uma hora tem 3600 segundos, vamos obter 4 378 378 $\left(\frac{\text{part.de } 0,5 \mu\text{m}}{\text{m}^3 \cdot \text{h}}\right)$.

Aplicando esta taxa de geração de resíduos à fórmula 4.2, considerando a concentração máxima de partículas para salas com a classificação C em repouso de 352 000 $\left(\frac{\text{part.de } 0,5 \mu\text{m}}{\text{m}^3}\right)$, de acordo com a Tabela 5 - Classificação de Salas Limpas – GMP vamos obter o seguinte número de recirculações por hora:

$$v = \left(\frac{4378378}{352000 - 1056} \right) = 12 \text{ RPH}$$

No entanto estes valores devem ser majorados, pois a emissão de partículas não é a mesma em todos os pontos das salas, quer em área, quer em altura, sendo bastante maior nas zonas onde circundam os operadores e os processos.

No caso das salas de vestir e despir, deve considerar-se que os trabalhadores vão circular com roupa comum. De acordo com a *figura 34* vamos assumir 100 000 partículas de 0,5 µm ou superiores por segundo, sendo que a ocupação destas salas é de uma pessoa. Para os materiais envolventes da sala temos 10 000 partículas de 0,5 µm por segundo, totalizando assim 110 000 partículas de 0,5 µm ou superiores por segundo.

Repetindo os cálculos anteriormente descritos vamos obter aproximadamente 7 renovações por hora para a Zona de Vestir e 12 recirculações por hora para a zona de despir.

O número de recirculações horárias a considerar para cada sala foi definido em conjunto com o cliente, sendo que nesta instalação apenas existem salas de classe C e D, optou-se por igualar o número de recirculações nas três salas, definindo um valor de 20 recirculações por hora.

Tabela 11 - Classificação GMP das salas

Nome da Sala	Classe GMP	Concentração máx. de partículas até 0.5 µm [part/m ³] (GMP)	RPH
Corredor de Acesso	N/C	-	-
Zona de vestir	D	3 520 000	20
Zona de despir	D	3 520 000	20
Laboratório de Produção	C	352 000	20

5.1.4. Caudal de ar novo

O cálculo do ar novo é feito de acordo com duas normas distintas, prevalecendo a situação mais desfavorável. As diretrizes de cálculo são dadas pela EN15251:2008 e SCE DL 118/2013.

A eficácia de ventilação é a relação entre a concentração de poluentes no ar de insuflação, extração e interior à zona de respiração [21]. É definida como:

$$\varepsilon_V = \frac{C_{ETA} - C_{SUP}}{C_{IDA} - C_{SUP}} \quad (5.2)$$

Onde: ε_V – Eficácia de ventilação

c_{ETA} – Concentração de poluentes no ar de extração $\left[\frac{mg}{m^3}\right]$

c_{IDA} – Concentração de poluentes no ar interior $\left[\frac{mg}{m^3}\right]$

c_{SUP} – Concentração de poluentes no ar de insuflação $\left[\frac{mg}{m^3}\right]$ [21]

Existem indicações que podem clarificar a eficácia de ventilação, no *apêndice A* pode consultar-se a tabela classificativa dos valores de eficácia de ventilação a serem aplicados conforme a configuração da distribuição de ar e o tipo de fluxo.

A EN 1521:2008 efetua o cálculo considerando a percentagem de satisfação dos ocupantes e o nível de poluição dos materiais do edifício. No *apêndice A* pode consultar-se a folha de cálculo utilizada para determinar os caudais de ar novo e as respetivas tabelas de quantificação com base nos parâmetros considerados.

O DL 118/2013 considera o grau de atividade física dos ocupantes, entrando com a taxa de metabolismo. Quanto mais elevada for esta taxa de metabolismo, maior será o número de renovações exigidas.

Também no DL 118/2013 é considerada a carga poluente do edifício para a determinação do caudal de ar novo. Mais uma vez, no *apêndice A* estão as tabelas respetivas à quantificação de cada um destes parâmetros. A *tabela 12* apresenta um resumo do cálculo de caudal realizado de acordo com ambas as normas, no *apêndice A* apresenta-se a folha de cálculo completa.

Na *tabela 12* discriminam-se os caudais a considerar segundo ambas as normas e segundo as GMP (de acordo com a classificação de cada sala presente na *tabela 11*). O caudal a considerar será o superior de entre as três colunas e é apresentado na última coluna (Caudal a Utilizar).

Tabela 12 - Caudais de ar novo de acordo com as normas

Sala N.º	Nome da Sala	Volume (m³)	EN 15251 : 2008	SCE . DL118/2013	Caudal GMP		Caudal Utilizado	
			Caudal de Ar Novo (l/s)	Caudal de Ar Novo (l/s)	Ar Novo l/s	Renovação Rph	Ar Novo l/s	Renovação rph
1	Corredor de Acesso	15,1	12	47	NC	NC	50	12
2	Zona de vestir	15,7	4	13	180	20	180	20
3	Zona de despir	9,5	4	24	55	20	55	20
4	Laboratório de Produção	74,5	30	177	410	20	410	20
Totais		115	50	261	270		695	

Balanço de caudais

O processo de produção a decorrer na Sala N.º. 4 – Laboratório de Produção dará origem a partículas nocivas à saúde humana. Por esta razão optou-se por não realizar a recirculação do ar interior, utilizando um sistema 100% Ar Novo. Elimina-se assim a possibilidade de insuflação de ar contaminado, facilitando a garantia da qualidade do ar interior. Há ainda que filtrar o ar da sala antes da sua extração para o exterior, retendo assim os contaminantes sem que estes atinjam a atmosfera.

Determinado que está o caudal de ar novo e o caudal que vai migrar entre as salas, existem condições para dimensionar a extração considerando os caudais totais de entrada e saída.

Tabela 13 - Caudais de extração

Sala N.º	Nome da Sala	Ar Novo [l/s]	Balanço fugas de ar [l/s]	Extração
1	Corredor de Acesso	50	28	78
2	Zona de vestir	180	-76	104
3	Zona de despir	55	101	156
4	Laboratório de Produção	410	9	419
TOTAL				660

Na *tabela 13* estão determinados os caudais de extração tendo em consideração o ar novo e as fugas de ar anteriormente demonstrados.

Na fase de colocação em funcionamento da ventilação, será necessário efetuar um equilíbrio da instalação garantindo que se atingem os diferenciais de pressão projetados. Para atingir este equilíbrio vamos variar o caudal de extração, uma vez que os caudais de ar novo não serão alterados, mantendo assim o número de renovações exigido.

Considerando que a instalação tem as suas pressões equilibradas, podemos assumir como constantes os caudais de fugas de ar.

5.1.5. Características estruturais

As paredes exteriores e interiores foram definidas de acordo com indicações presentes no manual “Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios” do LNEC. No entanto, devido ao facto de neste projeto tratarmos com salas limpas, as salas classificadas são revestidas com painéis de poliuretano injetado e com revestimento em resina por ambas as faces. As salas 2, 3 e 4 são forradas com estes painéis, cumprindo assim com a boa prática de minimizar a produção de contaminantes devido aos materiais de construção.

Coeficientes de transmissão térmica

O coeficiente global de transmissão térmica U define a capacidade global de barreiras condutivas ou convectivas para transmitirem calor. O coeficiente global de transmissão térmica caracteriza a quantidade de energia sob a forma de calor que atravessa uma parede através de $1m^2$ de superfície, no período de um segundo, quando a diferença de temperatura entre o interior e o exterior é de $1^{\circ}C$.

Os coeficientes globais de transmissão térmica determinados para as paredes exteriores, paredes interiores, pavimento, cobertura e paredes em painéis de poliuretano estão apresentados em detalhe no *apêndice B*.

As propriedades de cada material foram retiradas do manual “Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios” do LNEC e do site <https://www.engineeringtoolbox.com/> [15].

Nas *figuras 35 e 36* podemos observar em corte a composição das envoltentes. O cálculo do coeficiente de transmissão térmica é realizado de acordo com os elementos construtivos.

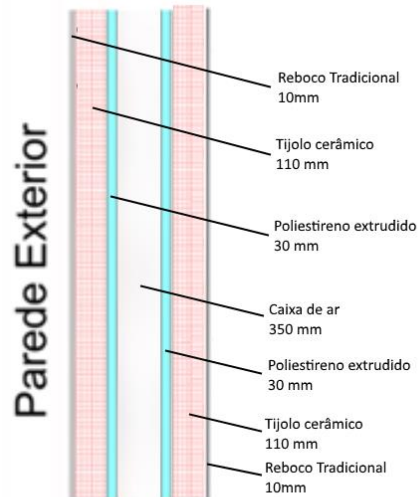


Figura 35 - Corte da Parede Exterior

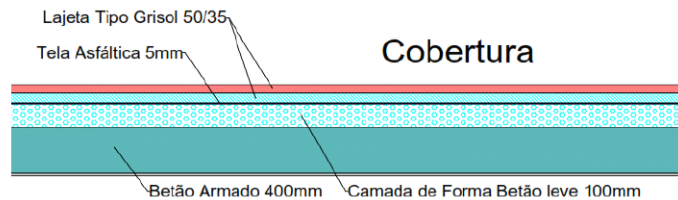


Figura 36 - Corte da cobertura

Na *tabela 14* estão apresentados os coeficientes de transmissão térmica a aplicar neste projeto.

Tabela 14 - Quadro resumo dos coeficientes de transmissão térmica

Envolvente	Coefficiente de transmissão térmica [W/m ² .K]
Parede Exterior	0,344
Parede Interior	0,737
Pavimento	0,933
Placas Purever tech	0,782
Cobertura	0,224

5.1.6. Espaços e Horários

No *anexo C*, Lista de Salas, podem consultar-se os equipamentos existentes em cada sala e a respetiva carga térmica dissipada por cada um deles. Estas cargas estão de acordo com

ASHRAE (2017). *ASHRAE Design Guide for Cleanrooms – Fundamentals, Systems and Performance* [19]. Além das cargas térmicas dos equipamentos, também a densidade de iluminação está presente no *anexo C*. Os valores de densidade de iluminação são atribuídos de acordo com *ASHRAE Standard 90.1-2007* [18]. Estas cargas térmicas serão consideradas no dimensionamento do sistema de climatização.

Definiram-se ainda diferentes horários de utilização para os diferentes espaços climatizados de acordo com a ocupação dos mesmos, iluminação e equipamentos de climatização e produção.

5.2. Cálculo das cargas térmicas

Para realizar o cálculo das cargas térmicas utilizou-se o *software* HAP (Hourly Analysis Program).

De acordo com a localização do edifício, determinaram-se as condições exteriores de projeto para verão e inverno. Estes dados serão a base do projeto, sendo utilizados como parâmetros no *software*.

Ao iniciarmos um novo projeto no HAP vamos introduzir o *menu weather* de acordo com a localização do edifício.

Weather Properties - [Lisbon]

Design Parameters | Design Temperatures | Design Solar | Simulation

Region: Europe

Location: Portugal

City: Lisbon

Latitude: 38.8 deg

Longitude: 9.1 deg

Elevation: 122.8 m

Summer Design DB: 33.3 °C

Summer Coincident WB: 22.2 °C

Summer Daily Range: 11.2 K

Winter Design DB: 3.2 °C

Winter Coincident WB: 2.9 °C

Atmospheric Clearness Number: 1.00

Average Ground Reflectance: 0.10

Soil Conductivity: 1.380 W/m/K

Design Clg Calculation Months: Jan to Dec

Time Zone (GMT +/-): 0.0 hours

Daylight Savings Time: Yes No

DST Begins: Apr 1

DST Ends: Oct 31

Data Source: 2001 ASHRAE Handbook

OK Cancel Help

Figura 37 - Weather Properties - Design Parameters

Na figura 37 podemos observar os valores introduzidos para a caracterização da cidade de Lisboa.

Os valores de temperaturas de projeto de bolbo seco e húmido para verão e inverno são retiradas das seguintes figuras 38, 39 e 40.

Estes valores estão apresentados segundo determinadas probabilidades de ocorrência, optou-se por utilizar a probabilidade de ocorrência de 1% prevenindo, assim, o pior cenário possível.

Quadro II.A - 1 (cont.)

TEMPERATURAS EXTERIORES DE PROJECTO DE VERÃO
(PROBABILIDADES ACUMULADAS DE OCORRÊNCIA DE 90, 95, 97.5 e 99%)
E AMPLITUDE TÉRMICA DIÁRIA DO MÊS MAIS QUENTE

REGIÃO	NUM. DE ORDEM	LOCAL	T TERM. SECO				TW TERM. MOLHADO INCIDENTE COM T				TW TERM. MOLHADO				AMPLITUDE TÉRMICA DIÁRIA
			99%	97.5%	95%	90%	99%	97.5%	95%	90%	99%	97.5%	95%	90%	
52		LISBOA/PURTELA	33.3	31.4	29.4	27.0	22.2	21.2	20.4	19.6	23.0	22.0	21.0	20.0	11.2

Figura 38 - Condições exteriores de projeto de verão

Quadro I.A - 1 (cont.)
 TEMPERATURAS EXTERIORES DE PROJECTO DE INVERNO
 (PROBABILIDADES ACUMULADAS DE OCORRÊNCIA DE 1, 2,5, 5 e 10%)

REGIÃO	NUMERO DE ORDEM	LOCAL	1.0	PROB. (%)		
			2.5	5.0	10.0	
	52	LISBOA/PORTELA	3.2	4.4	5.4	6.6

Figura 39 - Condições exteriores de projeto de inverno

Current Point	
DB	3.2
RH	95
Air Flow	472
DB	3,200
WB	2,876
RH	95,00
W	4,53
v	0,788
h	14,506
DP	2,472
d	1,2743
vp	5,4765
AW	5,751

Figura 40 - Temperatura equivalente de bolbo húmido

Para a temperatura exterior de projeto de inverno em relação ao bolbo húmido utilizou-se a carta psicrométrica e estimou-se uma humidade relativa de 95% obtendo-se, assim, a temperatura de bolbo húmido (WB) de 2,9°C.

A turbidez atmosférica é um fator utilizado para corrigir perfis com radiação solar de céu limpo ou de céu nublado, dependendo das características do local. Para condições típicas o HAP assume o valor 1, pelo que para Lisboa não se encontram razões que levem a alterar este valor.

A refletância do solo é a quantidade de radiação solar refletida pelas superfícies que rodeiam o edifício. Assumindo que ao redor do nosso edifício existe alcatrão, assume-se um valor de refletância de 0,10.

Por fim, existe a condutividade do solo que se refere à condutividade térmica do solo que rodeia o edifício. Esta condutividade vai influenciar a transferência de energia através das

paredes e chão dos andares subterrâneos e vai depender da composição do solo. Neste campo também se assumiu um valor standart de 1,38 W/m/K.

O segundo separador é o *Design Temperatures*, onde se apresenta a *figura 41*. A partir daqui define-se o mês de projeto através do HAP. Na *figura 41* observar-se que tanto o mês de julho como o de agosto reúnem condições para ser mês de projeto.

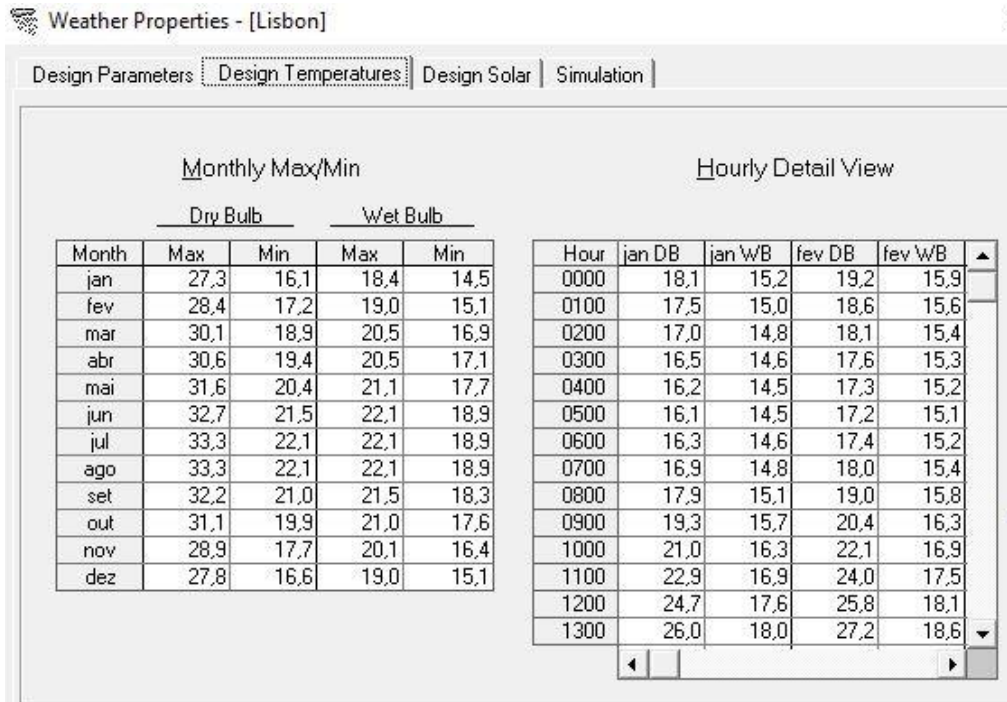


Figura 41 - Design Temperatures

Neste momento consulta-se a *figura 42* de onde se retira que o mês de projeto para Lisboa será o mês de agosto, uma vez que apresenta a temperatura média mensal mais elevada.

Pressão atmosférica \bar{P} (mb)		Temperatura do ar								Mês
		\bar{T} (°C)					T (°C)			
No local	Red. ao nível do mar	19519.....h	197815...h21...h	Mensal	$\bar{\text{Max}}$	$\bar{\text{Min}}$	Max	Min	
1009,1	1020,7	9,5	13,6	10,9	11,3	14,4	8,2	20,6	0,3	Janeiro
1007,2	1018,7	10,3	14,4	11,2	12,0	15,4	8,6	25,4	-1,2	Fevereiro
1006,1	1017,6	12,3	16,3	12,5	13,5	17,3	9,7	26,3	2,8	Março
1005,5	1016,8	14,5	18,3	13,6	15,2	19,4	11,0	30,4	4,4	Abril
1006,0	1017,3	17,4	21,1	15,7	17,6	22,1	13,1	35,1	6,9	Maio
1006,7	1017,9	19,8	23,7	18,0	20,0	24,8	15,3	37,6	10,2	Junho
1007,0	1018,1	21,7	26,4	20,0	22,3	27,5	17,0	39,6	12,1	Julho
1006,4	1017,5	21,7	26,8	20,2	22,6	27,8	17,3	39,3	13,3	Agosto
1007,1	1018,2	20,2	25,0	19,2	21,3	26,1	16,5	37,1	10,3	Setembro
1007,1	1018,4	17,0	21,4	17,0	18,3	22,4	14,3	34,4	7,7	Outubro
1007,5	1018,9	12,8	16,7	13,4	14,2	17,7	10,8	27,8	3,9	Novembro
1008,5	1020,0	10,0	13,8	11,2	11,7	14,7	8,6	21,8	0,5	Dezembro
1007,0	1018,3	15,6	19,8	15,2	16,7	20,8	12,5	39,6	-1,2	Ano

Figura 42 - Normais Lisboa

Acerto do perfil de temperaturas exteriores

De seguida, utiliza-se o *software* Munters HDPsyChart para obter a temperatura máxima e mínima, de bolbo seco e húmido em cada um dos meses do ano, exceto agosto que é o mês de projeto.

O procedimento para determinar os valores a inserir na tabela DESIGN TEMPERATURES é repetitivo e será feito para os 12 meses do ano, portanto o mês de janeiro será utilizado para efeitos descritivos.

Começa-se por retirar da *figura 43* o valor de temperatura média mensal e de humidade relativa média mensal para o mês de janeiro registados às 9h, 15h e 21h. No *apêndice A* está a tabela *Temperatura e Humidade Relativa Médias para Lisboa*, referente a todos os meses.

ESTACÃO LISBOA MÉDIAS DE 1951./1980.
 $\phi = 38^{\circ}43'N$; $\lambda = 9^{\circ}09'W$; $g = 9,8009 \text{ m/s}^2$; $\Delta G = 0$; $H_s = 27$; $H_g = 95$; $h_1 = 1,6$; $h_2 = 31,6$; $h_3 = 31,2$; $h_4 = 1,6$

Pressão atmosférica P (mb)		Temperatura do ar								Mês
		\bar{T} (°C)					T (°C)			
No local	Red. ao nível do mar	9...h	15...h	21...h	Mensal	$\bar{\text{Max}}$	$\bar{\text{Min}}$	Max	Min	
1009,1	1020,7	<u>9,5</u>	<u>13,6</u>	<u>10,9</u>	11,3	14,4	<u>8,2</u>	20,6	0,3	Janeiro

Humidade relativa do ar U (%)			Mês
9...h	15...h	21...h	
<u>86</u>	<u>72</u>	<u>83</u>	Janeiro

Figura 43 – Temperatura e humidade relativa médias janeiro

Utilizando o *software* HDPsyChart, introduziram-se valores de temperatura de bolbo seco e de humidade relativa do ar para dinamizar os pontos da *figura 44*.

Dos 3 horários referidos anteriormente, retirou-se o maior valor de humidade específica (valores sublinhados a azul na *figura 44*). No caso do mês de janeiro, o maior valor de humidade específica registou-se às 15 horas e tem o valor de 6,99 g/kg. Este valor será utilizado para o cálculo da temperatura de bolbo húmido para a temperatura máxima de Janeiro.

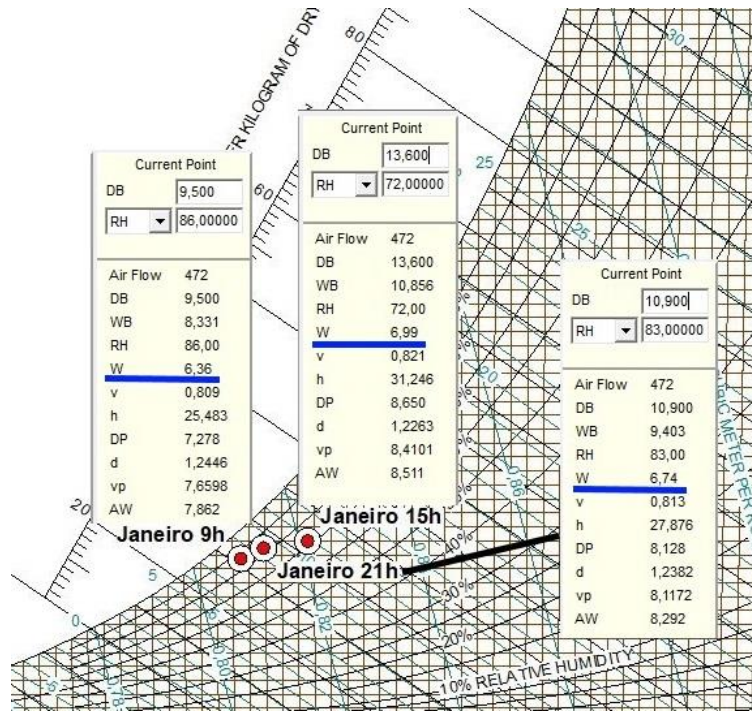


Figura 44 - Caracterização Psicrométrica para valores médios por hora em Janeiro

Na figura 45 observam-se os valores médios de temperatura máxima e mínima para o mês de janeiro, sendo eles 14,4 °C e 8,2 °C, a umidade específica é de 6,99 g/kg. Na figura 42 estão caracterizados dois pontos utilizando os valores supramencionados.

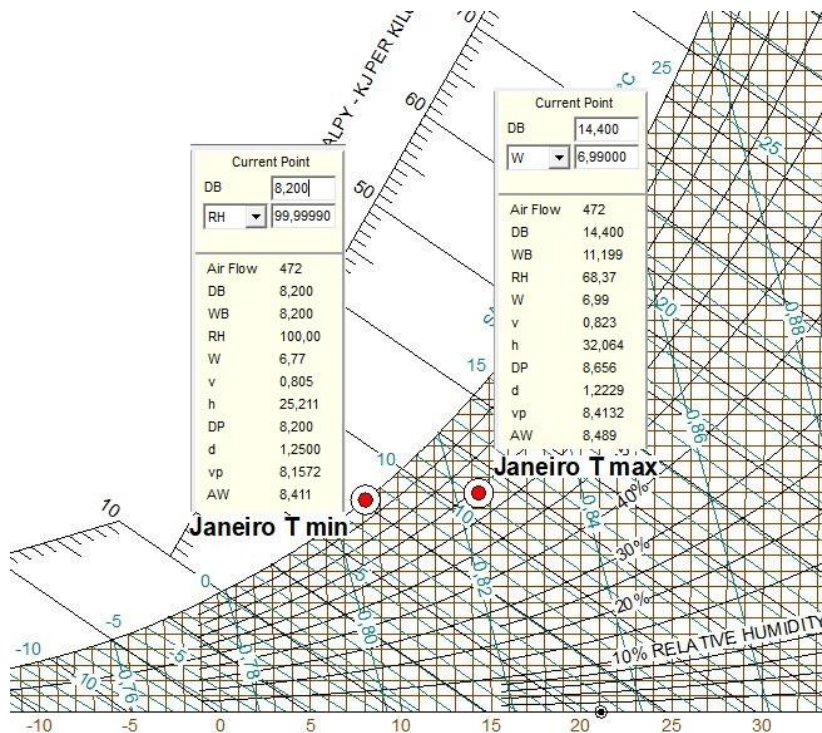


Figura 45 - Caracterização Psicrométrica para temperaturas máxima e mínima em janeiro

No caso do bolbo húmido mínimo, ao utilizar a temperatura de bolbo seco mínimo de 8,2°C e humidade específica de 6,99 g/kg obtém-se um ponto em condições de saturação. Para contornar esta situação, mantém-se a temperatura de bolbo seco mínimo em 8,2 °C e utiliza-se uma humidade relativa de 99,99%, obtendo uma temperatura de bolbo húmido mínimo de 8,2 °C.

Após este processo, obteve-se a seguinte caracterização do mês de janeiro:

Tabela 15 - Caracterização das temperaturas do mês de janeiro

Mês	T Bs máx [°C]	T Bs min [°C]	T Bh máx [°C]	T Bh min [°C]
Janeiro	14,4	8,2	11,2	8,2

O procedimento repete-se para todos os meses do ano, exceto agosto que é o mês de projeto. De seguida, alteram-se os valores da tabela DESIGN TEMPERATURES estabelecendo o perfil de temperaturas exteriores, como podemos observar na figura 46.

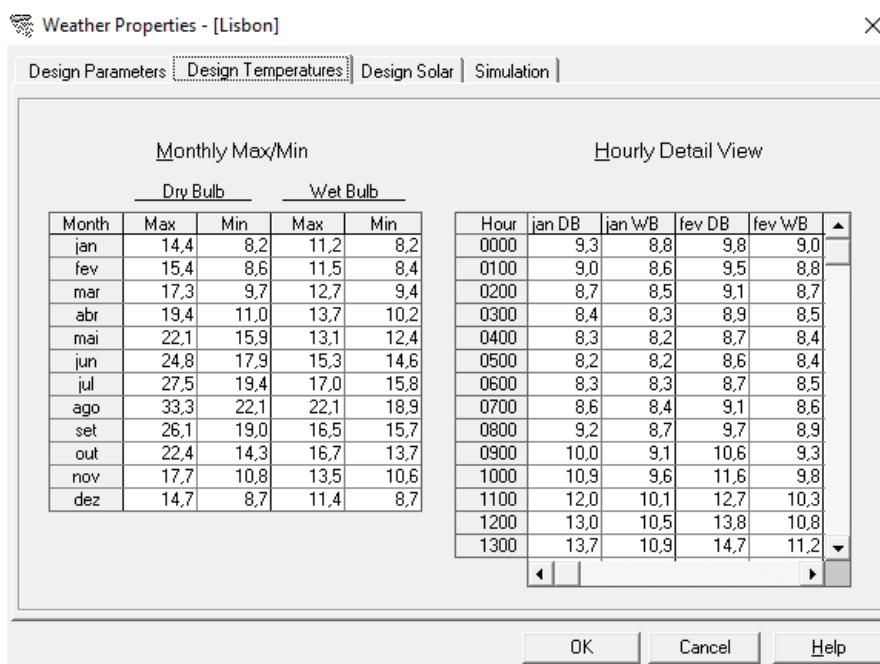


Figura 46 - Correção Design Temperatures

De seguida determinam-se os valores dos fatores de correção para cada mês. Por forma a proceder-se à introdução dos valores de correção, é preciso gerar um relatório para cada mês do ano, e comparar os valores de radiação Horizontal do Design Total Solar Heat

Gains for January com os valores dos mapas de radiação solar do INMG no mês de janeiro (e todos os outros).

O relatório gerado apresenta-nos o valor de energia em W/m^2 fornecidos pelo *software* HAP, multiplica-se esse valor por uma hora obtendo Wh/m^2 . Somam-se os valores das diferentes horas e obtém-se um valor de energia diária.

Hour	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	HOR
0000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0300	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0400	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0600	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0700	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0800	145,2	30,1	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	22,9
0900	439,5	192,6	27,3	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	144,6
1000	617,9	389,0	93,9	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	287,2
1100	728,1	559,5	286,9	45,7	39,2	39,2	39,2	39,2	391,0
1200	776,6	688,4	490,1	194,6	44,7	41,6	41,6	41,6	438,3
1300	764,0	765,7	645,5	418,3	118,2	42,6	41,0	41,0	425,9
1400	690,1	776,2	739,0	583,8	325,1	54,7	37,4	37,4	354,5
1500	553,6	701,7	736,3	656,3	469,6	190,2	33,1	30,4	230,8
1600	338,1	492,0	563,1	548,8	445,8	266,8	48,1	19,1	86,6
1700	3,7	6,6	8,3	8,6	7,7	5,5	2,1	0,3	0,5
1800	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1900	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2300	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Figura 47 - Design Total Solar Heat Gains Janeiro

Este valor de energia diária é multiplicado por 31 dias para representar o mês de janeiro, obtendo-se assim, $Wh/m^2.mês$. A quantidade de dias a multiplicar deve ser ajustada ao número de dias de cada mês.

Dividem-se os valores do INMG pelo valor da energia mensal, da razão entre estes valores obtém-se um fator de correção para introduzir no *software*.

Tabela 16 - Somatório Energético mês de Janeiro

	Janeiro	
Somatório dia (médio)	2382,3	$[Wh/m^2.dia]$
x30 (dias)	73851,3	$[Wh/m^2.mês]$
/1000	73,8513	$[kWh/m^2.mês]$
INMG	50	$[kWh/m^2.mês]$
Acerto (INMG/HAP)	0,68	

Repete-se o procedimento para os restantes meses. No *Apêndice A* está a folha de cálculo *Valores de Acerto* utilizada para chegar aos valores de acerto de cada mês.

Na *figura 45* pode observar-se a tabela Design Solar onde são aplicados os valores de acerto. A partir daqui o programa encontra-se totalmente configurado.

Month	Multiplier	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
Jan	0,68	28,3	28,3	33,9	175,7	330,2	435,6	511,6	531,0	528
Feb	0,67	33,0	33,0	115,2	254,3	401,5	485,5	514,0	499,6	482
Mar	0,75	44,1	65,4	227,7	397,4	499,2	553,2	534,3	479,6	451
Apr	0,85	59,6	187,1	365,3	502,6	585,6	576,8	515,7	417,9	366
May	0,94	100,7	294,3	477,6	583,9	632,8	590,2	482,0	346,3	279
Jun	0,98	139,5	343,0	517,8	611,9	647,0	584,9	459,7	307,9	238
Jul	1,09	120,7	345,9	538,9	668,8	721,6	662,8	544,8	387,6	312
Aug	1,07	81,4	234,8	436,0	616,5	709,8	693,7	625,0	506,1	444
Sept	0,95	60,2	79,8	255,6	470,8	606,6	660,2	653,9	592,2	557
Oct	0,91	47,7	47,7	127,5	355,7	513,9	632,7	670,7	656,2	638
Nov	0,81	34,8	34,8	44,5	200,7	383,1	520,1	595,0	616,2	620
Dec	0,75	28,7	28,7	28,7	147,1	324,1	447,0	546,1	580,6	586

Figura 48 - Design Solar

5.3. Definição dos espaços e sistema

Seguindo a introdução dos espaços no programa *HAP*, introduz-se a área e volume de cada espaço, o ar novo, a densidade de construção do edifício, as cargas térmicas existentes no mesmo e os horários de funcionamento dos equipamentos e iluminação que originam essas mesmas cargas térmicas. Nas *figuras 49, 50, 51 e 52* é pode observar-se a definição dos espaços no programa.

HAP48 - [40246_TFM]

Project Edit View Reports Wizards Help

Space	Floor Area
<New default Space>	
Corredor de Acesso	5,4
Laboratório de Produção	26,6
Zona de despir	3,4
Zona de vestir	5,6

Figura 49 - Lista de salas HAP

Space Properties - [Laboratório de Produção]

General Internals Walls, Windows, Doors Roofs, Skylights Infiltration Floors Partitions

Name: **Laboratório de Produção**

Floor Area: **26,6** m²

Avg Ceiling Height: **2,8** m

Building Weight: **341,8** kg/m²

Light Med. Heavy

OA Ventilation Requirements

Space Usage: <User-Defined>

OA Requirement 1: **100** % of supply air

OA Requirement 2: **0,0** L/s

Space usage defaults: ASHRAE Std 62.1-2007
Defaults can be changed via View/Preferences.

OK Cancel Help

Figura 50 - Descrição Sala HAP

Space Properties - [Laboratório de Produção]

General Internals Walls, Windows, Doors Roofs, Skylights Infiltration Floors Partitions

Overhead Lighting

Fixture Type: Recessed, unvented

Wattage: **15,00** W/m²

Ballast Multiplier: **1,00**

Schedule: Horário Iluminação

Task Lighting

Wattage: **0,00** W/m²

Schedule: (none)

Electrical Equipment

Wattage: **1674,0** Watts

Schedule: Equipamentos

People

Occupancy: **3,0** People

Activity Level: Sedentary Work

Sensible: **82,1** W/person

Latent: **79,1** W/person

Schedule: Horário Iluminação

Miscellaneous Loads

Sensible: **0** W

Schedule: (none)

Latent: **0** W

Schedule: (none)

OK Cancel Help

Figura 51 - Cargas Térmicas Sala

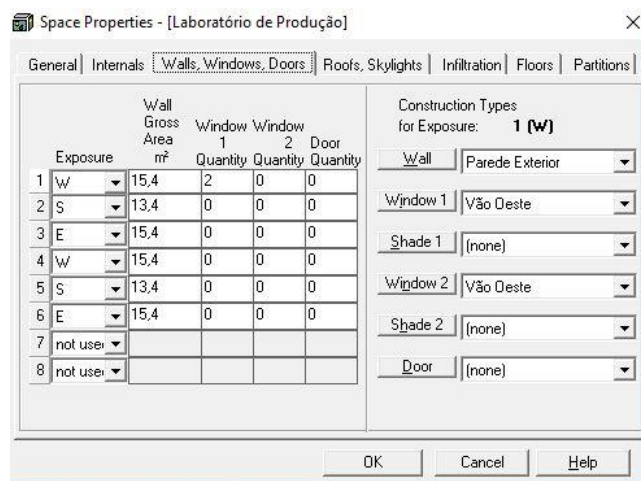


Figura 52 - Fronteiras Sala

Realizada a caracterização dos espaços, aliada aos restantes parâmetros presentes no anexo C – Lista de salas, inicia-se a caracterização do sistema de climatização.

Dada a natureza dos processos e das partículas nocivas que deles resultam, por razões de segurança, higiene e garantia de qualidade do ar interior, neste projeto será utilizado um sistema 100% Ar Novo. A UTAN será constituída por um pré-filtro, serpentina de recuperação, serpentina de aquecimento e arrefecimento, resistência elétrica, humidificador, atenuador de som ventilador e filtro.

O ar novo vai percorrer a UTAN e ser alvo dos tratamentos necessários, de forma a satisfazer as condições desejadas. De seguida, percorre as condutas até à entrada das salas, sendo que esta UTAN vai climatizar as quatro salas.

Uma vez que o laboratório é a única sala com controlo de temperatura e humidade, o set-point da UTAN será afinado de acordo com as exigências desta sala.

A montante da insuflação do laboratório e dos *airlocks* estão localizados filtros absolutos (HEPA) que vão garantir que o ar fornecido tem qualidade suficiente para os espaços a climatizar. Nestas três salas os difusores são rotacionais, providenciando assim um escoamento turbulento.

Nos dois *airlocks*, Sala de Vestir e Sala de Despir, existe a necessidade de instalar uma resistência elétrica a montante da insuflação para realizar ajustes de temperatura por forma a conseguir satisfazer as condições de temperatura exigidas.

A UTAN vai também climatizar o corredor, não havendo no entanto exigências em termos de temperatura e humidade do ar.

A extração é localizada a nível baixo por grelhas de extração localizadas na parede. A localização das grelhas de extração ao nível baixo deve-se à captação nos locais mais desfavoráveis da instalação.

Antes de ser rejeitado, o ar extraído das salas atravessa a serpentina de recuperação, onde realiza uma permuta térmica através da serpentina de recuperação, que irá posteriormente beneficiar o ar novo.

Correção de Caudais de Ar Novo

Os caudais de Ar Novo a utilizar foram definidos de acordo com a *tabela 12*. Estes valores obedecem às necessidades para a qualidade de ar interior, no entanto, há ainda a considerar as necessidades térmicas dos espaços. A *tabela 17* apresenta os caudais propostos pelo HAP.

Tabela 17 - Caudais Calculados HAP

Sala	Caudal Calculado HAP [l/s]
1 – Corredor de Acesso	62
2 – Zona de Vestir	87
3 – Zona de despir	53
4 – Laboratório de Produção	577

A *tabela 18* apresenta os caudais mais desfavoráveis de entre a *tabela 12* e a *tabela 17*, obtendo assim na última coluna (Caudal definido pelo utilizador) o caudal definitivo a considerar para o sistema AVAC.

Tabela 18 - Caudal a considerar para o sistema AVAC

Sala	Caudal a utilizar <i>tabela 12</i> [l/s]	Caudal Calculado HAP [l/s]	Caudal definido pelo utilizador [l/s]
1 – Corredor de Acesso	50	62	65
2 – Zona de Vestir	180	87	180
3 – Zona de despir	55	53	55
4 – Laboratório de Produção	410	577	580

No *anexo E* apresenta-se o *Relatório HAP* para o sistema descrito neste projeto, onde se verifica a definição do caudal pelo utilizador com os valores apresentados na tabela acima.

5.4. Dimensionamento de condutas aeráulicas

No dimensionamento de condutas aeráulicas há que ter em conta as seguintes regras de boa execução, os troços de conduta devem ser o mais curto possível economizando espaço e material, devem evitar-se curvas e derivações com ângulos demasiado apertados, as secções retangulares devem respeitar uma regra de proporção entre altura e largura que não deverá exceder 1 para 3. A velocidade do ar é diretamente influenciada pela dimensão das condutas, devem ser garantidas dimensões que permitam respeitar os limites da velocidade do ar reduzindo o ruído e vibração.

Os métodos mais utilizados para o correto dimensionamento de condutas aeráulicas são o método da redução de velocidade e o método da perda de carga constante. O método da redução da velocidade é mais indicado para as redes de insuflação, sendo de fácil execução e permitindo uma redução das perdas de pressão total, evitando também uma acumulação de partículas no interior da conduta. O método da perda de carga constante é mais utilizado nas redes de exaustão e retorno, apesar de apresentar uma maior perda de pressão total, permite utilizar uma menor área de conduta.

Condutas de insuflação

Para o dimensionamento das condutas de insuflação utilizou-se o método da redução de velocidade onde é estabelecida uma velocidade no troço inicial, essa velocidade vai reduzindo à medida que o ar flui para os troços secundários. Este método descreve-se pelos seguintes pontos:

1. Seleccionar velocidades de acordo com a *tabela 17*;
2. Determinar as dimensões das condutas principais utilizando os caudais e as velocidades através da *equação 5.1* e da *tabela 16*.
3. Através da velocidade e dimensão da conduta, determinar a perda de carga utilizando a *figura 53*;
4. Adicionar perdas de carga dinâmicas. [15]

Tabela 19 - Velocidades do ar em conduta [15]

Tipo de conduta	Sistema de conforto [m/s]	Sistema Industrial [m/s]	Sistema de alta velocidade [m/s]
Principal	4-7	8-12	10-18
Ramos principais	3-5	5-8	6-12
Ramos terminais	1-3	3-5	5-8

Definiu-se uma velocidade de 4 m/s para o troço principal, sendo o caudal de 0,88 m³/s aplica-se a fórmula 5.3.

$$A = \frac{q}{v} = \frac{0,88}{4} = 0,22 \text{ m}^2 \quad (5.3)$$

A – Área de secção da conduta

q – caudal de ar [m³/s]

v – velocidade do ar [m/s]

Para estas condições a secção circular mais aproximada é de 500 mm. A partir daqui, utilizou-se o diagrama de perdas de carga em conduta para obter a perda de carga estática no troço principal, como se pode verificar na figura 53.

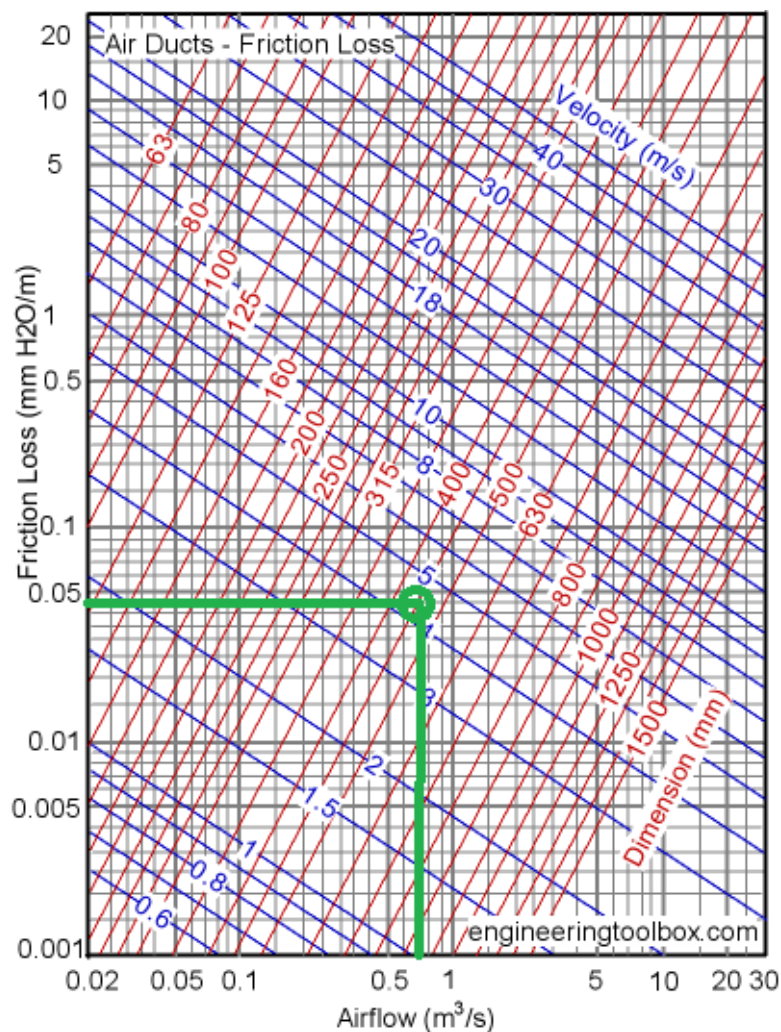


Figura 53 - Diagrama de perdas de carga em conduta [15] – Redução de velocidade constante

Daqui retirou-se o valor da perda de carga a considerar para esta secção de conduta e velocidade, sendo ele 0,045 [mmH₂O/m] o que equivale aproximadamente a 0,44 [Pa/m].

O procedimento é repetido para os restantes troços de conduta, manipulando a área de secção de conduta com o objetivo de aproximar o valor de perda de carga a 0,44 [Pa]. A *tabela 16* apresenta os valores obtidos para todos os troços do sistema.

O traçado de condutas foi definido por forma a ser o mais linear e menos acidentado possível, diminuindo assim a perda de carga no sistema.

Condutas de extração

Para o dimensionamento das condutas de extração utilizou-se o método de perda de carga constante, onde as condutas são dimensionadas para uma perda de pressão constante por unidade de comprimento. Este método pode ser descrito da seguinte forma:

1. Definir a velocidade máxima aceitável no troço principal;
2. Determinar a perda de carga no troço principal, através do diagrama de perda de carga;
3. Dimensionar as condutas do sistema, mantendo constante a perda de carga;
4. Determinar a perda de carga total do sistema;
5. Dimensionar os registos de regulação de caudal. [15]

Para o circuito de extração sugere-se uma velocidade de 3 m/s para o troço principal, sendo o caudal de 0,7 m³/s aplica-se a fórmula 5.4.

$$A = \frac{q}{v} = \frac{0,88}{3} = 0,29 \text{ m}^2 \quad (5.4)$$

A – Área de secção da conduta

q – caudal de ar [m³/s]

v – velocidade do ar [m/s]

Para estas condições a secção circular mais aproximada é de 525 mm. A partir daqui, utilizou-se o diagrama de perdas de carga em conduta para obter a perda de carga estática no troço principal, como se pode verificar na *figura 54*.

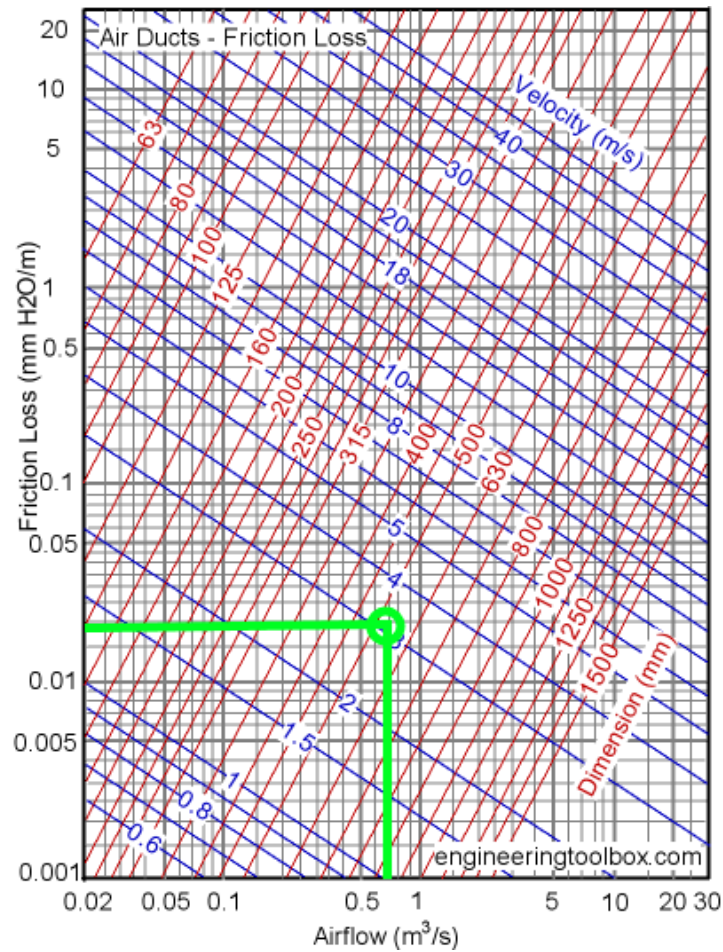


Figura 54 - Diagrama de perdas de carga em conduta [15] - Perda de carga constante

Daqui retirou-se a perda de carga a considerar para esta secção de conduta e velocidade, sendo de 0,027 [mmH₂O] o que equivale aproximadamente a 0,24 [Pa].

O procedimento é repetido para os restantes troços de conduta, manipulando a área de secção de conduta com o objetivo de aproximar o valor de perda de carga a 0,88 [Pa]. A tabela 16 apresenta os valores obtidos para todos os troços do sistema.

O traçado de condutas foi definido por forma a ser o mais linear e menos acidentado possível, diminuindo assim a perda de carga no sistema.

A partir daqui chegou-se ao traçado de condutas final que pode ser observado nas *Peças Desenhadas*.

6. Sistema de Controle

O sistema a ser implementado terá por objetivo garantir as condições exigidas, otimizar as tarefas de exploração e serviço, supervisionar todas as variáveis das instalações técnicas, minimizar consumos energéticos e custo de exploração.

A arquitetura do sistema deverá permitir dispor de diferentes níveis de gestão e inteligência distribuída, comunicantes entre si de forma que se possa operar com eficácia, fiabilidade e autonomia. Os níveis de gestão técnica são:

- Campo: Sensores e Atuadores

É o nível composto por sensores atuadores, contadores e outros elementos eletromecânicos. A sua função é a aquisição de informações e atuação sobre os equipamentos eletromecânicos.

- Módulos Microprocessadores

Através de módulos microprocessadores será realizado o comando e controlo segundo as estratégias e sequências definidas.

- Gestão Técnica Centralizada e Estação de Operação

Este nível é composto pela estação de operação e gestão com o respetivo *software*.

6.1. Desenho de Processo e Instrumentação

O desenho de processo e instrumentação, ou P&ID pode tomar várias formas e funções dependendo da natureza do processo representado, do público-alvo para o desenho ou até mesmo da exigência e detalhe necessários. O desenho é um esquema do sistema de climatização em vista de corte, não estando à escala

Neste caso, o P&ID servirá como um ‘mapa de orientação’ para o sistema de climatização onde se pode consultar todos os equipamentos que compõem o sistema, a localização do equipamento de campo, os parâmetros do processo (temperatura, humidade e pressões), definir a estratégia de controlo e os componentes a serem medidos, monitorizados e registados. No *Apêndice D – Peças desenhadas*. Pode consultar-se o P&ID e a respetiva legenda das caixas de parâmetros para uma correta interpretação.

6.2. Equipamento de Campo

Difusor Insuflação e Caixa Porta-filtro

Os difusores são do modelo *Diffuse Box* da France Air. Combinando a caixa porta-filtro, o pleno de insuflação e o respetivo difusor num só equipamento, estes difusores são bastante práticos, de fácil instalação e de manutenção mais acessível.

Os difusores serão do tipo rotacional, o que permitirá um escoamento turbulento e um varrimento mais rápido. A caixa porta-filtro permite a utilização de filtros HEPA, a utilização destes filtros é necessária dada a natureza da instalação.

No *Apêndice E* é possível consultar a ficha técnica destes equipamentos e a respetiva seleção.

Grelha de Extração

As grelhas *Diffuse Box* da France Air também podem ser utilizadas como grelhas de retorno.

Este modelo possui um porta-filtro, o que será importante para a sua aplicação, uma vez que são geradas substâncias nocivas durante o processo de produção, é benéfico filtrar o ar antes da sua extração. Será utilizado um filtro do tipo F9. A grelha do modelo MCPF é própria para extração e será instalada ao nível baixo.

Pressostatos diferenciais para ar

Os pressostatos serão utilizados para monitorizar a colmatação dos filtros e o estado de funcionamento dos ventiladores. O modelo a utilizar será o *930.1* da marca *Beck*.

Sensores de temperatura e humidade conduta

Para monitorizar a temperatura e humidade do ar novo ou da insuflação, serão utilizadas sondas de temperatura e humidade conforme apresentado em apêndice, do modelo *E+E Elektronik EE150 - MIA3*. O valor de temperatura e humidade será transmitido até ao controlador através de um sinal de 0V a 10V.

Sensores de temperatura ambiente

Para monitorizar a temperatura ambiente nas salas de vestir e de despir, considera-se o sensor de temperatura ambiente da Siemens, QAA24. O sensor mede a temperatura do ar através do seu elemento sensor, cuja resistência varia com a temperatura. De seguida, o sinal é transmitido até ao controlador para que seja possível controlar a temperatura ambiente na zona em que o sensor está instalado. Este equipamento será montado na parede.

Sensor de Pressão relativa

Para a monitorização da pressão diferencial nas salas, será utilizado um sensor de parede com monitor marca *KIMO CP112*. Este sensor é apropriado para utilização em salas limpas, permite medição de pressão relativa entre a sala e um ponto referência. Será utilizado o mesmo ponto de referência para todas as salas em que o *KIMO* seja instalado. O facto de ser instalado em parede é bastante benéfico uma vez que permite a monitorização dos parâmetros no local. Os valores monitorizados serão transmitidos até ao controlador por um sinal de 0 V a 10 V ou 4 mA a 20 mA.

Regulador de Caudal de Ar

O regulador de caudal de ar a utilizar será da série *TVE*, marca *TROX* de fácil ajuste de ar da gama de controlo. De fácil instalação e regulação, não são utilizados tubos de medição de caudal de ar, o que elimina eventuais obstruções. A medição de pressão efetiva é realizada através da lâmina.

O caudal instantâneo e o sinal de comando podem ser transmitidos até um controlador através de um sinal de 0 V a 10 V.

No *apêndice E* é possível consultar as fichas técnicas de todo o equipamento de campo e verificar a respetiva seleção.

6.3. Controladores e Lista de Pontos

A lista de pontos é realizada tendo em conta as necessidades de controlo e monitorização da instalação, sendo composta por entradas e saídas físicas (digitais e analógicos) e pontos

de integração que funcionam via protocolo de comunicação BACnet/MSTP, posteriormente, o controlador comunicará com o sistema de gestão técnica via BACnet/IP. Uma vez que a bomba de calor será fornecida com controlo próprio, será integrada via protocolo de comunicação (ModBus RTU). Para restantes equipamentos serão considerados pontos físicos.

No *Apêndice C* é possível consultar a lista de pontos, a partir da qual será dimensionado o *hardware* (módulos microprocessadores e equipamento de campo) de controlo.

Posteriormente à definição da lista de pontos, dimensionam-se os controladores a utilizar. A *tabela 18* apresenta o dimensionamento dos controladores de acordo com os pontos existentes, sendo estes da marca *Delta Controls*, série *eBCON*.

Tabela 20 - Seleção Hardware Controlador Modular

Designação	EA	ED	SA	SD	Comentários
eBMGR					Controlador Modular
eBX-08					Slot Expansão até 8 módulos
eBM-D800		8			Módulo de E/S
eBM-D400R4		4		4	Módulo de E/S
eBM-440	4		4		Módulo de E/S
eBM-440	4		4		Módulo de E/S
eBM-440	4		4		Módulo de E/S
eBM-440	4			4	opção SA ou SD alterando o jumper
eBM-440	3	1		4	opção SA ou SD alterando o jumper
Lista de Pontos	18	13	12	7	
Reservas	1	0	0	5	

No *Apêndice E* é possível consultar a ficha técnica dos controladores, slots de expansão e módulos de entradas/saídas.

6.4. Loop de Controlo

Neste capítulo documenta-se o funcionamento do sistema de controlo e gestão técnica, uma vez que está definida a Lista de Pontos e o Desenho de Processo e Instrumentação, vão-se utilizar estes elementos para auxiliar na descrição de funcionamento.

Iniciando pela entrada de ar novo, as sondas 5 e 6 monitorizam a temperatura e humidade do ar, estes valores serão comparados com os valores de temperatura e humidade do ar extraído, sondas 36 e 37. Sempre que seja benéfico, é dada ordem de funcionamento à bomba da serpentina de recuperação, permitindo assim uma permuta entre o ar extraído e o ar de insuflação. Quando esta permuta não for proveitosa, é retirado o comando e a bomba interrompe o funcionamento.

Os pontos 3 e 4 dão o posicionamento e comando do registo de ar novo, estes pontos são importantes uma vez que existirá um encravamento entre a abertura do registo e o funcionamento do ventilador, para garantir que o ventilador não entra em funcionamento enquanto o registo de ar novo estiver fechado. O ar atravessa depois o pré-filtro de insuflação onde se encontra o ponto 7, através de um pressostato será possível obter um alarme quando se verificar o diferencial de pressão correspondente à colmatação do filtro. Os pontos 19 e 45 têm o mesmo funcionamento, correspondendo ao filtro de insuflação e extração, respetivamente.

Após a serpentina de recuperação estão os pontos 11 e 12 que permitirão registar a permuta obtida após a recuperação, os pontos 21 e 22 indicam as condições e que o ar será insuflado nas salas e os pontos 36 e 37 indicam as condições a que o ar é extraído. Estes três pares de temperatura/humidade serão utilizados para monitorizar e controlar o funcionamento da bomba de calor, a entrada em funcionamento e a definição de escalões da serpentina de aquecimento e do humidificador.

A montante da insuflação na Sala de Vestir, Sala de Despir e Laboratório de Produção, estão instalados reguladores de caudal de ar com medidor de caudal integrado. Esta monitorização permitirá atuar sobre a abertura do registo e modelar o ar a ser insuflado nas salas, através dos pontos 29, 33 e 39. De seguida existem os sensores de pressão diferencial, instalados nos filtros HEPA de cada sala. Estes sensores vão transmitir o

diferencial de pressão ao atravessar o filtro HEPA, permitindo assim monitorizar a colmatação do filtro através da perda de carga que aumentará com a utilização.

Os sensores de pressão diferencial das salas, pontos 28, 32 e 38, vão medir o diferencial de pressão entre o interior da sala e o referencial utilizado, neste caso a pressão atmosférica, possibilitando assim a monitorização e controlo do diferencial de pressão entre as salas, cumprindo assim com o mapa de pressões.

Existe ainda, na Sala de Vestir e na Sala de Despir, as sondas de temperatura 48 e 50. Estas sondas vão servir para modular o funcionamento das baterias elétricas terminais 49 e 50.

7. Solução e enquadramento

O sistema de AVAC a considerar para este projeto será composto por uma UTAN que climatizará os quatro espaços com caudal constante, garantindo a quantidade de renovações por hora necessárias. Será utilizado um sistema de refrigeração de expansão direta, pelo que se considerou uma bomba de calor reversível para a alimentação da serpentina de permuta térmica. Após a serpentina será instalada uma resistência elétrica de apoio, que ganha particular relevo caso haja necessidade de desumidificação. A UTA estará localizada numa sala técnica ao lado do corredor e a bomba de calor na cobertura. A bomba de calor comunicará por protocolo com o sistema de gestão técnica centralizado.

É sabido que durante o processo de produção no laboratório são originadas partículas tóxicas, razão pela qual o sistema será 100% ar novo não havendo qualquer recirculação de ar. A extração terá um ventilador dedicado e independente da UTA, localizado na cobertura. Entre a extração e a insuflação será instalada uma serpentina de recuperação, para que se realize uma permuta de energia sem o risco de infiltração do ar de extraído devido a fluxos cruzados, beneficiando o ar novo e visando a poupança energética.

Os difusores de insuflação serão do tipo rotacional, localizados no teto, o que providencia um escoamento turbulento. Imediatamente anteriores aos difusores estão os filtros HEPA, que garantem as condições exigidas no que toca a controlo de partículas nas salas. Optou-se por considerar filtros HEPA nas Salas de Vestir e Despir, uma vez que o ar flui destas áreas para o interior do laboratório. Na Sala de Vestir e Sala de Despir existem duas resistências elétricas terminais que serão utilizadas para garantir as condições de temperatura exigidas no interior da respetiva sala.

A extração é feita ao nível baixo, as grelhas de extração também estão equipadas com filtros para minimizar a contaminação no ar extraído.

Tanto na insuflação como no retorno serão utilizados registos que farão a regulação de caudal de ar a ser insuflado ou extraído de cada sala, desta forma é possível garantir o equilíbrio de pressões e o número de recirculações por hora exigidas.

A UTAN, a bomba de calor, o ventilador e equipamento de campo como sensores de pressão diferencial ou temperatura e humidade serão monitorizados e controlados pelo sistema de gestão técnica, garantido assim as exigências de cada espaço. O sistema de gestão técnica será implementado num computador localizado no posto de controlo.

Conduta retangular e spiro

As condutas serão executadas em chapa de aço galvanizado de acordo com as normas europeias NP-EN1505 e NP-EN 1506, de espessura definida pela sua maior dimensão, de acordo com a *tabela 19*.

Tabela 21- Espessuras mínimas para chapa

Maior dimensão [mm]	Espessura [mm]
Até 400	0,6
De 400 a 700	0,8
De 700 a 1000	1
De 1000 a 1500	1,2
Acima de 1500	1,5

As condutas cujo lado maior seja igual ou superior a 500 mm deverão ser providas de reforços transversais ou em cruz, a ligação entre troços de condutas será assegurada por soluções de perfis prefabricados existentes no mercado, “flanges”. Na fixação das flanges entre si deverá ser interposta junta de vedação ou material vedante adequado.

Isolamento de conduta

As condutas, se isoladas, serão sempre pelo exterior, não se admitindo isolamento pelo interior em qualquer solução que o mesmo apresente.

O isolamento térmico das condutas será executado tramo a tramo e fixado às condutas por material adequado, nomeadamente fio de ráfia. As juntas resultantes da ligação entre tramos serão devidamente coladas mediante fita de alumínio adesiva. As espessuras mínimas de Isolamento vão ser de 30 mm.

Na linha de insuflação será considerada conduta isolada, minimizando as perdas térmicas.

Proteção do isolamento

Quando no exterior, à intempérie, as condutas isoladas levarão uma proteção constituída por chapa de alumínio, devidamente quinada, constituindo "sandwich" com o isolamento.

Quando no interior, se reconhecido potencial passível de agressão do isolamento também neste caso será obrigatório a proteção mecânica do isolamento como atrás referido.

7.1. Condições de projeto e Características dos Equipamentos

Condições de Projeto

Tabela 22 - Condições de Projeto Exteriores

Temp. Projeto Verão Bolbo Seco	33,3°C
Temp. Projeto Verão Bolbo Húmido	22,2°C

Tabela 23 - Condições de Projeto Interiores

Temperatura Lab. Produção	21 +/-2°C
Humidade Relativa Lab. Produção	45 +/-10%
Temperatura Sala de Vestir	21 +/-2°C
Temperatura Sala de Despir	21 +/-2°C

Nota: No corredor optou-se por não definir as condições interiores, estas serão semelhantes às do Laboratório de Produção uma vez que a mesma máquina climatiza as 4 salas.

Características UTA, Ventilador de Extração e Bomba de Calor

Tabela 24 - Características Teóricas UTA

Caudal Ar Novo	700 l/s
Caudal Total	700 l/s
Pressão Estática VI	1500 Pa
Potência Resistência Elétrica	2,5 kW
Pot. Bateria Frio Total	24 kW
Pot. Bateria Frio Sensível	14 kW
Pot. Bateria Quente	14 kW
Pré Filtro	G4
Filtro	F9

Tabela 25 - Características Teóricas Ventilador de Extração

Caudal	700 l/s
Pressão Estática	800 Pa

Tabela 26 - Características Bomba de Calor

Tipo	Inverter
Potência de Frio	16 kW
Potência de Quente	14 kW

7.2. Lista de Apêndices

Tabela 27 - Lista de Apêndices

Apêndice A	Caudais de Ar Novo/Temperaturas de Acerto
Apêndice B	Coefficientes de Transmissão Térmica
Apêndice C	Lista de Salas/Lista de Pontos/Lista de Quantidades
Apêndice D	Peças Desenhadas
Apêndice E	Fichas Técnicas Equipamentos Seleccionados
Apêndice F	Seleção de Equipamentos Difusão

7.3. Lista de Peças Desenhadas

Tabela 28 - Lista de Peças Desenhadas

Folha 1	Planta Piso 1
Folha 2	Planta Cobertura
Folha 3	Desenho Aeráulico - Piso 1 Insuflação
Folha 4	Desenho Aeráulico - Piso 1 Extração
Folha 5	Desenho Aeráulico e Hidráulico - Cobertura
Folha 6	Desenho Hidráulico
Folha 7	Desenho Eletricas Associadas - Piso 1
Folha 8	P&ID

8. Conclusão

O presente trabalho final de mestrado incidiu sobre o estudo e o projeto de uma área específica de entre a Ar Condicionado Ventilação e Climatização. Desenhar um sistema afeto a salas limpas e direcionado para a produção na área farmacêutica revelou-se bastante desafiador dada a especificidade e grau de detalhe necessários para este tipo de projeto. A componente de controlo e instrumentação vem como que complementar a necessidade inerente a muitos dos sistemas AVAC. Destacando a importância do Sistema de Gestão Técnica Centralizada neste projeto, permite realizar a monitorização e controlo da temperatura e humidade do ar interior, mantendo estes parâmetros dentro dos valores definidos e alertando a eventualidade de desvios. O SGTC é determinante também para o controlo de pressões, garantindo os diferenciais necessários entre salas.

Durante o desenvolvimento inicial deste trabalho pretendeu-se espelhar uma visão mais geral e teórica sobre o ar interior, o seu tratamento e o desenvolvimento de um projeto de AVAC. Posteriormente iniciou-se um desenvolvimento mais detalhado e particular sobre controlo e instrumentação, abordando temáticas como os sistemas de controlo, equipamento de campo, automação de edifícios e protocolos de comunicação. Por fim, aprofundou-se o desenvolvimento sobre salas limpas bem como as razões que estiveram na génese da sua criação e sucessivos melhoramentos. Verificou-se que a génese do investimento sobre salas limpas estão, por um lado, a preservação da vida humana desde logo com os blocos pós-operatórios, por outro e mais recentemente, indústrias como a eletrónica, semicondutores e farmacêutica.

Especificamente sobre a indústria farmacêutica, há uma grande importância no cumprimento de normas e diretivas com vista ao sucesso e bom funcionamento das instalações e dos processos ou procedimentos que nela decorrem.

Garantir a qualidade do ar interior através do número de recirculações de ar e a filtragem desse mesmo ar por filtros de alta eficiência, são elementos chave para cumprir com as exigências da ISO 14644 e da diretiva GMP.

Verificou-se que as pessoas, neste caso operários, serão a grande fonte de contaminação. Pode retirar-se daqui que tão importante como o investimento num sistema AVAC eficaz, também será o investimento em equipamento, formação e comportamentos que mitiguem a geração de partículas pelos referidos operários. Baixando o grau de libertação de

contaminantes será possível reduzir o número de recirculações por hora. Uma vez que o presente sistema não contempla a recirculação do ar interior, não recairá sobre os filtros de insuflação filtrar partículas originadas no interior da sala uma vez que este ar não será recirculado.

O equipamento de campo será o grande vigilante da instalação, garantindo que todos os parâmetros são monitorizados conforme a necessidade, transmitindo essa monitorização através do sistema de gestão técnica que atuará sobre os equipamentos procurando adaptar o seu funcionamento às exigências da instalação, garantindo sempre a correta gestão energética, minimizando gastos desnecessários.

9. Referências Bibliográficas

- [1]. Souza e Silva, Juarez. (2008). *Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas*. Editora Aprenda Fácil
- [2]. Gatley, Donald P. (2002). *Understanding Psychrometrics*. Third Edition. ASHRAE
- [3]. Jones, W.P. (2001). *Air Conditioning Engineering*. Fifth Edition. Butterworth-Heinemann
- [4]. Grondzik, Walter T. (2007). *Air-conditioning System Design Manual*. Second Edition. Butterworth-Heinemann
- [5]. ASHRAE. (2016). *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*
- [6]. ASHRAE (2001). *2001 – ASHRAE Handbook – Fundamentals*
- [7]. Kastner, W. New Gschwendtner, Georg. Soucek, Stefan. Newman, H. Michael. (2005) *PROCEEDINGS OF THE IEEE*, VOL. 93, NO. 6
- [8]. Whyte, W. (2010). *Cleanroom technology, fundamentals of design testing and operation*. Second Edition. John Wiley & Sons
- [9]. APIRAC (2016). *Guia Técnico – Sistemas de Gestão Técnica*
- [10]. ISO 14644-1 (1999). *Cleanroom and associated controlled environments – Part 1: Classification of air cleanliness*
- [11]. Holbrook, D. (2010) *Controlling Contamination: The Origins of Clean Room Technology*
- [12]. World Health Organization. (2006) *WHO Guidelines on good manufacturing practises for heating, ventilation and air-conditioning systems for non-sterile pharmaceutical dosage forms*
- [13]. ASHRAE (2017). *ASHRAE Design Guide for Cleanrooms – Fundamentals, Systems and Performance*
- [14]. ASHRAE (2004). *ASHRAE Journal, September 2004 – Understanding Pharmaceutical Cleanroom Design*

- [15]. <https://www.engineeringtoolbox.com/>
- [16]. Pina dos Santos, Carlos; Matos, Luís (2006). *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*. LNEC
- [17]. ISPE (2011). *Sterile Product Manufacturing Facilities Volume 3, Second Edition*
- [18]. ASHRAE (2007). *Standard 90.1 – 2007 - Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*
- [19]. ASHRAE (2003) – *HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics – Appendix C - Load calculation and equipment heat gains*
- [20]. ANSI/ISA (2009). *Instrumentation Symbols and Identification*
- [21]. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (2007) – *EN13779 - Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems*

10. Apêndices

Apêndice A

Cálculo de caudais de ar novo

Sala N.º	Nome da Sala	Área Útil (m²)	Pé Direito (m)	Volume (m³)	Espaço climatizado?	Ocupação			Eficácia de Ventilação		EN 15251 : 2008					SCE . DL118/2013						Caudais adoptados		
						Ocup.	m²/Ocup.	Ocup./m²	Tipo	Valor	Categoria	Emissões do Edifício	Caudal de Ar Novo			Tipo de Actividade	Caudal (m³/h/ocup)	Caudal (l/s)	Situação do Edifício	Caudal (m³/h/m²)	Caudal (l/s)	Caudal Final (l/s)	Ar Novo l/s	Renovação rph
													l/s.ocup.	l/s.m²	l/s									
1	Corredor de Acesso	5,4	2,8	15	SIM	3	1,8	0,56	1	1,0	3	Non Low	4	0,80	12	2	20	17	4	20	30	47	50	12
2	Zona de vestir	5,6	2,8	16	SIM	1	5,6	0,18	1	1,0	3	Very Low	4	0,30	4	2	20	6	3	5	8	13	15	3
3	Zona de despir	3,4	2,8	10	SIM	1	3,4	0,29	1	1,0	3	Very Low	4	0,30	4	2	20	6	4	20	19	24	25	9
4	Laboratório de Produção	26,6	2,8	74	SIM	3	8,9	0,11	1	1,0	1	Very Low	10	0,50	30	5	35	29	4	20	148	177	180	9
Totais		41	-	115	-	8	5,1	0,20		-	-	-	-	-	50	-	-	57	-	-	204	261	270	

Classificações para EN15251:2007

EN15251:2007		
Caudal de Ar Novo Mínimo por Pessoa		
Categoria	% de Insatisfeitos	l/s.ocup.
1	15	10
2	20	7
3	30	4
4	>30	<4

Caudal de Ar Novo Mínimo por m² (l/s.m²)			
Emissões do Edifício			
Categoria	Very Low	Low	Non Low
1	0,5	1	2
2	0,35	0,7	1,4
3	0,3	0,4	0,8

Classificações para SCE 2013
SCE 2013

Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida à ocupação (m ³ /hora/pessoa)				
Tipo de Actividade		Taxa de metabolismo dos ocupantes - M (met)	Exemplos de tipos de espaços	Caudal de ar novo (m ³ /hora/pessoa)
1	Sono	0,8	Quartos, dormitórios e similares.	16
2	Descanso	1	Salas de repouso, salas de espera, salas de conferência, auditórios e bibliotecas.	20
3	Sedentário Baixo	1,2	Escritórios, gabinetes, secretarias, salas de aula, cinemas, salas de espetáculo, salas de refeições, lojas, museus, galerias, salas de convívio.	24
4	Sedentário Alto		Salas de jardim de infância, e pré-escolar e salas de creches.	28
5	Moderado	1,4 a 2,0	Laboratórios, ateliers, salas de desenho, salas de trabalhos oficiais, cafés, bares e salas de jogos.	35
6	Ligeiramente Alta	2,0 a 3,0	Pistas de dança e salas de ballet.	49
7	Alta	3,0 a 9,0	Ginásio, salas de musculação, pavilhões desportivos.	98

Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida ao edifício (m ³ /hora/m ²)			
Tipo	Situação do edifício	Exemplos de tipos de espaços	Caudal de ar novo (m ³ /hora/m ²)
1	Predominância de Materiais de Baixa Emissão	-	2
2	Sem actividade de emissão de poluentes específicos	-	3
3	Com actividade de emissão de poluentes específicos	Lavandarias, perfumarias, farmácias, salões de beleza, lojas de animais, salas de artes, laboratórios e estabelecimentos comerciais de mobiliário e de madeiras.	5
4	Piscinas	A área de referência para este caso é a área do plano de água	20

Valores para eficácia de ventilação

Valores de Eficácia de Ventilação				
Configuração da distribuição de ar na zona			Tipo de Fluxo de Ar	Eficácia de Ventilação
Tipo	Insuflação	Extracção/Retorno		
1	Pelo tecto	-	-	1
2	Pelo tecto	Junto ao pavimento	-	1
3	Junto ao tecto de ar quente pelo menos 8°C acima da temperatura do local	Junto ao tecto	-	0,8
4	Junto ao tecto de ar quente pelo menos 8°C acima da temperatura do local com velocidade superior a 0,8 m/s e alcance até 1,4 m	Junto ao tecto	-	1
5	Junto ao pavimento de ar frio com velocidade de 0,8 m/s e alcance de 1,4m ou mais	Junto ao tecto	-	1
6	Junto ao pavimento de ar frio com baixa velocidade	Junto ao tecto	Ventilação tipo deslocamento, com fluxo unidireccional e estratificação térmica	1,2
7	Junto ao pavimento	Junto ao pavimento	Insuflação e extracção em lados opostos	1
8	Junto ao pavimento	Junto ao tecto	-	0,7
9	Admissão natural junto ao tecto ou junto ao pavimento	Extracção mecânica junto ao tecto ou junto ao pavimento	Insuflação e extracção em lados opostos	0,8
10	Admissão natural junto ao tecto ou junto ao pavimento	Extracção mecânica junto ao tecto ou junto ao pavimento	Insuflação e extracção no mesmo lado	0,5
11	Junto ao pavimento de ar quente	Junto ao tecto	Insuflação e extracção no mesmo lado ou em localização próxima	0,5
12	Junto ao tecto de ar frio	Junto ao pavimento	Insuflação e extracção no mesmo lado ou em localização próxima	0,5

Valores de acerto

Horas	Janeiro [Wh/m²]	Fevereiro [Wh/m²]	Março [Wh/m²]	Abril [Wh/m²]	Maió [Wh/m²]	Junho [Wh/m²]	Julho [Wh/m²]	Agosto [Wh/m²]	Setembro [Wh/m²]	Outubro [Wh/m²]	Novembro [Wh/m²]	Dezembr o	
00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06:00	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	
07:00	0	0	51,2	23,9	84,8	99,6	66,1	20,2	0	0	0	0	
08:00	22,9	89,6	227,3	176,3	263,9	277,3	235,1	166,8	86,7	27,7	65	18,8	
09:00	144,6	263,8	420,4	375,7	453	460,9	422,9	360,8	270,5	172,6	204,9	126,6	
10:00	287,2	423,8	571,7	550	613	617,4	584,8	532,4	448,8	344,2	334,7	253,4	
11:00	391	532,1	671,7	684	737,4	740,7	712,9	665,5	582,7	476,9	415,6	343,3	
12:00	438,3	582,5	715,7	771,2	815,9	819,4	797,5	753,5	665,9	554,9	438,5	378	
13:00	425,9	573,1	699,9	804	843,1	848,8	831,9	788,9	693,5	575	402,1	353,8	
14:00	354,5	504,3	625,8	780,9	820,7	831,8	817,8	770	663,1	536,3	308,8	273,1	
15:00	230,8	378,5	498,4	702,7	747,1	766,2	754	697,4	577,1	440,6	171,5	150,1	
16:00	86,6	207,2	322,4	576,2	626,5	653,4	642,5	576,9	440,9	292,4	40	33,1	
17:00	0,5	47	125,7	408,6	469,7	505	494	416,6	260,8	118,9	0	0	
18:00	0	0	3	210,4	282,7	327,4	314,8	225	79,1	4	0	0	
19:00	0	0	0	42,5	99,3	141,9	128,9	54	0	0	0	0	
20:00	0	0	0	0	0,3	13,8	7,1	0	0	0	0	0	
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Somatório dia (médio)	2382,3	3601,9	4933,2	6106,4	6857,4	7104,4	6810,3	6028	4769,1	3543,5	2381,1	1930,2	[Wh/m².dia]
x30 (dias)	73851,3	111658,9	152929,2	189298,4	212579,4	220236,4	211119,3	186868	147842,1	109848,5	73814,1	59836,2	[Wh/m².mês]
/1000	73,8513	111,6589	152,9292	189,2984	212,5794	220,2364	211,1193	186,868	147,8421	109,8485	73,8141	59,8362	[kWh/m².mês]
INMG	50	75	115	160	200	215	230	200	140	100	60	45	[kWh/m².mês]
Acerto (INMG/HAP)	0,6770362	0,6716885	0,751982	0,8452264	0,9408249	0,9762237	1,0894314	1,0702742	0,9469562	0,9103447	0,81285283	0,7520531	

Temperatura e Humidade Relativa Médias para Lisboa

ESTACÃO LISBOA MÉDIAS DE 1951/1980
 $\phi = 38^{\circ}43'N$; $\lambda = 9^{\circ}09'W$; $g = 9,8009 \text{ m/s}^2$; $\Delta G = 0 \text{ h}$; $H_s = 77 \text{ m}$; $H_D = 95 \text{ m}$; $h_1 = 1,6 \text{ m}$; $h_a = 31,6 \text{ m}$; $h_U = 31,2 \text{ m}$; $h_r = 1,6 \text{ m}$

Pressão atmosférica \bar{P} (mb)		Temperatura do ar								Mês
		\bar{T} (°C)					T (°C)			
No local	Red. ao nível do mar	9...h	15...h	21...h	Mensal	Max	Min	Max	Min	
1009,1	1020,7	9,5	13,6	10,9	11,3	14,4	8,2	20,6	0,3	Janeiro
1007,2	1018,7	10,3	14,4	11,2	12,0	15,4	8,6	25,4	-1,2	Fevereiro
1006,1	1017,6	12,3	16,3	12,5	13,5	17,3	9,7	26,3	2,8	Março
1005,5	1016,8	14,5	18,3	13,6	15,2	19,4	11,0	30,4	4,4	Abril
1006,0	1017,3	17,4	21,1	15,7	17,6	22,1	13,1	35,1	6,9	Maio
1006,7	1017,9	19,8	23,7	18,0	20,0	24,8	15,3	37,6	10,2	Junho
1007,0	1018,1	21,7	26,4	20,0	22,3	27,5	17,0	39,6	12,1	Julho
1006,4	1017,5	21,7	26,8	20,2	22,6	27,8	17,3	39,3	13,3	Agosto
1007,1	1018,2	20,2	25,0	19,2	21,3	26,1	16,5	37,1	10,3	Setembro
1007,1	1018,4	17,0	21,4	17,0	18,3	22,4	14,3	34,4	7,7	Outubro
1007,5	1018,9	12,8	16,7	13,4	14,2	17,7	10,8	27,8	3,9	Novembro
1008,5	1020,0	10,0	13,8	11,2	11,7	14,7	8,6	21,8	0,5	Dezembro
1007,0	1018,3	15,6	19,8	15,2	16,7	20,8	12,5	39,6	-1,2	Ano

Humidade relativa do ar \bar{U} (%)			Nebulosidade \bar{N} (0-10)			Insolação I		Precipitação R (mm)		Evaporação (mm)	Mês
9...h	15...h	21...h	9...h	15...h	21...h	Total (h)	Percent. (%)	Total	Max (diária)		
86	72	83	7	7	5	142,2	48	122,0	61,2	63,5	Janeiro
82	67	81	6	7	5	158,5	53	108,0	65,7	75,8	Fevereiro
78	63	79	7	7	4	198,6	54	101,3	82,9	100,5	Março
71	57	77	6	6	4	249,5	64	54,3	49,6	128,0	Abril
68	56	75	6	6	3	301,0	69	43,9	49,6	152,8	Maio
67	55	74	5	4	3	313,0	71	22,4	37,1	165,5	Junho
65	50	71	3	2	2	365,5	82	3,5	21,2	210,8	Julho
65	48	70	4	3	2	348,7	83	6,3	26,7	210,5	Agosto
72	55	76	5	5	3	269,5	73	28,5	53,8	156,5	Setembro
77	60	78	6	6	3	218,4	64	79,6	91,2	124,2	Outubro
81	67	81	6	6	4	167,1	56	101,5	89,2	85,0	Novembro
85	72	83	6	6	4	151,1	52	106,7	78,4	69,1	Dezembro
75	60	77	6	5	4	2883,1	64	778,0	91,2	1542,2	Ano

Apêndice B

Coeficiente Transmissão Térmica Parede Exterior

PAREDE EXTERIOR	ESPESSURA	CONDUTIVIDADE TÉRMICA	RESISTÊNCIA TÉRMICA	ESPESSURA TOTAL	COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISSÃO TÉRMICA	MASSA VOLUMÉICA	MASSA (camada)	MASSA
ELEMENTO DE CAMADA	e (m)	λ (W/m.K)	R (m ² .K/W)	e (m)	U (W/m ² .K)	mti (kg/m ³)	mi (kg/m ²)	mi (kg/m ²)
Resistência Exterior	-	-	0,040	0,65	0,344	-	0	188,8
Reboco tradicional	0,01	1,300	0,008			2000	20	
Alvenaria de Tijolo Cerâmico Furado (11cm)	0,11	0,407	0,270			670	73,7	
Isolamento em XPS	0,03	0,037	0,811			33	0,99	
Lâmina-de-ar (2cm)	0,35	-	0,561			1,23	0,4305	
Alvenaria de Tijolo Cerâmico Furado (11cm)	0,11	0,407	0,270			670	73,7	
Isolamento em XPS	0,03	0,037	0,811					
Reboco tradicional	0,01	1,300	0,008			2000	20	
Resistência Interior Paredes	-	-	0,130			-	0	

Wall Properties - [Parede Exterior]

Wall Assembly Name: **Parede Exterior**

Outside Surface Color: **Medium** Absorptivity: **0.675**

Layers: Inside to Outside	Thickness mm	Density kg/m ³	Specific Ht. kJ/kg/K	R-Value m ² .K/W	Weight kg/m ²
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,13000	0,0
Reboco Tradicional	10,000	2000,0	1,34	0,00800	20,0
Tijolo Cerâmico Furado	110,000	670,0	0,90	0,27000	73,7
Poliestireno Extrudido XP	30,000	33,0	0,84	0,81100	1,0
Caixa de ar	350,000	0,0	0,00	0,56091	0,0
Poliestireno Extrudido XP	30,000	33,0	0,84	0,81100	1,0
Tijolo Cerâmico Furado	110,000	670,0	0,90	0,27000	73,7
Reboco Tradicional	10,000	2000,0	1,34	0,00800	20,0
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,04000	0,0
Totals	650,000			2,91	189,4

Overall U-Value: **0,344W/m²/K**

Coeficiente Transmissão Térmica Parede Interior

PAREDE INTERIOR	ESPESSURA	CONDUTIVIDADE TÉRMICA	RESISTÊNCIA TÉRMICA	ESPESSURA TOTAL	COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISSÃO TÉRMICA	MASSA VOLUMÉICA	MASSA (camada)	MASSA
ELEMENTO DE CAMADA	e (m)	λ (W/m.K)	R (m ² .K/W)	e (m)	U (W/m ² .K)	mti (kg/m ³)	mi (kg/m ²)	mi (kg/m ²)
Resistência Interior Paredes	-	-	0,130	0,21	0,682	-	0	156,2
Reboco tradicional	0,01	1,300	0,008			2000	20	
Alvenaria de Tijolo Cerâmico Furado (7cm)	0,07	0,368	0,190			818	57,26	
Isolamento em XPS	0,05	0,037	0,811			33	1,65	
Alvenaria de Tijolo Cerâmico Furado (7cm)	0,07	0,368	0,190			818	57,26	
Reboco tradicional	0,01	1,300	0,008			2000	20	
Resistência Interior Paredes	-	-	0,130			-	0	

Wall Properties - [Parede Interior] ✕

Wall Assembly Name: **Parede Interior**

Outside Surface Color: Medium Absorptivity: **0.675**

Layers: Inside to Outside	Thickness mm	Density kg/m ³	Specific Ht. kJ/kg/K	R-Value m ² -K/W	Weight kg/m ²
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,13000	0,0
Reboco Tradicional	10,000	2000,0	1,34	0,00800	20,0
Tijolo Cerâmico Furado	70,000	670,0	0,90	0,19000	46,9
▶ Poliestireno Extrudido XP	50,000	33,0	0,84	0,81100	1,7
Tijolo Cerâmico Furado	70,000	670,0	0,90	0,19000	73,7
Reboco Tradicional	10,000	2000,0	1,34	0,00800	20,0
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,13000	0,0
Totals	210,000			1,47	162,3

Overall U-Value: 0,682 W/m²/K

OK Cancel Help

Coeficiente Transmissão Térmica PIR

Wall Properties - [Parede Purever tech] ✕

Wall Assembly Name: **Parede Purever tech**

Outside Surface Color: Medium Absorptivity: **0.675**

Layers: Inside to Outside	Thickness mm	Density kg/m ³	Specific Ht. kJ/kg/K	R-Value m ² -K/W	Weight kg/m ²
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
▶ Poliuretano	60,000	35,0	1,80	1,10000	2,1
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,05864	0,0
Totals	60,000			1,28	2,1

Overall U-Value: 0,782 W/m²/K

OK Cancel Help

Apêndice C

Lista de Pontos

Luís Carlos Alves Morais

40246

Projeto de AVAC aplicado à Indústria Farmacêutica,
com ênfase no Controlo e Instrumentação



Número	Designação	EA	ED	SA	SD	Modbus	Equip. campo	Observações
	UTA							
1	M-0-A		1					
2	Comando ON-OFF				1			
3	Comando Registo Ar Novo				1			
4	Fim de curso Registo Ar Novo		1					
5	Temperatura Ar Novo	1					EE150 - M1A3	
6	Humidade Ar Novo	1						
7	Estado Pré-filtro		1				930.1	
8	Comando Run Around Coil				1			

9	Estado Run Around Coil		1				
10	Alarme Run Around Coil		1				
11	Temperatura pós Recuperação	1				EE150 - M1A3	
12	Humidade pós Recuperação	1					
13	Comando Ventilador	1					
14	Modulação Ventilador			1			
15	Estado Ventilador		1			930.1	
16	Comando Resistência Eletrica				1		
17	Escalões Resistência Eletrica				3		
18	Comando Humidificador			1			
19	Estado filtro		1			930.1	
20	Caudal de Insuflação	1					
21	Temperatura Insuflação	1				EE150 - M1A3	
22	Humidade Insuflação	1					
23	Alarme		1				
	Bomba de Calor						
24	M-0-A		1				
25	Estado				1		Protocolo
26	Comando				1		Protocolo
27	Regime de Funcionamento				1		Protocolo A partir das condições ambiente da Sala 4, é definido o regime de funcionamento

28	Alarme					1		Protocolo
	Sala de vestir							
28	Dif. Pressão (KIMO)	1					KIMO CP112	
29	Dif. Pressão Filtro HEPA	1					930.1	
30	Comando Registo de Insuflação			1				
31	Comando Registo de Extração			1				
48	Temperatura Ambiente	1					QAA 24	
49	Comando Resistência Eletrica			1				
	Sala de despir							
32	Dif. Pressão (KIMO)	1					KIMO CP112	
33	Dif. Pressão Filtro HEPA	1					930.1	
34	Comando Registo de Insuflação			1				
35	Comando Registo de Extração			1				
50	Temperatura Ambiente	1					QAA 24	
51	Comando Resistência Eletrica			1				
	Laboratório de Produção							
36	Temperatura	1					EE150 - M1A3	
37	Humidade	1						

38	Dif. Pressão (KIMO)	1					KIMO CP112
39	Dif. Pressão Filtro HEPA	1					930.1
40	Comando Registo de Insuflação			1			
41	Comando Registo de Extração			1			
	Ventilador Extração						
42	M-0-A		1				
43	Comando			1			
44	Estado de Funcionamento		1				930.1
45	Estado Filtro		1				
46	Alarme - Térmico		1				
47	Caudal de Extração			1			
	TOTAL	18	13	12	7		

Mapa de Quantidades

Luís Carlos Alves Morais

40246

Projeto de AVAC aplicado à Indústria Farmacêutica, com ênfase no Controle e Instrumentação



Pos.	Designação	Un.	Qtd.	Observações
	Todas as marcas referenciadas são uma referência de projeto, podendo ser apresentados equipamentos alternativos desde que seja comprovada a sua equivalência.			
A	Equipamento de climatização			
1	Unidade de Tratamento 100% Ar Novo de acordo com o especificado em projeto			
	UTAN	un	1	

2	Ventilador de Extração de acordo com o especificado em projeto VE	un	1	
3	Bomba de Calor de acordo com o especificado em projeto			
	BC	un	1	
4	Linhas de cobre isoladas montadas em esteira			
	3/8 "	ml	15	
	1 "	ml	15	
5	Linhas de condensados PVC			
	D 32	ml	30	
6	Bomba de condensados	un	2	
B	Equipamento de Difusão			
1	Difusores de insuflação de acordo com o especificado em projeto			
	Diffuse Box PDC 3.6.0 TB	un	2	
	Diffuse Box PDC 4.4.0 TB	un	2	
	Diffuse Box PDC 4.4.1 TB	un	4	
2	Grelhas de extração de acordo com o especificado em projeto			

	Diffuse Box MCPF 3.3.0	un	2	
	Diffuse Box MCPF 3.6.0	un	3	
3	Registos Reguladores de Caudal de acordo com o especificado em projeto			
	TROX - TVE - D100	un	2	
	TROX - TVE - D160	un	1	
	TROX - TVE - D200	un	1	
C	Circuitos de ar			
1	Rede de condutas de secção circular em tubo spiro isoladas pelo exterior com manta de lã de rocha de 30 mm, incluindo acessórios e fixações com os seguintes diâmetros:			
	DN 450	ml	20	
	DN 300	ml	10	
	DN 250	ml	10	
	DN 150	ml	20	
2	Rede de condutas de secção circular em tubo spiro, incluindo acessórios e fixações com os seguintes diâmetros:			
	DN 525	ml	25	
	DN 425	ml	10	

	DN 350	ml	10	
	DN 300	ml	10	
	DN 200	ml	15	
D	Gestão Técnica Centralizada			
1	Controlador DDC expansível com 7 slots de ED/EA/SI/SA	cj.	1	
2	Sonda de temp/hum de conduta - EE150 - M1A3	un	4	
3	Sonda de temp ambiente - QAA 24	un	2	
4	Pressostato Dif. Pressão - 930.1	un	7	
5	Sensor de Pressão Diferencial - KIMO CP112	un	3	
6	Posto de controlo do SGTC, constituído por computador, monitor e perifericos	cj	1	
7	Quadro de Gestão Técnica Centralizada	cj	1	

Apêndice D

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

Projeto de AVAC Aplicado à Indústria Farmacêutica com ênfase no Controlo e Instrumentação

A40246
Luís Morais

0

1

2

3

4

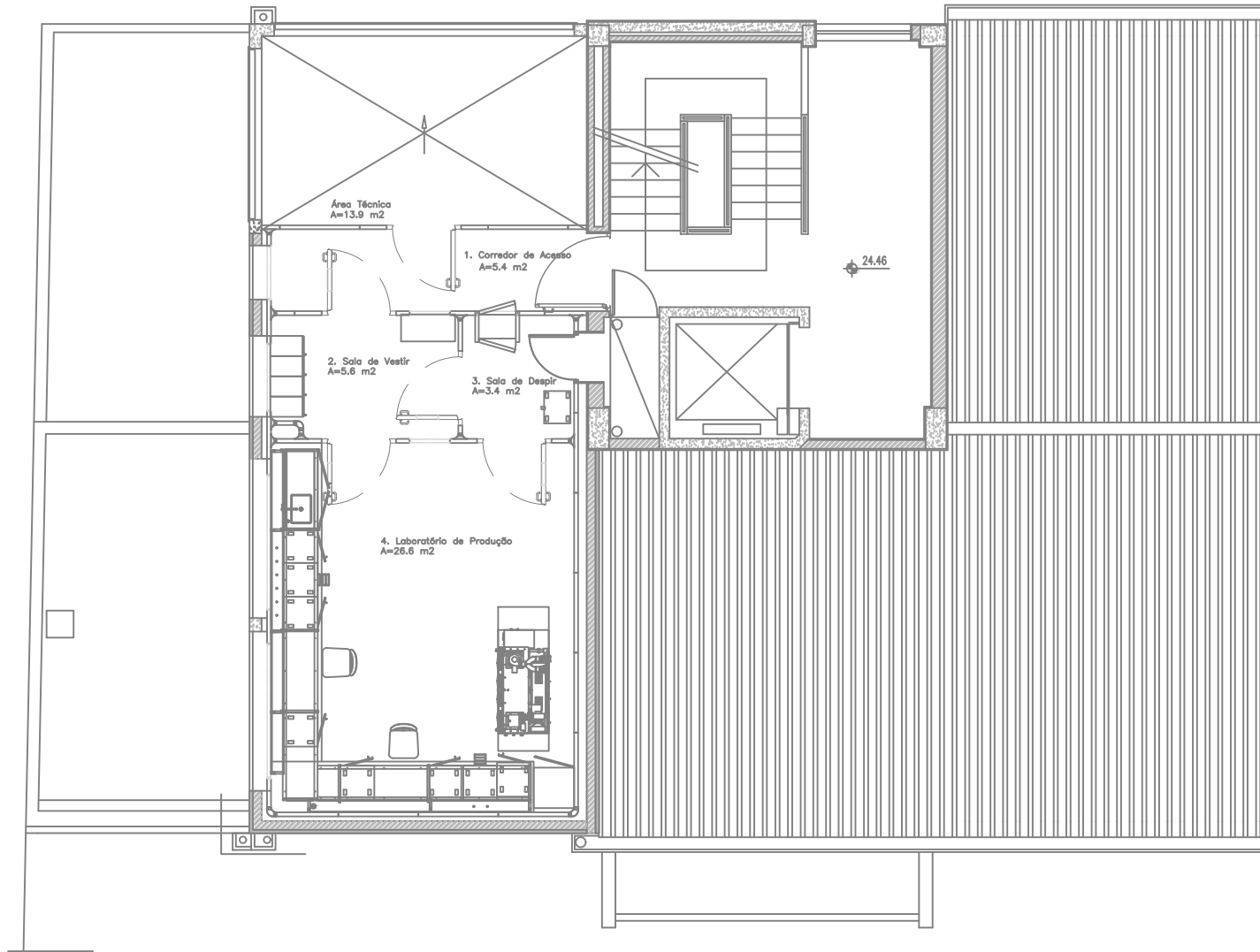
5

6

7

8

9



				Data	
				Editor	LM
				Verif.	
Rev.nº	Revisão	Data	Nome		

Projeto de AVAC Aplicado à Indústria Farmacêutica
 com ênfase no Controlo e Instrumentação

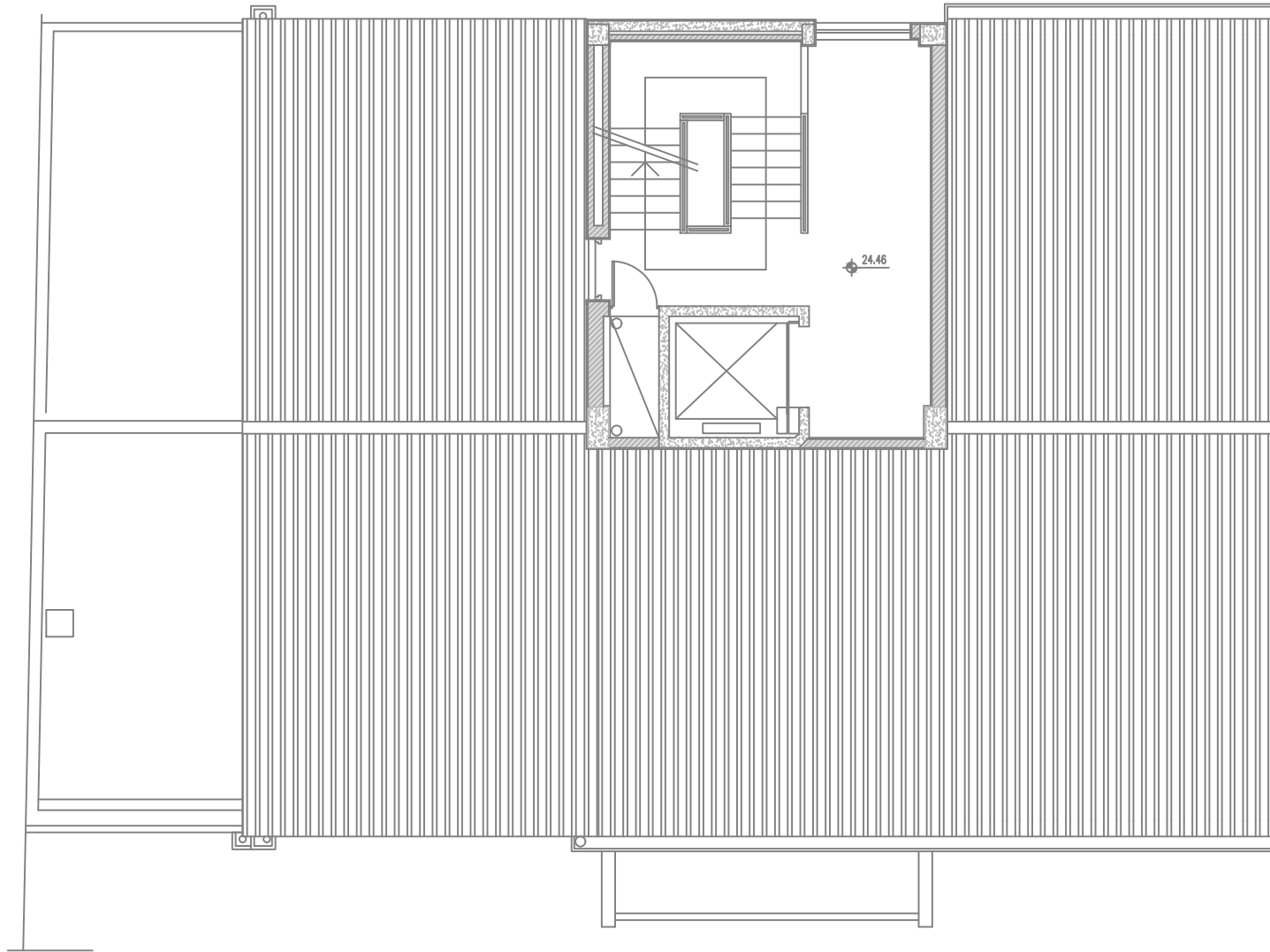
Sistema: Planta Piso 1

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

Folha: 1

8 Folhas

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



				Data	
				Editor	LM
				Verif.	
Rev.nº	Revisão	Data	Nome		

Projeto de AVAC Aplicado à Indústria Farmacêutica
com ênfase no Controlo e Instrumentação

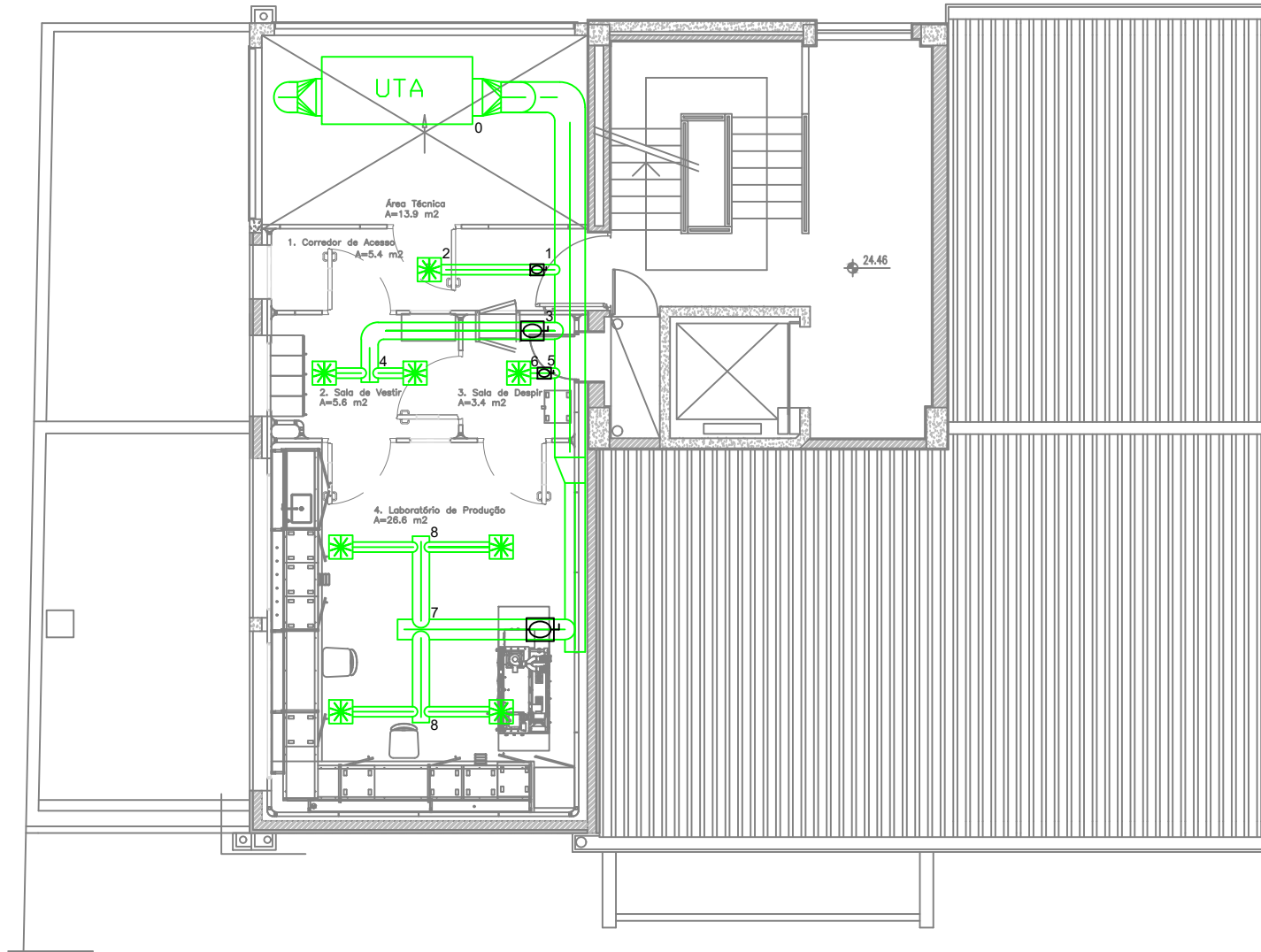
Sistema: Planta Cobertura

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

Folha: 2

8 Folhas

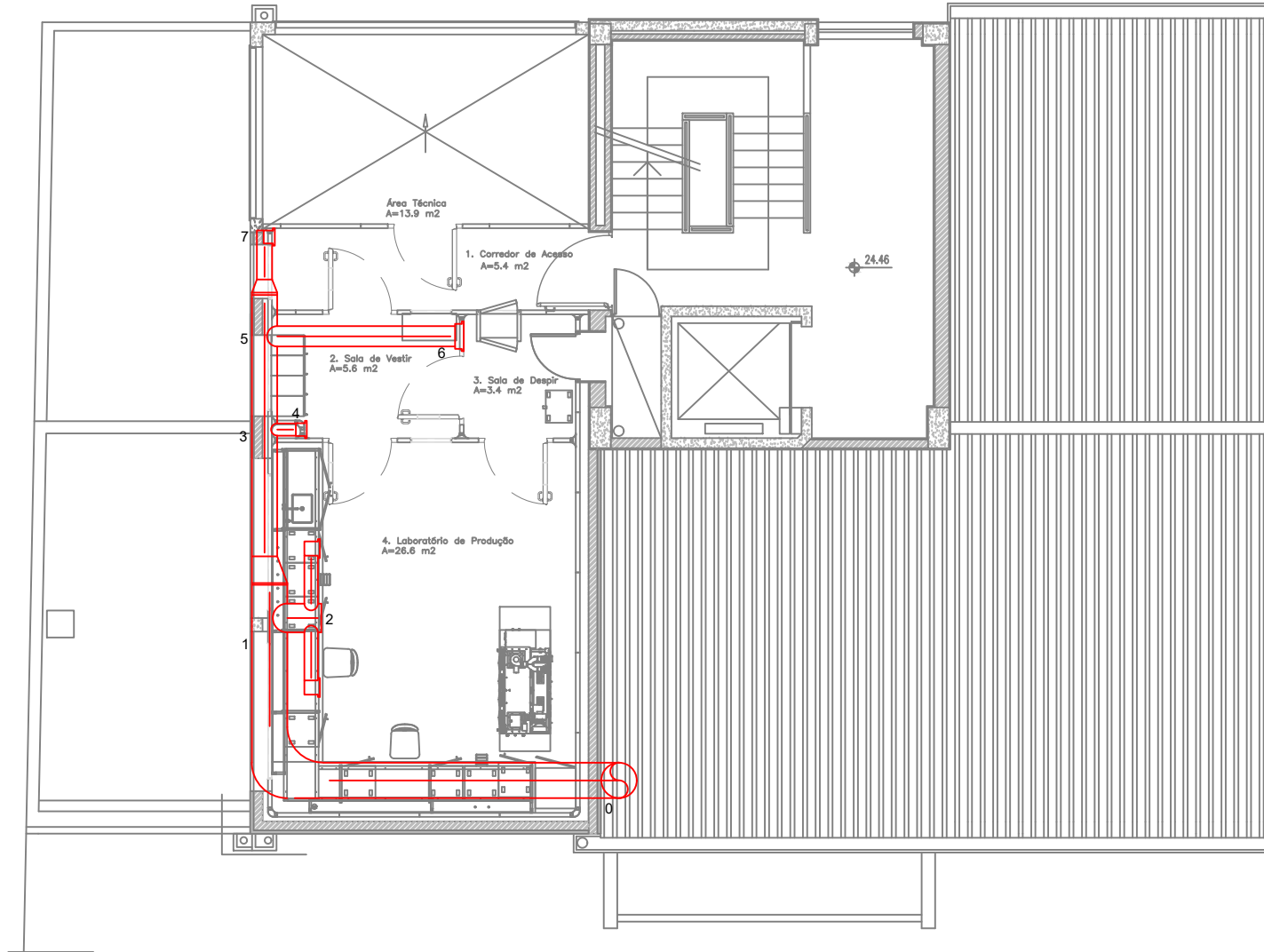
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



				Data	
				Editor	LM
				Verif.	
Rev.nº	Revisão	Data	Nome		
0					

Projeto de AVAC Aplicado à Indústria Farmacêutica
com ênfase no Controlo e Instrumentação

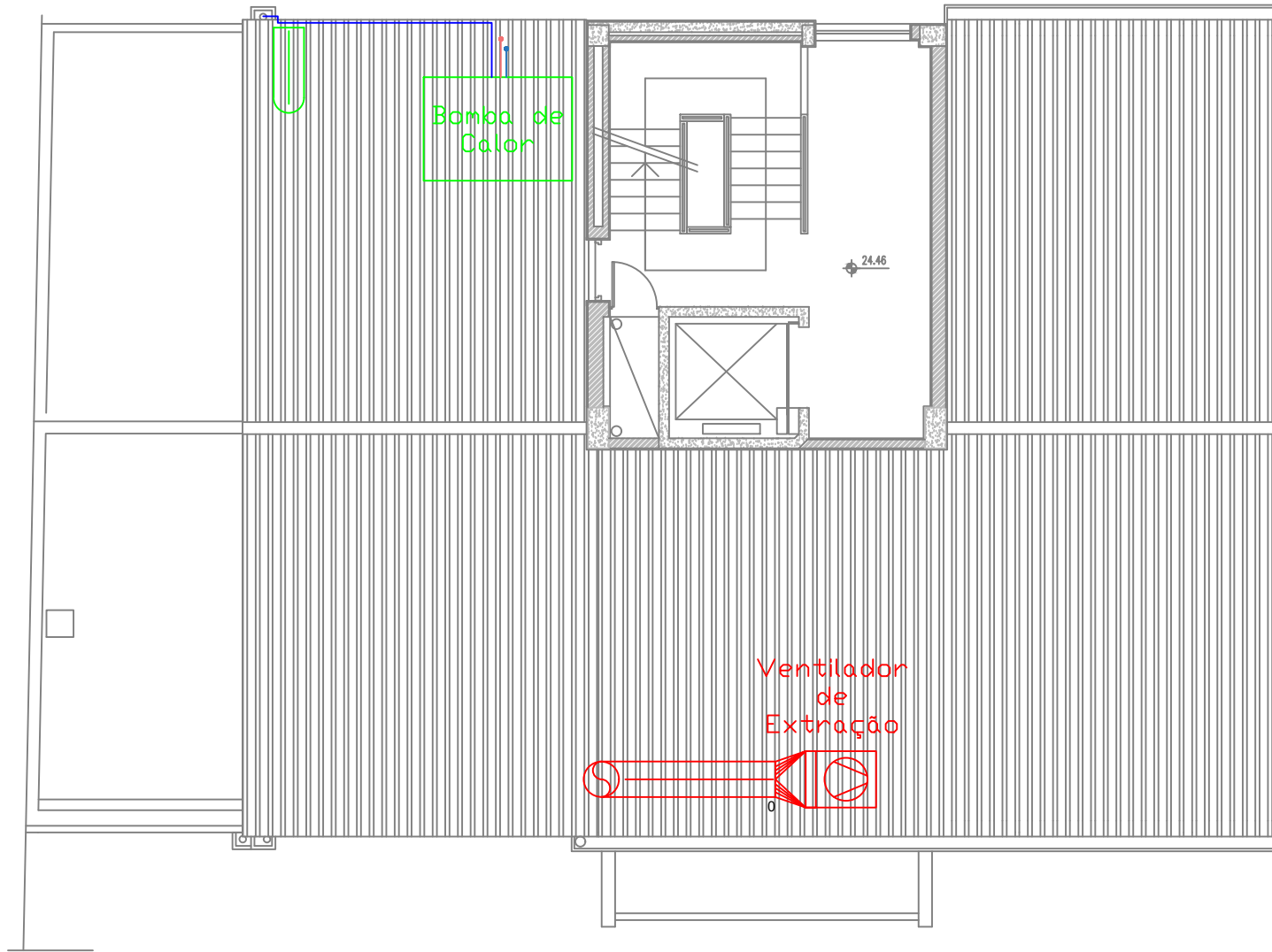
Sistema: Desenho Aeráulico - Piso 1
Insuflação
Instituto Superior de Engenharia de Lisboa



				Data	
				Editor	LM
				Verif.	
Rev.nº	Revisão	Data	Nome		

Projeto de AVAC Aplicado à Indústria Farmacêutica
com ênfase no Controlo e Instrumentação

Sistema: Desenho Aeráulico - Piso 1
Exatção
Instituto Superior de Engenharia de Lisboa



— Condensados Bomba de Calor
— Tubagem Bomba de Calor

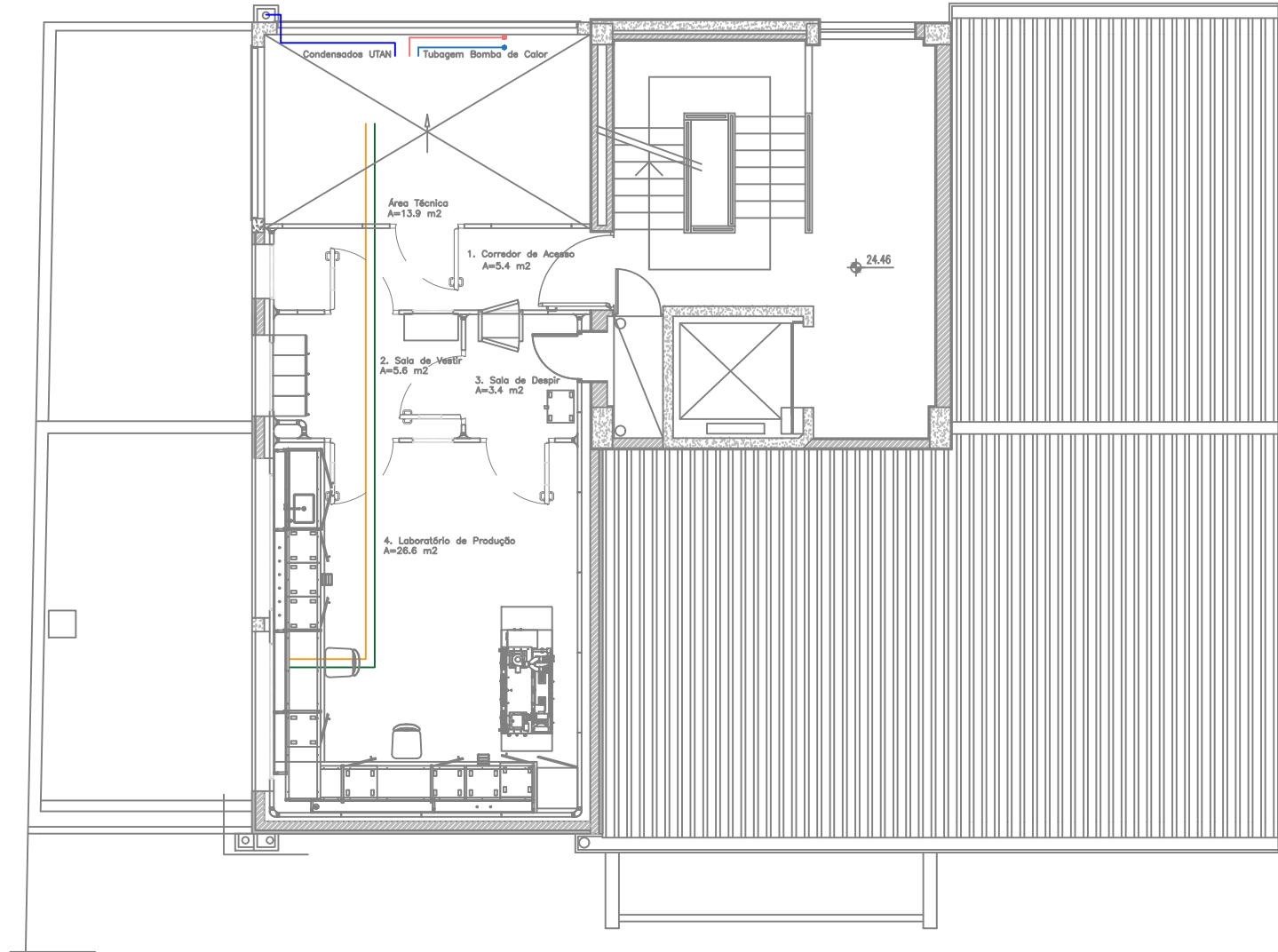
				Data	
				Editor	LM
				Verif.	
Rev.nº	Revisão	Data	Nome		

Projeto de AVAC Aplicado à Indústria Farmacêutica
 com ênfase no Controlo e Instrumentação

Sistema: Desenho Aerólucico e Hidráulico
 - Cobertura
 Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

Folha: 5

8 Folhas

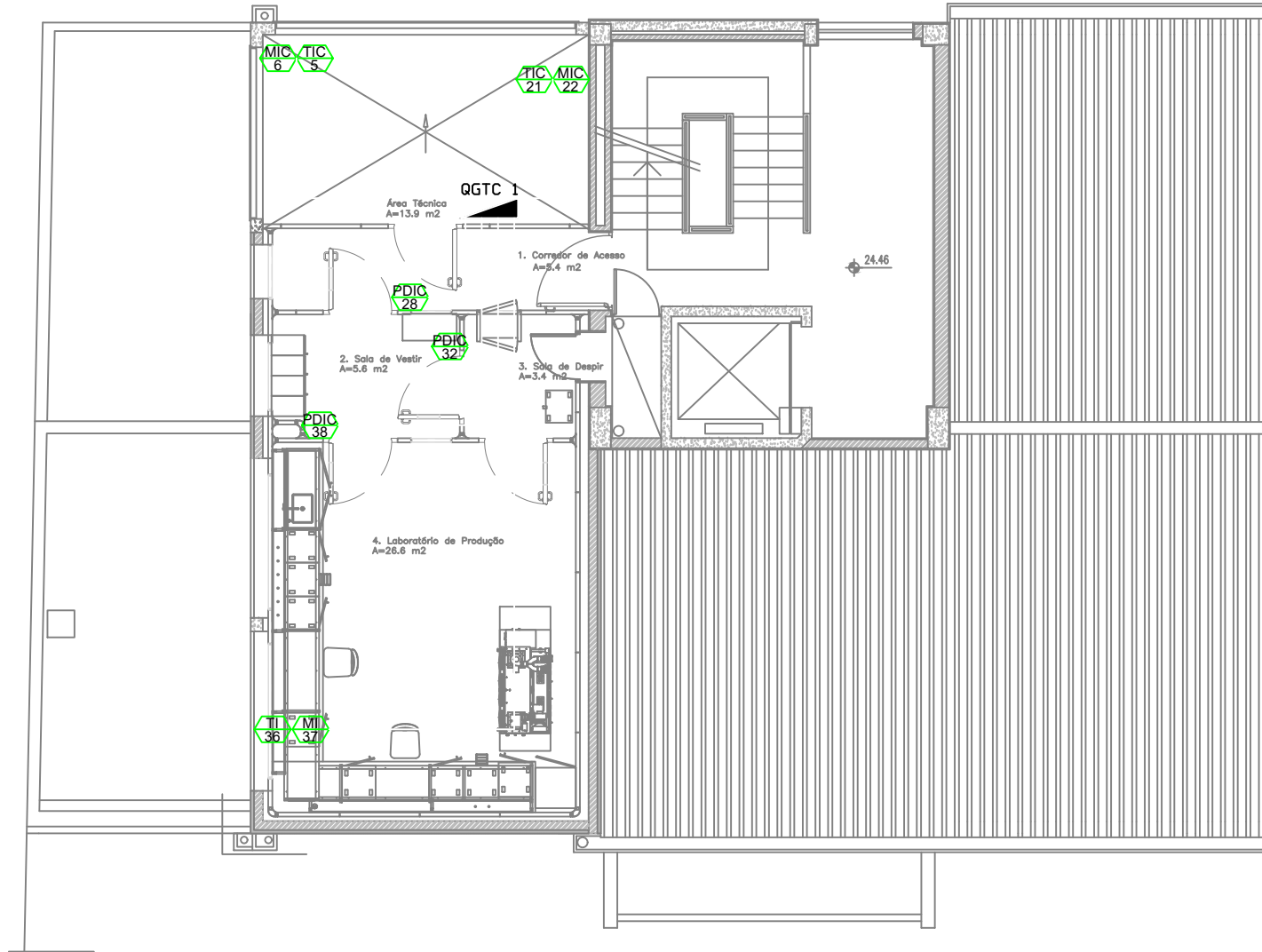


- Condensados UTAN
- Tubagem Bomba de Calor
- Tubagem Serpentina de Recuperação

				Data	
				Editor	LM
				Verif.	
Rev.nº	Revisão	Data	Nome		
0					

Projeto de AVAC Aplicado à Indústria Farmacêutica
com ênfase no Controlo e Instrumentação

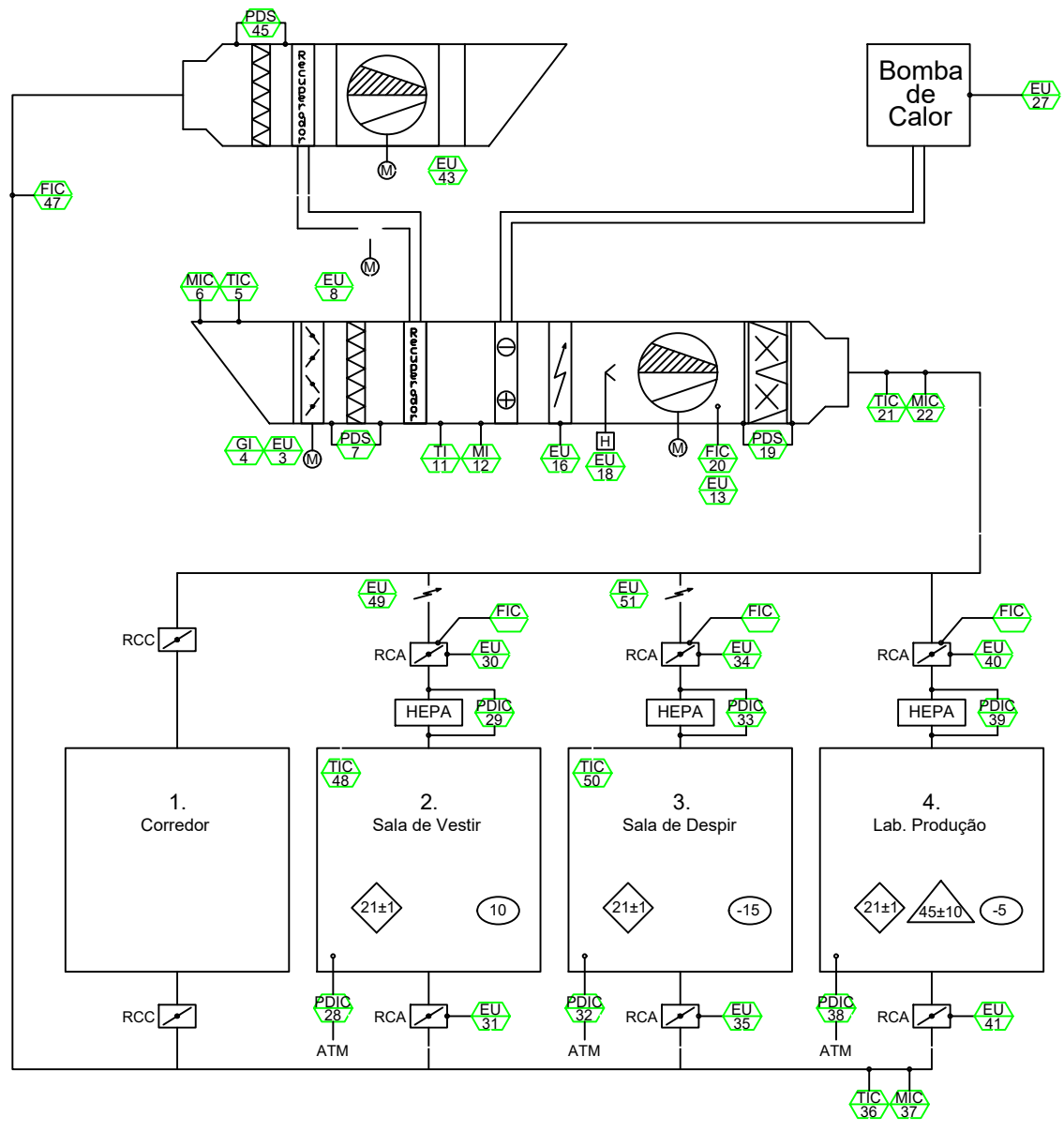
Sistema:	Desenho Hidráulico	Folha:	6
	Instituto Superior de Engenharia de Lisboa	8 Folhas	



				Data	
				Editor	LM
				Verif.	
Rev.nº	Revisão	Data	Nome		

Projeto de AVAC Aplicado à Indústria Farmacêutica
com ênfase no Controlo e Instrumentação

Sistema	Desenho Eletricas Associadas - Piso 1	Folha	7
	Instituto Superior de Engenharia de Lisboa	8 Folhas	



XXX YYY	-	PONTO DE CONTROLO OU MONITORIZAÇÃO COM VISUALIZAÇÃO NA GTC
XXX YYY	-	PONTO DE CONTROLO OU MONITORIZAÇÃO COM VISUALIZAÇÃO NO EQUIPAMENTO LOCAL
XXX YYY	-	PONTO DE CONTROLO OU MONITORIZAÇÃO COM VISUALIZAÇÃO NO QUADRO LOCAL
Letra	Grupo 1:	
	Medições ou outros parâmetros de entrada	Grupo 2:
	Primeira letra	Letra complementar
A		Alarme
B		
C	Condutividade	Controlo Automático
D	Densidade	Diferença
E	Parâmetro Elétrico	
F	Fluxo	Proporção
G	Distância, Comprimento, Posição	
H	Entrada Manual	Limite Superior
I		Indicação
J		Solicitação de Parametro
K	Tempo	Livre
L	Nível	Limite Inferior
M	Humidade	Livre
N	Livre	
O	Livre	Sim/Não Indicação
P	Pressão	
Q	Propriedade Material, Parâmetro de Qualidade	
R		Gravação - Trending
S	Velocidade, Rotação Velocidade, Frequência	Comutador, Controlo de Processo, Controlo Lógico
T	Temperatura	Transdutor
U		Funções Combinadas de Motor
V		
W	Peso, Massa	
Y		Function Calculation
Z		Emergência, Botão de Segurança, Equip. Segurança, Evento de Segurança

				Data	
				Editor	LM
				Verif.	
Rev.nº	Revisão	Data	Nome		
0					

Apêndice E


Série Y • PUHY-P YNW-A • 1 Módulo

MODELO		PUHY-P200YNW-A	PUHY-P250YNW-A	PUHY-P300YNW-A	
Capacidade Nominal	Arrefecimento / Aquecimento	kW	22,4 / 25	28 / 31,5	33,5 / 37,5
Consumo Nominal	Arrefecimento / Aquecimento	kW	4 / 4,5	5,49 / 5,86	6,96 / 7,51
Coefficiente Energético	EER / COP		5,6 / 5,55	5,1 / 5,37	4,81 / 4,99
Coefficiente Energético Sazonal(4)	SEER / SCOP (EN14825)		9,03 / 4,82	9,11 / 4,52	8,80 / 4,30
Unidades Interiores	Capacidade Total da unidade exterior		50 ~ 130%	50 ~ 130%	50 ~ 130%
Conectáveis	Modelo / Quantidade		P15~P250 / 1~17	P15~P250 / 1~21	P15~P250 / 1~26
Alimentação	Fases, V/Hz		3, 380~415V/50-60Hz	3, 380~415V/50-60Hz	3, 380~415V/50-60Hz
Intensidade Máxima		A	16,10	16,40	20,30
Diam. Tubagens	Líquido/Gás	mm	9,52 / 22,2	9,52 (12,7 si long. >= 90 m) / 22,2	9,52 (12,7 si long. >= 40 m) / 28,58
Nível Sonoro	Arrefecimento / Aquecimento	dB(A)	58,0/59,0	60,0/61,0	61,0/64,5
Potência sonora	Arrefecimento / Aquecimento	dB(A)	75,0/78,0	78,0/80,0	80,0/83,5
Ventilador	Caudal de ar	m³/min	170	185	240
	Potência	kW	0,92 x 1	0,92 x 1	0,92 x 1
Compressor	Potência	kW	5,6 / 7,9		
Refrigerante R410A	Pre-carga Kg / PCA / TCO2 eq		6,5 / 2,088 / 13,572	6,5 / 2,088 / 13,572	6,5 / 2,088 / 13,572
Dimensões	Largura x Altura x Profundidade	mm	920 x 1,858 x 740	920 x 1,858 x 740	920 x 1,858 x 740
Peso		kg	231	231	235
Amplitude de operação	Arrefecimento / Aquecimento	°C	-5 ~ +52Ts / -20 ~ +15,5Th	-5 ~ +52Ts / -20 ~ +15,5Th	-5 ~ +52Ts / -20 ~ +15,5Th

MODELO		PUHY-P350YNW-A	PUHY-P400YNW-A	PUHY-P450YNW-A	PUHY-P500YNW-A	
Capacidade Nominal	Arrefecimento / Aquecimento	kW	40 / 45	45 / 50	50 / 56	56 / 63
Consumo Nominal	Arrefecimento / Aquecimento	kW	9,87 / 10,51	11,47 / 13,4	12,22 / 13,42	12,52 / 14,61
Coefficiente Energético	EER / COP		4,05 / 4,28	3,92 / 3,73	4,09 / 4,17	4,47 / 4,31
Coefficiente Energético Sazonal	SEER / SCOP (EN14825)		7,72 / 3,97	7,75 / 3,77	7,86 / 3,68	7,66 / 3,69
Unidades Interiores	Capacidade Total da unidade exterior		50 ~ 130%	50 ~ 130%	50 ~ 130%	50 ~ 130%
Conectáveis	Modelo / Quantidade		P15~P250 / 1~30	P15~P250 / 1~34	P15~P250 / 1~39	P15~P250 / 1~43
Alimentação	Fases, V/Hz		3, 380~415V/50-60Hz	3, 380~415V/50-60Hz	3, 380~415V/50-60Hz	3, 380~415V/50-60Hz
Intensidade Máxima		A	26,40	31,90	37,10	43,70
Diam. Tubagens	Líquido/Gás	mm	12,7/28,58	12,7/28,58	15,88/28,58	15,88/28,58
Nível Sonoro	Arrefecimento / Aquecimento	dB(A)	62,0/64,0	65,0/67,0	65,5/69,5	63,5/66,5
Potência sonora	Arrefecimento / Aquecimento	dB(A)	80,5/83,0	82,5/86,0	83,5/88,5	82,0/85,5
Ventilador	Caudal de ar	m³/min	270	300	305	365
	Potência	kW	0,46 x 2	0,46 x 2	0,46 x 2	0,92 x 2
Compressor	Potência	kW	9,8	10,9	12,4	13,3
Refrigerante R410A	Pre-carga Kg / PCA / TCO2 eq		9,8 / 2,088 / 20,4624	9,8 / 2,088 / 20,4624	10,8 / 2,088 / 22,5504	10,8 / 2,088 / 22,5504
Dimensões (Largura x Altura x Profundidade)		mm	1240 x 1,858 x 740	1240 x 1,858 x 740	1240 x 1,858 x 740	1750 x 1,858 x 740
Peso		kg	278	278	294	337
Amplitude de operação	Arrefecimento / Aquecimento	°C	-5 ~ +52Ts / -20 ~ +15,5Th	-5 ~ +52Ts / -20 ~ +15,5Th	-5 ~ +52Ts / -20 ~ +15,5Th	-5 ~ +52Ts / -20 ~ +15,5Th

Notas:

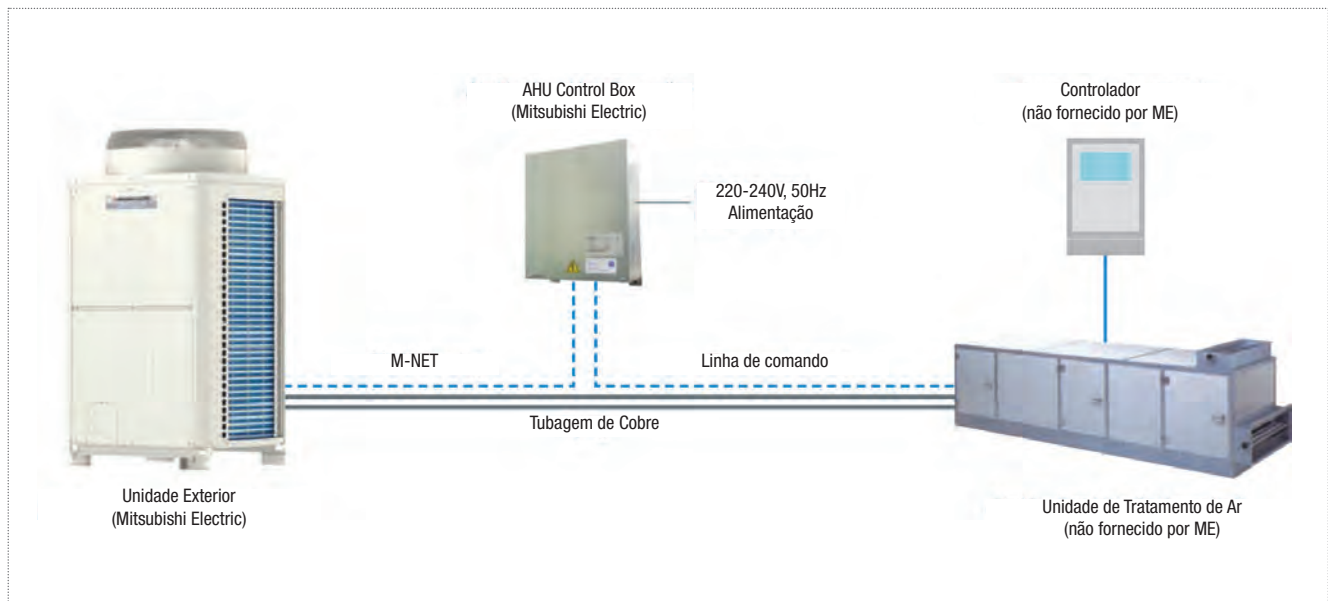
- Distância máxima vertical: 50m, 40m se a exterior está abaixo das unidades interiores. Distância máxima total: 1.000m.
- Condições nominais: arref. 27°CDB/19°CDB interior, 35°CDB exterior; aquec. 20°CDB interior, 7°CDB/6°CDB exterior; C=1p; tubagem 7,5m; altura 0m.
- Compressor horizontal tipo Scroll Inverter.
- Proteção: pressostato e sensor de P, 4,15MPa, proteção sobreaquecimento compressor, proteção sobrecorrente inverter.
- Ventilador tipo helicoidal com máximo 80Pa de pressão estática, proteção por interruptor térmico.



AHU Control Box para City Multi Integração do City Multi com Unidades de Tratamento de Ar Novo

MODELO	PAC-AH125M-J		PAC-AH140M-J	PAC-AH250M-J		PAC-AH500M-J		
Index Control Box	P100	P125	P140	P200	P250	P400	P500	
Caudal do ar de Referência	m ³ /h	2000	2500	3000	4000	5000	8000	10000
Capacidade de Arrefecimento	kW	9,0-11,2	11,2-14,0	14,0-16,0	16,0-22,4	22,4-28,0	36,0-45,0	45,0-56,0
Capacidade de Aquecimento	kW	10,0-12,5	12,5-16,0	16,0-18,0	18,0-25,0	25,0-31,5	40,0-50	50,0-63,0
Volume Bateria DX (cm ³)	cm ³	1500-2850	1900-3550	2150-4050	3000-5700	3750-7100	6000-11400	7500-14200
Nº Circuitos da Bateria DX		4-5	4-5	5-6	6-10	8-10	16-20	16-20
Unidades Exteriores Conectáveis	Série Y e Série R2							

Nota: Arrefecimento - Temperatura do ar a entrada da bateria DX 27°C DB/19°C WB
Aquecimento - Temperatura do ar a entrada da bateria DX 0°C DB/-2,9°C WB
Simultaneidade 100%



A nova AHU Control Box da Mitsubishi Electric permite integrar Unidades Exteriores da gama City Multi com Unidades de Tratamento de Ar Novo, que tradicionalmente são alimentadas por água.

Graças aos sistemas modulares que os fabricantes das UTAN oferecem, é possível integrar secções de humidificação, desumidificação, filtros especiais, free-cooling, recuperadores entálpicos, atenuadores, etc.

Cada vez mais são conhecidas as vantagens dos sistema a expansão directa em relação aos sistema a água (alta eficiência energética, baixo custo de manutenção, simplicidade de instalação, facilidade no “arranque”...). No entanto, as unidades interiores de expansão directa não foram concebidas para suportarem grandes quantidades de ar novo, quando este é necessário. Com a AHU CONTROL BOX é possível colmatar essas necessidades.

Depois de conhecidas as necessidades da UTAN e a potência frigorífica necessária, temos de seleccionar a unidade exterior Mitsubishi Electric e a respectiva AHU CONTROL BOX que corresponda à potência necessária.

Diffuse Box®

caixa porta-filtro terminal insuflação / retorno
filtro de muito alta eficiência

VANTAGENS

- + Elevada flexibilidade de utilização: insuflação/ retorno; instalação no teto/parede; picagem de alimentação circular/retangular.
- + Estanquidade validada a ± 1000 Pa (relatório de ensaio do CETIAT N.º 2514311).
- + Capacidade de estanquidade ao nível da junta < a 0,01% (teste Emery 3004).
- + Fixação dos filtros fácil e sem ferramentas.
- + Versão com registo integrado disponível, regulável a partir da divisão.

GAMA

4 tipos de pleno em função das limitações de instalação:
Picagem superior circular (tipo PDC): instalação clássica no teto.
Picagem lateral circular (tipo PLC) ou retangular (tipo PLR): especial para altura reduzida do teto. De salientar que as picagens se localizam sistematicamente nos lados mais pequenos das caixas, excepto para os PLR 3.6.0 e PLC 3.6.0.
Picagem superior retangular (tipo PDR): especial para instalação na parede. Encontra-se equipada com calhas para facilitar a colocação do filtro.

Difusores disponíveis para modo insuflação:

No teto:

- _ Tipo TP: chapa perfurada para uma insuflação vertical do ar.
- _ Tipo 4D, 3D, 2D e 1D: 4, 3, 2 e 1 direções de insuflação para uma difusão de conforto.
- _ Tipo TB: difusor de alta indução (varrimento rápido com ar ambiente)

Na parede:

- _ Tipo SD: simples deflexão para regular o alcance do jato.
- _ Tipo DD: dupla deflexão para orientar totalmente o jato.

Difusores disponíveis para modo retorno:

1 grelha:

- _ Tipo MCPF: grelha de malha quadrada porta-filtro que permite um 1º nível de filtragem do tipo G4, M6 ou F7 (espessura de 48 mm) e um 2º nível de filtragem do tipo F9 ou E11.
- _ Pode ser montada uma chapa de obturação (Tipo TO) em substituição do difusor aquando das operações de desinfeção da sala para proteger o filtro.

Filtros disponíveis para insuflação:

Para os modelos 3.3.0 - 3.6.0 - 4.4.0 - 6.6.0 - 9.6.0 - 12.6.0: H14 e U15: tipo FR EFI MPL (mini-plissados).
Para os modelos 3.6.2 - 4.4.1 - 4.4.2 - 6.6.1 - 6.6.2: de E11 até H14: tipo FR EFI MPP (mini-plissados profundos).

Filtros disponíveis para retorno:

1º nível (instalados na grelha MCPF):

- _ G4: tipo FR SPG (plissado).
- _ M6 ou F7: tipo FR MPC (mini-plissado compacto).

2º nível (a instalar na caixa):

Para os modelos 3.3.0 - 3.6.0 - 6.6.0:

- _ F9: tipo FR MPC (mini-plissado compacto).
- _ E11: tipo FR EFI MPL (mini-plissado).

Para os modelos 3.6.2 - 6.6.1 - 6.2.2:

- _ F9: tipo FR MP GD (mini-plissados montados em diedros).
- _ E11: tipo FR EFI MPP (mini-plissados profundos).

Os modelos F.P.0, F.P.1. e F.P.2 correspondem às dimensões 595 x 595 mm, especialmente desenvolvida para instalação em teto falso em Tê standard (600 mm de entre-eixo).



Estanquidade testada

DESIGNAÇÃO

TIPO	TIPO DE PICAGEM	3.6.0	4D
	PDC: PICAGEM SUPERIOR CIRCULAR	0 = 68 mm 1 = 150 mm 2 = 292 mm 3 = 305 mm	TIPO DE DIFUSOR TP: CHAPA PERFORADA 10: 1 DIREÇÃO 20: 2 DIREÇÕES QUADRADO 21: 2 DIREÇÕES (LADO MENORES) 22: 2 DIREÇÕES (LADOS MAIORES) 23: 2 DIREÇÕES (CANTO) 30: 3 DIREÇÕES QUADRADO 31: 3 DIREÇÕES INSUFLAÇÕES (OPOSTAS LADOS MAIORES) 32: 3 DIREÇÕES INSUFLAÇÕES (OPOSTAS LADOS MENORES) 40: 4 DIREÇÕES SD: SIMPLES DEFLEXÃO DD: DUPLA DEFLEXÃO MCPF: MALHA QUADRADA PORTA-FILTRO TO: CHAPA DE OBTURAÇÃO TB: ROTACIONAL TP: CHAPA PERFORADA
	PLC: PICAGEM LATERAL CIRCULAR	4 = 457 mm 6 = 610 mm 9 = 915 mm 12 = 1220 mm	
	PLR: PICAGEM LATERAL RETANGULAR		
	PDR: PICAGEM SUPERIOR RETANGULAR		
		F.P. = TETO FALSO	

APLICAÇÃO/UTILIZAÇÃO

Filtragem terminal e difusão de fluxo não-unidirecional nas salas da classe ISO 7 a 8 (conforme à EN ISO 14644-1).
Retorno com 2 níveis de filtragem de muito alta eficiência Indústria farmacêutica, agroalimentar, eletrónica, química, espacial, etc..
Zonas em risco de contaminação nos estabelecimentos de saúde: salas de operação de alta indução, esterilização, laboratórios, etc..
Instalação no teto ou na parede.

CONSTRUÇÃO/COMPOSIÇÃO

Caixa em chapa de aço 10/10º, pintado de branco, RAL 9010.
Na parte superior da caixa (excepto PDR), nos 4 lados, o retorno em chapa será pré-furado (Ø 8 mm) para permitir a fixação da caixa (calhas do tipo alphen, varão roscado, etc.).
Junta 15/10º de uma só peça no centro para garantia de estanquidade.
Fixação dos filtros sem ferramentas através de clips
2 conjuntos de tomas de pressão integradas (através de tubo Ø int. 6 mm).
2 tomas com ligação a montante e a jusante para medição do nível de colmatação a partir da divisão. O sistema permite, também, a injeção de um aerossol durante as operações de teste de integridade.
2 tomas, fixadas num dos lados do pleno e localizadas uma a montante e outra a jusante do filtro, para reenvio das pressões para fora da divisão.
Os difusores TP e TB ou 1D, 2D e 4D encontram-se localizados nos rebordos periféricos da caixa e são em aço branco, RAL 9010.
A grelha MCPF e a chapa de obturação, instaladas na junta, são em aço pintado de branco, RAL 9010.

INSTALAÇÃO

A estanquidade da Diffuse Box® foi testada em laboratório; o pleno não poderá **nunca** ser furado em obra.

TIPO DE FIXAÇÃO

Suspensão por sistema *Zip-Clip*, por varão roscado através de calha Alphen ou utilização do kit de painéis tipo *sandwich*.

OPÇÕES

Pleno e difusores (excepto o 4D) em inox.

CLASSIFICAÇÃO EN

Classificação EN ISO 14644-1.
Classificação EN 1886 de acordo com a Diretiva sobre Produtos de Construção 89/106/CE

TEXTOS DE PRESCRIÇÃO

A caixa porta-filtro terminal terá estrutura em chapa de aço galvanizado 10/10, com pintura epóxi branca RAL 9010. Encontrar-se-á equipada com calhas para facilitar a colocação do filtro de muito alta eficiência.

Classificação classe ISO 7 a 8 em conformidade à norma EN ISO 14644-1.

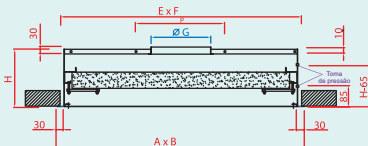
Classificação EN 1886 de acordo com a Diretiva sobre Produtos de Construção 89/106/CE.

Tipo Diffuse Box®, marca France Air.

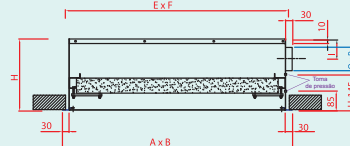
DESCRIÇÃO TÉCNICA

ATRAVANCAMENTOS E PESOS

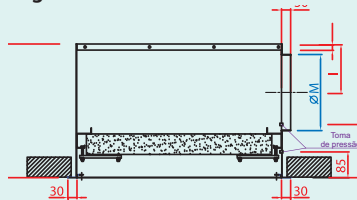
Pleno PDC: picagem superior circular



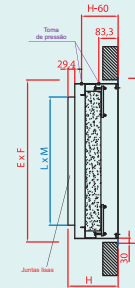
Pleno PLR: picagem lateral retangular



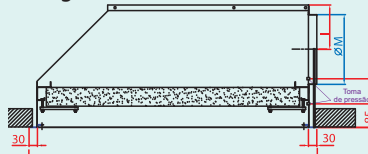
Pleno PLC: picagem lateral circular



Pleno PDR: picagem superior retangular



Pleno PLC com registo



Características	Dim. filtro [mm]	Para modelos PDC e PDR				Para PDC			Para PDR			
		Fora tudo		Atravancamentos		Altura	Dimensões	Peso	Altura	Piq. Lg	Picagem Lg	Peso
Modelos		A [mm]	B [mm]	E [mm]	F [mm]	H [mm]	Ø G [mm]	[kg]	H [mm]	L [mm]	M [mm]	[kg]
3.3.0	305 x 305 x 68	469	469	410	410	240	159	7	220	260	260	7
3.6.0	305 x 610 x 68	469	769	410	710	240	249	9	220	260	560	8
3.6.2	305 x 610 x 292	469	769	410	710	465	315	11	450	260	560	9
4.4.0	457 x 457 x 68	635	635	575	575	240	249	10	220	425	425	10
4.4.1	457 x 457 x 150	635	635	575	575	325	314	10	310	425	425	10
4.4.2	457 x 457 x 292	635	635	575	575	465	399	11	450	425	425	11
6.6.0	610 x 610 x 68	769	769	710	710	240	314	12	220	560	560	11
6.6.1	610 x 610 x 150	769	769	710	710	325	499	13	310	560	560	12
6.6.2	610 x 610 x 292	769	769	710	710	465	499	15	450	560	560	13
9.6.0	915 x 610 x 68	1069	769	1010	710	240	314	17	220	860	560	17
12.6.0	1220 x 610 x 68	1379	769	1320	710	240	314	20	220	1165	560	19
Dimensões fora tudo de 595 x 595 mm (para teto falso)												
F.P.0	457 x 457 x 68	595	595	555	555	240	249	10	220	425	425	10
F.P.1	457 x 457 x 150	595	595	555	555	325	314	10	310	425	425	10
F.P.2	457 x 457 x 292	595	595	555	555	465	399	11	450	425	425	11

* 2FPO com dimensões fora tudo de 595 x 1195 mm sob pedido.

Características	Dim. filtro [mm]	Para modelos PLC e PLR				Para PLC / PLC + REG				Para PLR				
		Fora tudo		Atravancamentos		Altura	Diâmetro	Peso	Eixo	Altura	Picagem Ht	Picagem Lg	Peso	Eixo
Modelos		A [mm]	B [mm]	E [mm]	F [mm]	H [mm]	Ø M [mm]	[kg]	L [mm]	H [mm]	Q [mm]	R [mm]	[kg]	L [mm]
3.3.0	305 x 305 x 68	469	469	425	425	350	159	9	115	320	125	200	7	100
3.6.0	305 x 610 x 68	469	769	425	725	390	199	12	135	320	125	520	10	100
3.6.2	305 x 610 x 292	469	769	425	725	664	249	13	160	545	125	520	11	100
4.4.0	457 x 457 x 68	635	635	591	591	390	199	14	135	320	125	360	11	100
4.4.1	457 x 457 x 150	635	635	591	591	525	249	15	160	530	250	360	12	163
4.4.2	457 x 457 x 292	635	635	591	591	730	314	16	192	670	250	360	13	163
6.6.0	610 x 610 x 68	769	769	725	725	440	249	17	160	320	125	520	14	100
6.6.1	610 x 610 x 150	769	769	725	725	672	399	19	235	530	250	520	14	163
6.6.2	610 x 610 x 292	769	769	725	725	864	449	20	260	670	250	600	17	163
9.6.0	915 x 610 x 68	1069	769	1025	725	510	314	24	192	320	125	600	22	100
12.6.0	1220 x 610 x 68	1379	769	1335	725	510	314	31	192	445	250	600	28	163

Série FP: para instalação em teto falso com Té standard (600 mm de entre-eixo)

Dimensões fora tudo de 595 x 595 (para teto falso)*														
Modelos	Dim. filtro [mm]	A [mm]	B [mm]	E [mm]	F [mm]	H [mm]	Ø M [mm]	[kg]	L [mm]	H [mm]	Q [mm]	R [mm]	[kg]	L [mm]
F.P.0	457 x 457 x 68	595	595	565	565	390	199	14	135	320	125	360	11	100
F.P.1	457 x 457 x 150	595	595	565	565	525	249	15	160	530	250	360	12	163
F.P.2	457 x 457 x 292	595	595	565	565	730	314	16	192	670	250	360	13	163

*Pleno PLC + REG - FP em teto falso: a instalar imperativamente antes do teto falso.

SELEÇÃO DA DIFFUSE BOX® PARA INSUFLAÇÃO

Com filtro E11 ou H14:

Os valores aqui apresentados têm em conta os limites de utilização do pleno (velocidade na picagem < 4,5 m/s), dos filtros (caudal nominal de utilização) e dos difusores (NR < 40 dB(A)).

Difusor Modelos	TP**				TB				4D				SD/DD			
	E11		H14		E11		H14		E11		H14		E11		H14	
	Caudal [m³/h]	PdC [Pa]	Caudal [m³/h]	PdC [Pa]	Caudal [m³/h]	PdC [Pa]	Caudal [m³/h]	PdC [Pa]	Caudal [m³/h]	PdC [Pa]	Caudal [m³/h]	PdC [Pa]	Caudal [m³/h]	PdC [Pa]	Caudal [m³/h]	PdC [Pa]
3.3.0	240	155	150	135	190	125	150	135	240	155	150	133	240	155	150	135
3.6.0	480	130	300	120	480	130	300	120	480	130	300	120	480	130	300	120
4.4.0 / FP0	500	115	350	120	400	100	350	120	540	130	350	120	540	140	350	120
4.4.1 / FP1	800*	210	800*	185	600	185	600	135	1100	230	1100	250	1100	230	1100	250
4.4.2 / FP2	800*	90	800*	150	600	70	600	110	1500	230	1250	230	1500	230	1250	230
3.6.2	900*	115	900*	190	600	75	600	125	1000	130	1000	210	1000	130	1000	210
6.6.0	720	95	600	120	600	80	600	120	780	105	600	120	780	105	600	120
6.6.1	1400*	200	1400*	175	800	115	800	100	1500	215	1500	190	2000	230	2000	250
6.6.2	1400*	90	1400*	135	800	50	800	80	1500	90	1500	145	2400	140	2400	230
9.6.0	1120	100	900	120	1100	100	900	120	1100	100	900	120	1100	150	900	120
12.6.0	1300	87	1200	120	1300	90	1200	120	1300	75	1200	120	1600	110	1200	120
2 FP0	1375	115	780	120	1375	115	780	120	1375	115	780	120	1375	115	780	120
2 FP1	1500	120	1500	150	1500	120	1500	150	2000	140	1625	160	2000	140	1625	160

Em U15, os caudais são idênticos; os modelos 3.6.2, 4.4.1, 4.4.2, 6.6.1 e 6.6.2 não admitem este nível de filtragem.

*Na seleção da Diffuse Box® com grelhas TP são escolhidos, regra geral, os filtros de 68 mm (os caudais com filtros de 150 e 200 mm correspondem a velocidades no difusor muito elevadas (> 1 m/s)).

**As velocidades de ar na zona de ocupação devem ser validadas em função do pé direito de instalação do difusor.

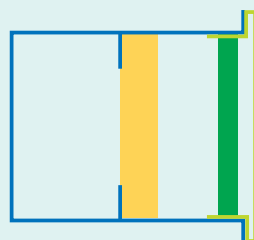
SELEÇÃO DA DIFFUSE BOX® PARA RETORNO

Com grelhas MCPF apenas:

1º nível: G4, M5 ou F7 à escolha (a instalar na grelha MCPF).

2º nível: F9 ou E11 à escolha (a instalar no pleno).

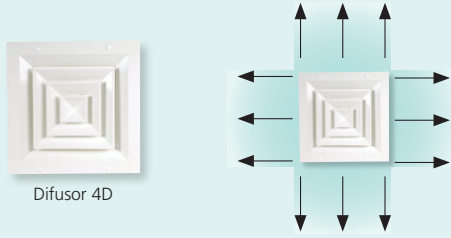
Modelos	MCPF: caudal máximo a respeitar qualquer que seja a eficiência do 1º nível														
	TP			TB			4D			SD/DD			Grelha MCPF		
	F9	E11	H14	F9	E11	H14	F9	E11	H14	F9	E11	H14	F9	E11	H14
3.3.0	350	240	150	190	190	150	350	240	150	350	240	150	350	240	150
3.6.0	800	480	300	600	480	300	800	480	300	800	480	300	800	480	300
4.4.0 / FP0	800	500	350	600	400	350	800	540	350	800	540	350	800	540	350
4.4.1 / FP1	800	800	800	600	600	600	1300	1100	1100	1300	1100	1100	1300	1100	1100
4.4.2 / FP2	800	800	800	600	600	600	2000	1500	1250	2000	1500	1250	2000	1500	1250
3.6.2	900	900	900	600	600	600	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
6.6.0	1250	720	600	800	600	600	1300	780	600	1300	780	600	1300	780	600
6.6.1	1400	1400	1400	800	800	800	2400	1500	1500	2400	2000	2000	2400	2000	2000
6.6.2	1400	1400	1400	800	800	800	2400	1500	1500	2400	2400	2400	2400	2400	2400
9.6.0	1300	1120	900	1100	1100	900	1300	1100	900	1300	1100	900	1300	1100	900
12.6.0	1300	1300	1200	1300	1300	1200	1300	1300	1200	1300	1300	1200	1300	1300	1200



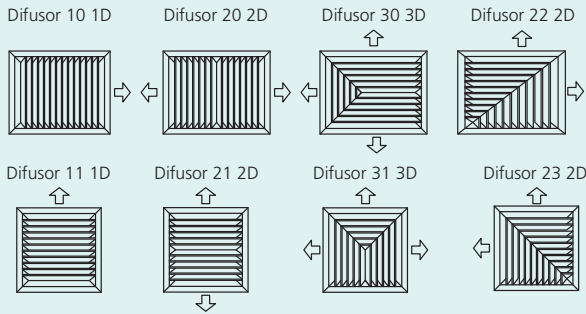
- Diffuse Box®
- Grelha de retorno MCPF
- Filtro Diffuse Box® F9 ou E11
- Filtro MCPF espessura 48 mm G4, M6 ou F7

DIFUSORES DE TETO

Difusor de teto: 4, 3 ou 2 direções



Difusor 4D



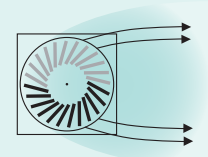
Difusor rotacional regulável



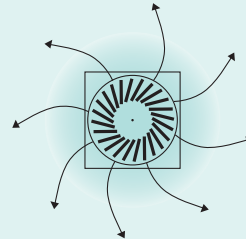
Difusor TB



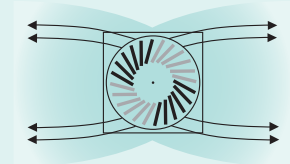
Versão 12.6.0 para salas brancas e laboratórios



Regulação 1 direção



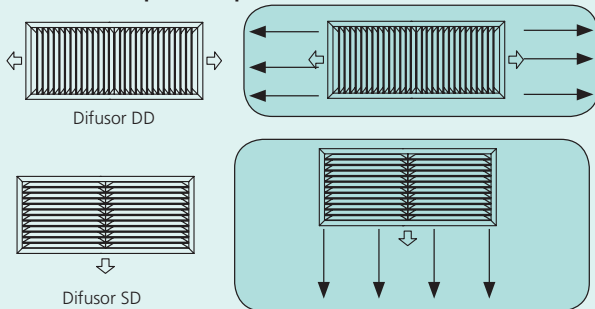
Regulação rotacional



Regulação 2 direções

DIFUSORES DE PAREDE

Difusor de simples e dupla deflexão



Grelha de retorno



Grelha MCPF

Chapa de obturação

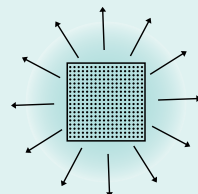


Chapa de obturação TO

DIFUSOR DE CHAPA PERFURADA



Difusor TP



Exemplo de instalação

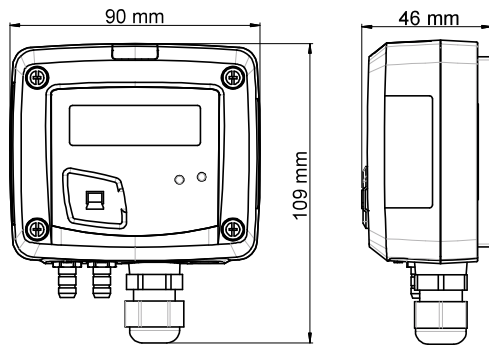
Differential pressure transmitter CP 111 – CP 112 – CP 113

KEY POINTS

- Ranges from -100/+100 Pa to -10000/+10000 Pa (according to models)
- Configurable intermediary ranges
- 0-10 V or 4-20 mA output, active, power supply 24 Vac/Vdc (3-4 wires) or 4-20 mA output, passive loop, power supply from 16 to 30 Vdc (2 wires)
- ABS V0 housing, IP65, with or without display
- "¼ turn" system mounting with wall-mount plate
- Housing with simplified mounting system
- Solenoid valve for auto-calibration (only on CP111 model)



FEATURES OF THE HOUSING



Material: ABS V0 as per UL94

Protection: IP65

Display: LCD 10 digits. Size: 50 x 17 mm

Height of digits: Value: 10 mm; Unit : 5 mm

Connections: ribbed, Ø6.2 mm

Cable gland: for cables Ø8 mm maximum

Weight: 143 g

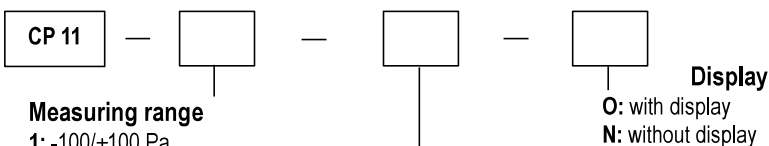
TECHNICAL FEATURES

Measurement units	Pa, mmH ₂ O, inWG, mmHG, daPa, kPa, hPa, mbar
Accuracy*	CP111: ±1% of reading ±2 Pa; CP112: ±1.5% of reading ±3 Pa; CP113: ±1.5% of reading ±3 mmH ₂ O
Response time	1/e (63%) 0.3 s
Resolution	1 Pa; 0.1 mmH ₂ O; 0.01 mbar; 0.01 inWG; 0.01 mmHG; 0.1 daPa; 0.001 kPa
Autozero	Manual with push-button; Automatic by solenoid valve (only on CP111 model)
Type of fluid	Air and neutral gases
Overpressure tolerated	CP111/112: 21 000 Pa – CP113: 69 000 Pa
Conditions of use (°C/%RH/m)	From 0 to +50°C. In non-condensing condition. From 0 to 2000 m.
Storage temperature	From -10 to +70°C

*All the accuracies indicated in this technical datasheet were stated in laboratory conditions, and can be guaranteed for measurements carried out in the same conditions, or carried out with calibration compensation.

PART NUMBER

To order, just add the codes to complete the part number :



Measuring range

- 1: -100/+100 Pa
- 2: -1000/+1000 Pa
- 3: -10 000/+10 000 Pa

Power supply / Output

- A:** Active – 24 Vac/Vdc – 0-10 V or 4-20 mA
- P:** Passive – 16/30 Vdc – 4-20 mA (except the CP 111 which is not available in Passive).

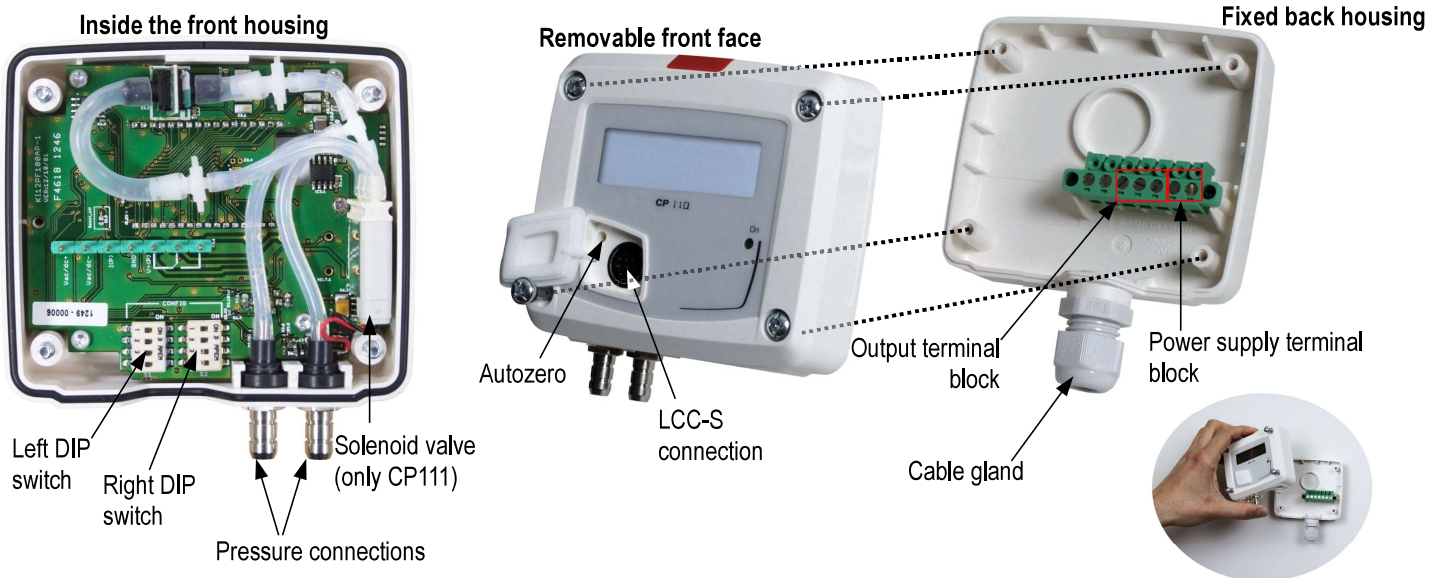
Example: CP 113 – AO

Pressure transmitter measuring range -10 000/+10 000 Pa, 0-10 V or 4-20 mA active, with display

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Output / Supply	<ul style="list-style-type: none"> - active sensor 0-10 V or 4-20 mA (alim. 24 Vac/Vdc $\pm 10\%$), 3-4 wires - passive loop 4-20 mA (power supply 16/30 Vdc), 2 wires - common mode voltage <30 VAC - maximum load: 500 Ohms (4-20 mA) / minimum load: 1 K Ohms (0-10 V)
Consumption	CP111: 3 VA (0-10 V) or 3 VA (4-20 mA) CP112 and CP113: 2 VA (0-10 V) or 0.6 VA (4-20 mA)
European directives	2014/30/EU EMC; 2014/35/EU Low Voltage; 2011/65/EU RoHS II; 2012/19/EU WEEE
Electrical connection	Screw terminal block for cables from 0.05 to 2.5 mm ² or from 30 to 14 AWG Carried out according to the code of good practice
Communication to PC	USB-mini DIN cable
Environment	Air and neutral gases

CONNECTIONS

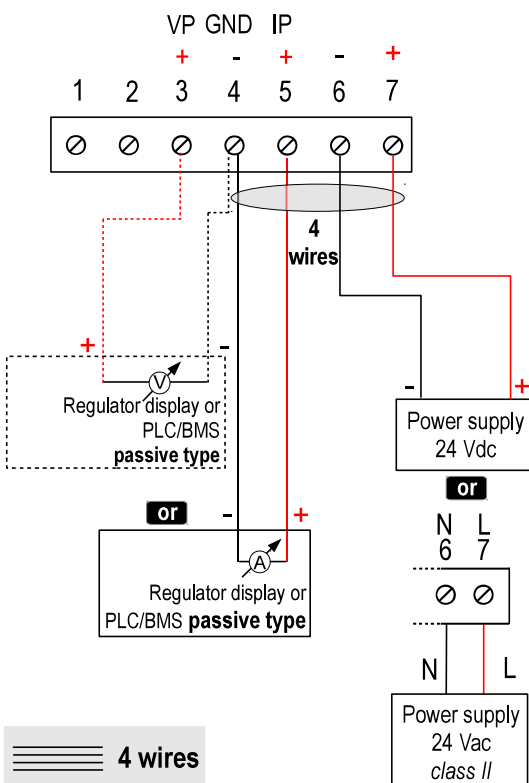


ELECTRICAL CONNECTIONS – as per *NFC15-100* standard

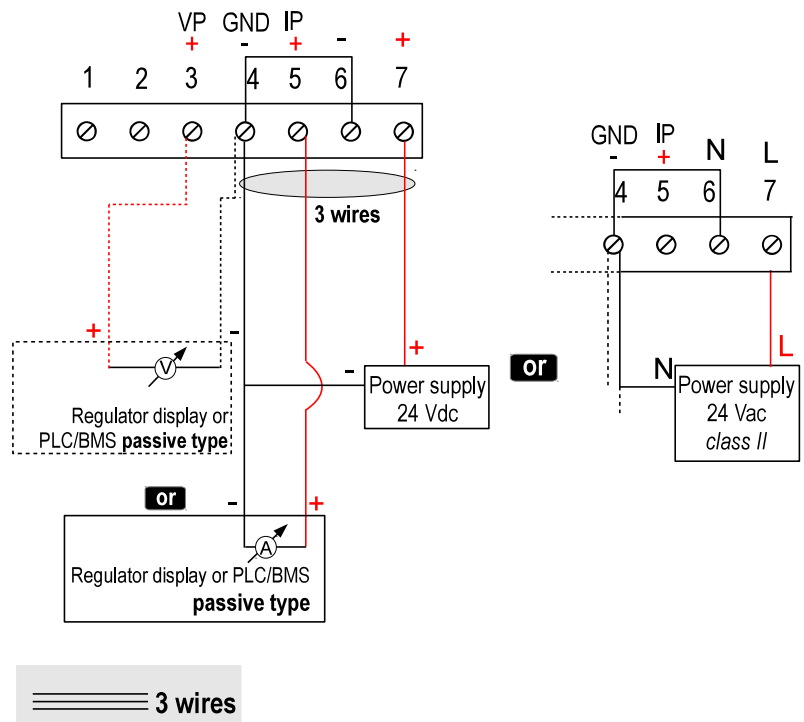


This connection must be made by a qualified and trained technician. To make the connection, the transmitter must not be energized.

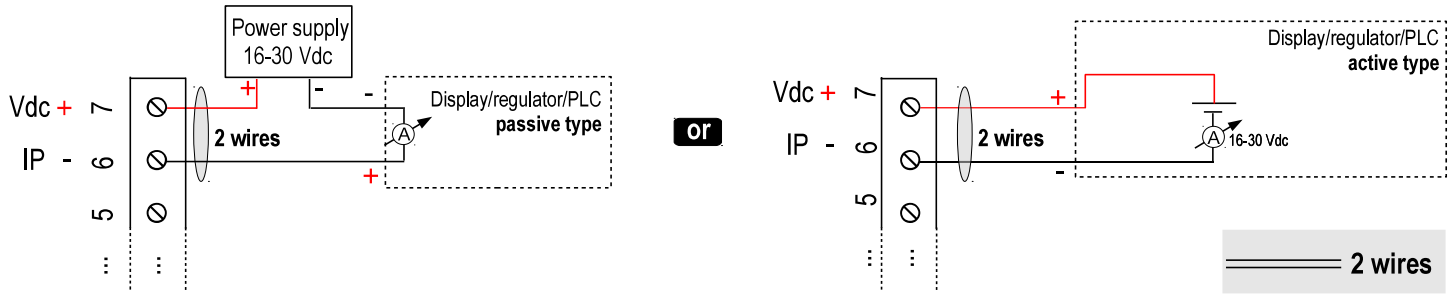
For **CP111/112/113 – AO models** and **CP111/112/113 – AN models** with 0-10 V or 4-20 mA output – active, 4 wires:



To make a 3-wire connection, before powering up the transmitter, please connect the output ground to the input ground. See drawing below.



For **CP112/113 – PO** models and **CP112/113 – PN** models with 4-20 mA output – **passive** :



SETTINGS AND USE OF THE TRANSMITTER

> Auto-calibration

CP 111 pressure transmitter has a temperature compensation of the gain from 0 to 50°C and an auto-calibration process that guarantees over the time an excellent stability and a perfect reliability of the measurement on low and high ranges.

Auto-calibration principle: the microprocessor of the transmitter drives a solenoid valve that compensates the possible drifts on the sensitive element over the time. The compensation is performed by the permanent adjustment of the zero. So the measurement of the differential pressure is then independent from the environmental conditions of the transmitter.

Advantage: no drift

Frequency of auto-calibration: resetable or from 1 to 60 minutes

> Autozero

To perform an autozero, unplug the 2 pressure connections tubes and press the “**Autozero**” key.

On the CP111 transmitter, it is not necessary to unplug the 2 pressure connection tubes.

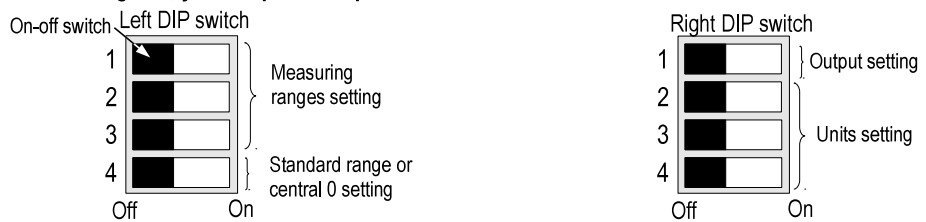
When an autozero has been performed, “**On**” green light turns off then turns on, and on transmitters equipped with a display, “**autoZ**” is displayed.

> Configuration



To configure the transmitter, it must not be energized. Then, you can make the settings required, with the DIP switches (as shown on the drawing below). When the transmitter is configured, you can power it up.

To configure the transmitter, unscrew the 4 screws from the housing then open it. DIP switches allowing the different settings are then accessible.



> Measuring range settings – left DIP switch

To set a measuring range, put the 1, 2 and 3 on-off switches as indicated in the table below.

Type of transmitter	Combination 1			Combination 2			Combination 3			Combination 4			Combination 5		
	CP111	CP112	CP113	CP111	CP112	CP113	CP111	CP112	CP113	CP111	CP112	CP113	CP111	CP112	CP113
Pa	20	100	1000	30	250	2500	40	500	5000	50	750	7500	100	1000	10000
mmH ₂ O	2.0	10.0	100.0	3.0	25.0	250.0	4.0	50.0	500	5.0	75.0	750.0	10.0	100.0	1000.0
mbar	0.2	1	10.00	0.3	2.5	25.00	0.4	5.0	50.00	0.5	7.5	75.00	1.00	10.00	100.00
inWG	0.08	0.40	4.00	0.12	1.00	10.00	0.16	2.00	20.00	0.20	3.00	30.00	0.40	4.00	40.00
mmHg	0.20	0.80	8.00	0.22	2.00	20.00	0.30	4.00	40.00	0.40	6.00	60.00	0.80	8.00	80.00
daPa	2.0	10.0	100	3.0	25.0	250.0	4.0	50.0	500.0	5.0	75.0	750.0	10.0	100.0	1000.0
kPa	0.020	0.100	1.00	0.030	0.250	2.50	0.040	0.500	5.00	0.050	0.750	7.50	0.100	1.000	10.00
hPa	0.20	1.00	10.00	0.30	2.50	25.00	0.40	5.00	50.00	0.50	7.50	75.00	1.00	10.00	100.00

- Measuring ranges of the **CP111 transmitter** on the **±100 Pa range** according to the measurement unit
- Measuring ranges of the **CP112 transmitter** on the **±1000 Pa range** according to the measurement unit
- Measuring ranges of the **CP113 transmitter** on the **±10 000 Pa range** according to the measurement unit.









Example:

- From 0 to 750 mmH₂O, measuring range is 750 mmH₂O.
- From -500 Pa to +500 Pa, measuring range is 1000 Pa.

> **Standard range / central zero setting – left DIP switch**

To set the type of measuring range, put the on-off switch 4 as indicated beside:

Example 0-100 Pa: Full scale / 0  (0 / 100 Pa)
Central zero  (-50 Pa / 0 / +50 Pa)









Configurations	Full scale	Central zero
Combinations		
		
		
		



Please follow carefully the combinations beside with the DIP switch. If the combination is wrongly done, the following message will appear on the display of the transmitter "CONF ERROR". In that case, you will have to unplug the transmitter, place the DIP switches correctly, and then power the transmitter up.

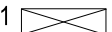
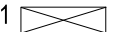
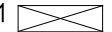
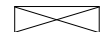
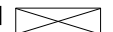
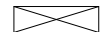
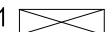
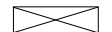























> **Output setting – right DIP switch (CP111/112/113 – AO and CP111/112/113 – AN models)**

To set the type of analogue output, please put the on-off switch of the output as shown beside.

Configurations	4-20 mA	0-10 V
Combinations	1 	1 
	2 	2 
	3 	3 
	4 	4 

> **Units setting – right DIP switch**

To set a measurement unit, put the on-off switches 2, 3 and 4 of the units as shown in the table below.

Configurations	Pa	mmH ₂ O	mbar	lnWG	mmHG	daPa	kPa	hPa
Combinations	1 	1 	1 	1 	1 	1 	1 	1 
	2 	2 	2 	2 	2 	2 	2 	2 
	3 	3 	3 	3 	3 	3 	3 	3 
	4 	4 	4 	4 	4 	4 	4 	4 

CONFIGURATION VIA LCC-S SOFTWARE (option)









An easy and friendly configuration with the software!

You can configure your own intermediary ranges.

Caution : the minimum difference between the high range and the low range is 20.

For example, it is possible to set the instrument from -20 to 0 Pa, from 0 to +20 Pa, or from -10 to +10 Pa...

- To access the configuration via software:
 - Set the DIP switches as shown beside. *Nota: the on-off switch 1 of the right DIP switch can be in any position (selection of the analogue output 0-10 V or 4-20 mA)*
 - Connect the cable of the LCC-S to the connection of the transmitter.
- Please refer to the user manual of the LCC-S to make the configuration.

Configuration via PC	
1 	1 
2 	2 
3 	3 
4 	4 

Left DIP switch

Caution: the configuration of the parameters can be done either with the DIP switch or via software (you can not combine both solutions).

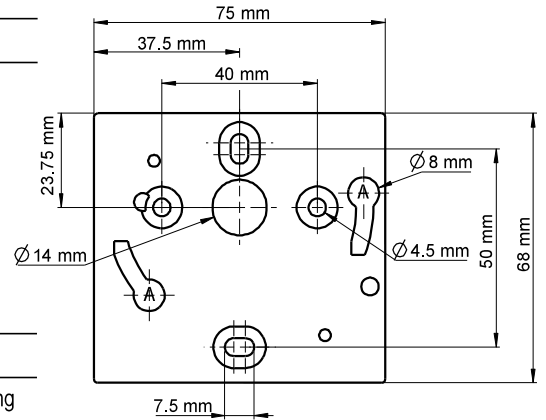
MOUNTING

To mount the transmitter, mount the ABS plate on the wall (drilling : Ø6 mm, screws and pins are supplied).

Insert the transmitter on the fixing plate (see A on the drawing beside). Rotate the housing in clockwise direction until you hear a "click" which confirms that the transmitter is correctly installed.



Once the transmitter is installed and powered up, please make an autozero to guarantee the correct working of the transmitter in any position.



MAINTENANCE

Please avoid any aggressive solvent. Please protect the transmitter and its probes from any cleaning product containing formalin, that may be used for cleaning rooms or ducts.

OPTIONS AND ACCESSORIES

- **KIAL-100A:** Power supply class 2, 230 Vac input, 24 Vac output
- **KIAL-100C:** Power supply class 2, 230 Vac input, 24 Vdc output
- **LCC-S:** configuration software with USB cable
- Connection tube
- Connection fittings
- Through-connections
- Straight connections
- Spherical coupling nut

 **Only the accessories supplied with the device must be used.**

PRECAUTIONS FOR USE

Please always use the device in accordance with its intended use and within parameters described in the technical features in order not to compromise the protection ensured by the device.



Once returned to KIMO, required waste collection will be assured in the respect of the environment in accordance with European guidelines relating to WEEE.

www.kimo.fr

Distributed by :



EXPORT DEPARTMENT
Tel : + 33. 1. 60. 06. 69. 25 - Fax : + 33. 1. 60. 06. 69. 29
e-mail : export@kimo.fr



PRESSOSTATO DIFERENCIAL PARA AR

APLICAÇÃO

Monitorização de sobrepressão, subpressão (vácuo) e pressão diferencial de ar e gases não combustíveis e não agressivos.

Exemplos em AVAC e refrigeração:

- Colmatação de filtros.
- Funcionamento de ventiladores.
- Protecção de resistências eléctricas.
- Protecção de condutas contra sobrepressão excessiva - fecho intempestivo de registos corta fogo ou outros registos inseridos nas condutas.
- Detecção de congelamento das serpentinas de refrigeração (iniciar ciclo de descongelação).



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Gama de ajuste (diferencial), com escala calibrada

20 a 300 Pa (10 Pa)	Pré filtro (G3 e G4)
50 a 500 Pa (20 Pa)	Filtro fino (F5 a F9) e ventilador
200 a 1000 Pa . . . (100 Pa)	Filtro de alta eficiência (E11, H12 ..., U15 ...) e ventilador

Precisão	+/- 15% do valor ajustado
Pressão máx. instantânea	até 10 kPa (sem danificação da membrana)
Contacto eléctrico	1 contacto inversor (máx. 1,5A (0,4A), 250 VCA)
Temperatura ambiente	-20 a 85°C
Bucin de entrada dos cabos . . .	M16
Grau de protecção	IP54
Conformidade CE	directiva de baixa tensão 2006/95/EC
Dimensão/Peso	Ø80 x 60 mm / 150g

MATERIAIS CONSTRUTIVOS

Caixa	plástico de alta resistência mecânica, PA 6.6
Tampa	plástico transparente , PS
Diafragma	silicone, temperado a 200°C
Acessórios	ponteiras – plástico PA 6.6, tubos – tipo cristal, Ø6 mm, 2 m

MONTAGEM

A montagem deverá ser feita numa zona isenta de vibrações, **com o corpo na vertical**, protegido dos raios solares e jactos de água directos.

Deverão ser observadas as instruções de montagem específicas das ponteiras que irão servir como tomadas de pressão tendo em atenção o objectivo a atingir.

PREÇOS - modelos com pressão diferencial máxima 10 kPa		
MODELO	GAMA (Pa)	DIF. FIXO (Pa)
930.80222534	20...300	10
930.84222534	30...400	15
930.83222534	50...500	20
930.85222534	200...1000	100
930.86222534	500...2500	150
930.87222534	1000...5000	250

LIGAÇÕES ELÉCTRICAS

1 - 3
Abre quando a pressão diferencial aumenta

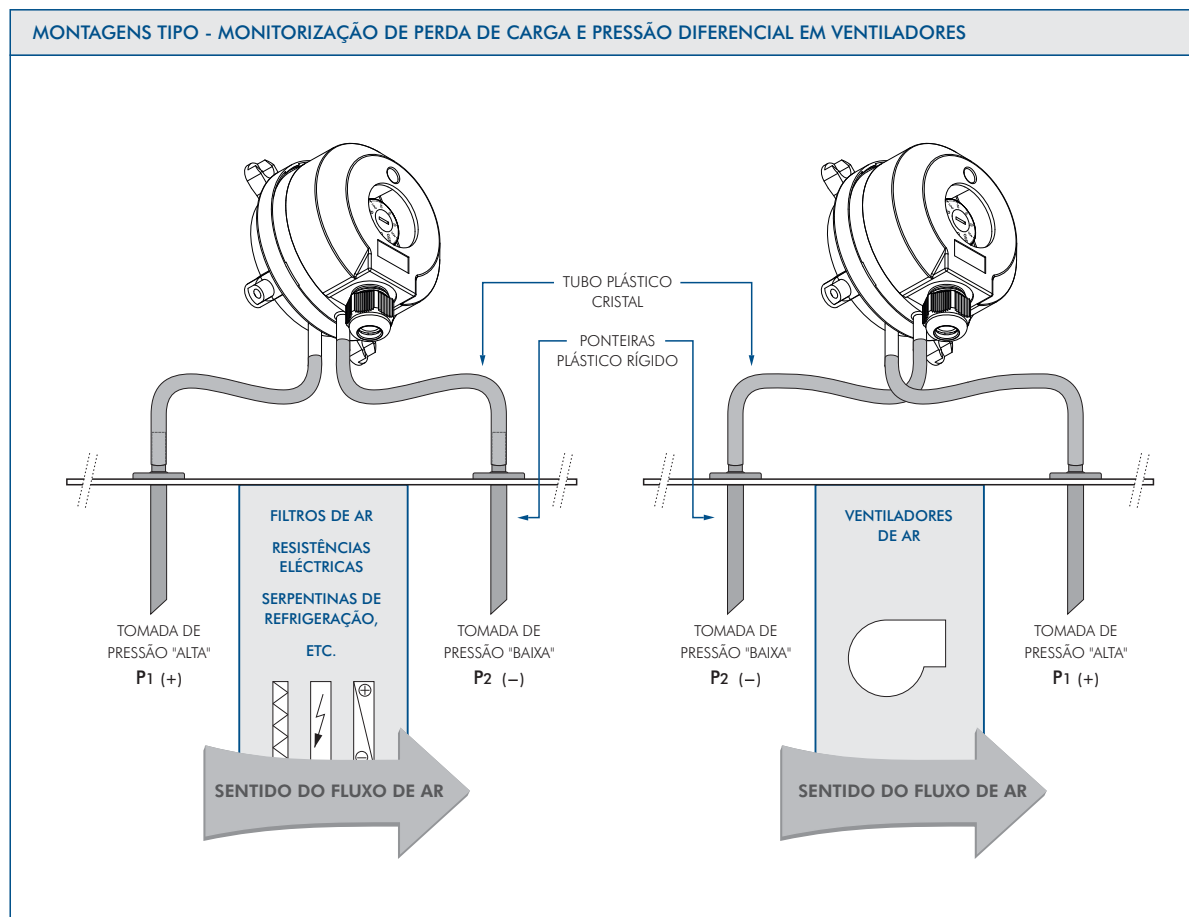
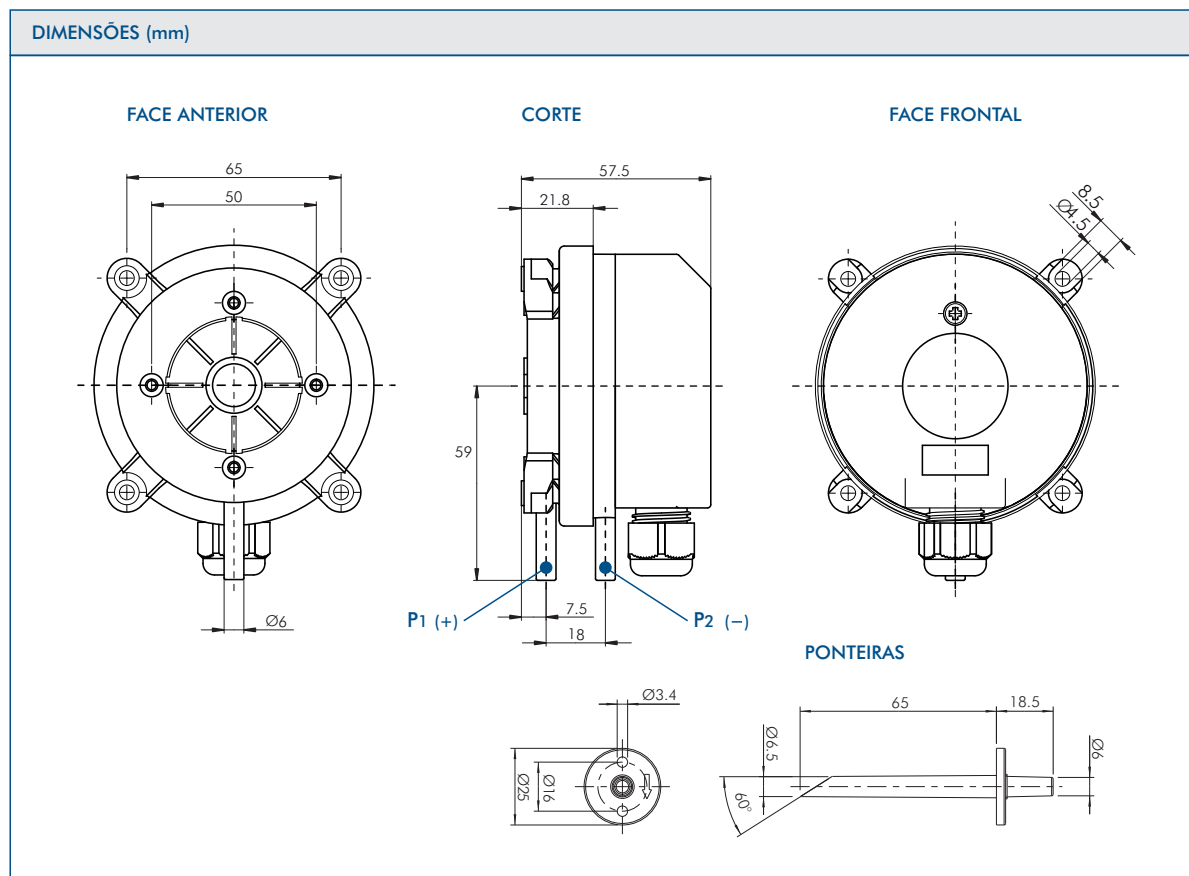
NOTA:
Não é necessário ligação à terra

IDENTIFICAÇÃO DAS TOMADAS DE PRESSÃO

TOMADAS DE PRESSÃO
P1 (+)
P2 (-)

ENTRADA DO CABO ELÉCTRICO M16





Série TVE REGULADOR DE CAUDAL DE AR GAMA DE VELOCIDADE DE 0,5 a 13 m/s

Princípio de medição: inovador (patente Trox)

APLICAÇÃO

- Regulador de caudal de ar com ampla gama de controlo da velocidade de ar: de 0,5 a 13 m/s.
- Fácil de dimensionar, instalar e colocar em serviço:
 - Sentido bidirecional; montagem em qualquer posição;
 - Não necessita de troços retos de conduta antes e/ou depois;
 - Ampla gama de regulação: 1:25
 - Não há tubos de medição de caudal de ar - menos obstruções; maior facilidade de limpeza interior.
- Controladores disponíveis:
 - Conceito Easy: caudal real instantâneo e sinal de controlo - sinal 0-10 VCC.
 - Digital (DDC): protocolo Modbus RTU
 - Opcional: indicador digital (caudal)
- Pode ser usado como registo de bloqueio estanque.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Gama de pressão diferencial de: 5 a 900 Pa
- Fácil ajuste e reajuste do caudal de ar da gama de controlo - sem recorrer a aparelhos de medição;
- Indicador digital de caudal de ar instantâneo (modelos específicos com indicador);
- Estanqueidade da caixa: classe C (EN 1751)
- Estanqueidade da lâmina:
 - DN 100 - 160 classe 3 (EN 1751)
 - DN 200 - 250 classe 4 (EN 1751)



TESTADO DE ACORDO COM VDI 6022



MEDIDOR DE PRESSÃO EFETIVA ATRAVÉS DA LÂMINA



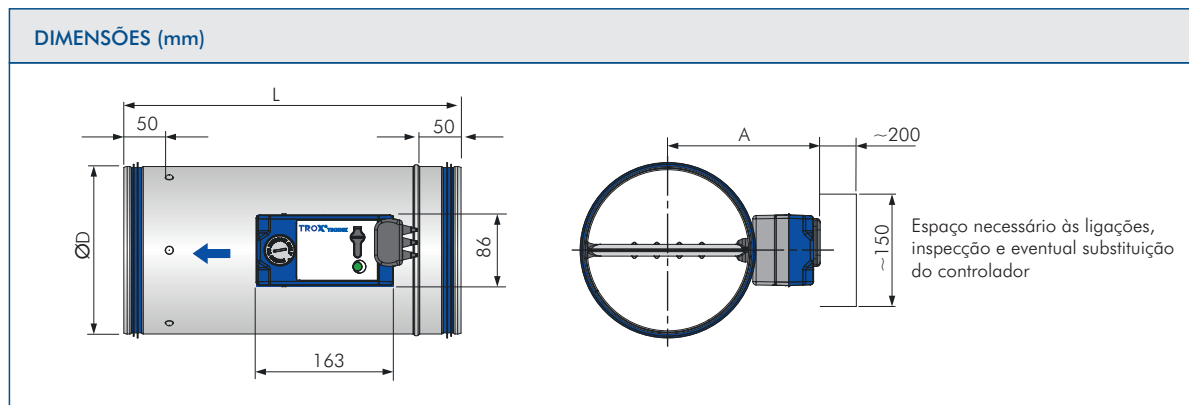
MATERIAIS - MODELO BASE

Caixa em chapa de aço galvanizado; lâmina basculante veio e chumaceiras em material plástico PA6, com comportamento ao fogo UL94: V-0; rebordo da lâmina em plástico TPU, resistente às microbactérias.

ALTERNATIVAS

- Caixa em chapa de aço galvanizado termolacado em cor RAL 7001 (cinzento)
- Caixa de aço inox 1.4301
- Com isolamento acústico exterior (execução: D)

Diâmetro Nominal (DN)	Gama de caudal (m³/h) <small>Tolerância do caudal real:10%</small>	Velocidade do ar na conduta (m/s)	Dimensões (mm)			Peso (Kg)
			ØD	L	A	
100	14 - 354	0,5 - 13	99	310	135	3,3
125	21 - 579	0,5 - 13	124	310	148	3,6
160	35 - 929	0,5 - 13	159	400	165	4,2
200	55 - 1513	0,5 - 13	199	400	185	5,1
250	87 - 2.293	0,5 - 13	249	400	210	6,1



SENSOR E TRANSMISSOR DE HUMIDADE RELATIVA E TEMPERATURA - CONDUTA

DESCRIÇÃO

Sensor e transmissor de temperatura e humidade relativa próprio para montagem em conduta de ar de instalação AVAC - conforto.

Caracteriza-se pela robustez, elevada precisão e repetibilidade - mesmo com esporádicas condensações.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PRINCIPAIS

Elementos de medida . . . Humidade relativa (Hr): filme dielétrico de elevada sensibilidade e estabilidade.
 Revestido, tanto na zona sensível à Hr, como nas soldaduras por película resistente a ambientes agressivos.
 Inclui um filtro protetor, em PTFE, contra contaminantes
 Temperatura (T): Pt 1000 classe B (EN 60751)

Gama de medida Hr: 10 a 90% Hr ; T: 0 a 50°C

Tolerância. Hr: +/- 3% Hr ; T: +/- 0,3°C

Sinal de saída Hr: 0 a 10 VCC ; T: 0 a 10 VCC

Alimentação 24 VCA/CC

Certificado CE Testado e aprovado seg. EN61326-1-2-3

CARACTERÍSTICAS PARTICULARES

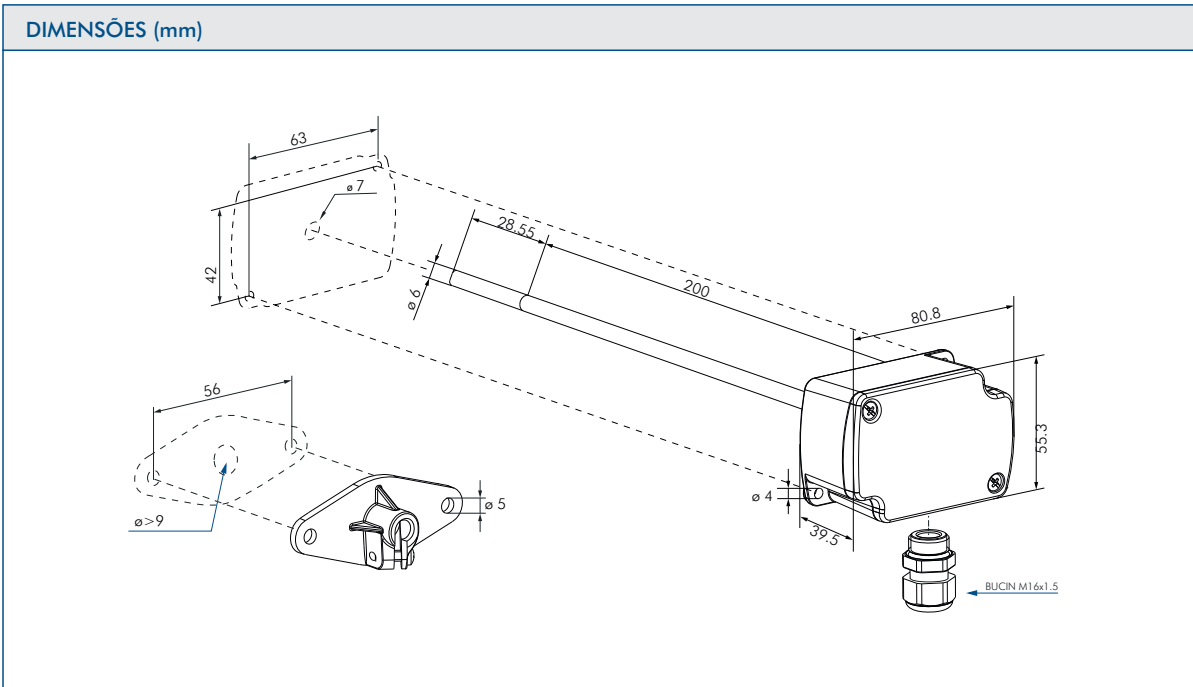
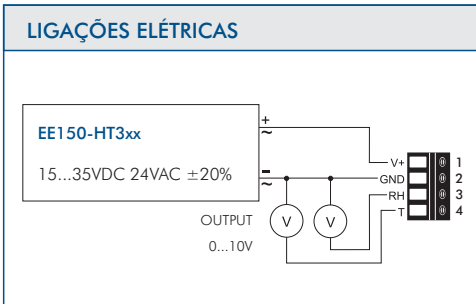
Caixa policarbonato

Haste aço inox (Ø 6mm; L=200 mm)

Grav de proteção IP65



MODELO
EE150 - M1A3



v2. FICHA_EEE_06_SP JUNHO.2018



Room Temperature Sensors

QAA24...27

with and without setpoint adjuster

Use

In heating, ventilating and air conditioning plants, especially where a high level of comfort is required.

Major field of application:
Acquisition and adjustment of room temperature.

Type summary

Type reference	Description
QAA24	Room temperature sensor
QAA25	Room temperature sensor with setpoint adjuster (setting range 5...35 °C)
QAA26	Room temperature sensor with setpoint adjuster (setting range 5...30 °C)
QAA27	Room temperature sensor with setpoint adjuster (setting range ± 3 K)

Ordering

When ordering, please give name and type reference, for example:
Room temperature sensor **QAA24**

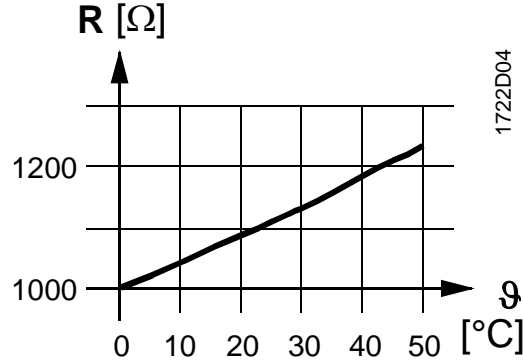
Function

The sensor acquires the air temperature via its sensing element whose resistance changes as a function of the temperature.
 The signal is delivered to a suitable controller for further handling.

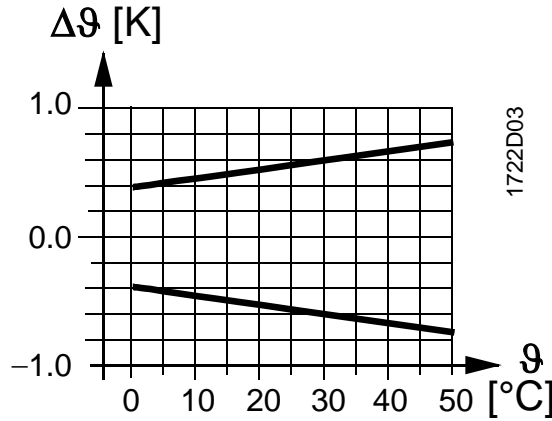
Sensing element

LG-Ni 1000

Characteristic:



Accuracy:



Legend

- R Resistance value in Ohm
- ϑ Temperature in degrees Celsius
- $\Delta\vartheta$ Temperature differential in Kelvin

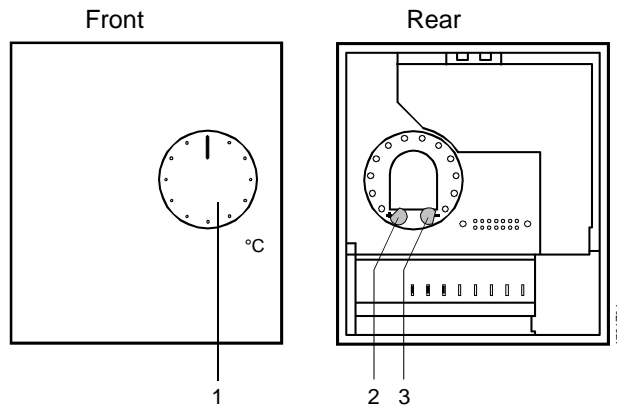
Mechanical design

The units have been designed for wall mounting. They are suitable for use with most commercially available recessed conduit boxes. The cables can be introduced from the rear (concealed wiring) or from below or above (surface-run wires) through knock-out openings.

The units consist of two major sections: Casing and baseplate. Both snap together but can be detached again. The casing accommodates the temperature sensing element and, depending on the type of unit, various setting and operating elements. The baseplate carries the connecting terminals.

Setting and operating elements

(only with QAA25, QAA26 and QAA27)



Legend

- 1 Setting knob for infinite setpoint adjustment
- 2 Pin for mechanical maximum limitation of setpoint setting range
- 3 Pin for mechanical minimum limitation of setpoint setting range

Disposal

The major plastic components bear the material references in compliance with ISO/DIS 11 469 to facilitate environment-friendly disposal.

Engineering notes

For the permissible lengths of lines and measured value errors, refer to «Basic System Data» of the respective control system.

Following applies to the following systems/devices:

- UNIGYR®/VISONIK®

When using the **QAA26**, both the temperature sensor and the setpoint setting unit must be connected to a measured value input (B...) of the measured value module (PTM1.2R1K).

Fitting and installation notes

Location

On an inner wall of the space to be heated or air conditioned. Not in recesses, shelves, not behind curtains, not opposite or near heat sources.

The unit must not be exposed to direct solar radiation.

The end of the conduit at the sensor must be sealed to prevent false measurements due to draughts through the conduit.

The permissible ambient conditions should be observed.

Installation instructions

Installation instructions are printed on the packing.

Disposal



The device is considered electrical and electronic equipment for disposal in terms of the applicable European Directive and may not be disposed of as domestic garbage.

- Dispose of the device via the channels provided for this purpose.
- Comply with all local and currently applicable laws and regulations.

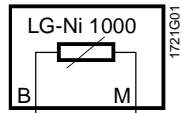
Technical data

Sensor	Range of use	0...50 °C		
	Sensing element	LG-Ni 1000		
	Time constant	7 min (depending on air movement and thermal coupling to the wall)		
	Max. permissible line lengths and measured value errors	refer to «Engineering notes»		
Setpoint setting knob		QAA25	QAA26	QAA27
	Setpoint setting range	5...35 °C	5...30 °C	±3 K
	Resistance range	95...685 Ω	1000...1195 Ω	1000...1175 Ω
	Resistance value at setpoint			0 K ≅ 1091 Ω
	10 °C	193,9 Ω	1039 Ω	
	20 °C	390,0 Ω	1118 Ω	
	25 °C	488,3 Ω	1157 Ω	
30 °C	586,7 Ω	1195 Ω		
General data				
Connection terminals	Connection terminals for cross-sectional areas of	2 x 1.5 mm ² or 1 x 2.5 mm ²		
Degree of protection	Protection degree of housing Protection class	IP30 according to EN 60529 III according to EN 60730		
Environmental conditions	Operation to	EN 60721-3-3		
	Climatic conditions	class 3K5		
	Temperature	0...50 °C		
	Humidity	0...95 % r. h. (noncondensing)		
	Mechanical conditions	Class 3M2		
	Transport to	EN 60721-3-2		
	Climatic conditions	class 2K3		
	Temperature	-25...+65 °C		
	Humidity	<95 % r. h.		
	Mechanical conditions	Class 2M2		
Directives and Standards	Product standard	EN 60730-1 Automatic electrical controls for household and similar use		
	EU Conformity (CE)	8000073890 *)		
Materials and colors	Housing front	ASA+PC, NCS S 0502-G (white)		
	Bottom section of housing	ASA+PC, NCS 2801-Y43R (grey)		
	Base	PC, NCS 2801-Y43R (grey)		
	Sensor (entirely)	Silicon-free		
Weight	With packaging	Approx. 0,1 kg		

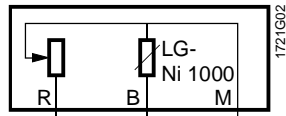
*) The documents can be downloaded from <http://siemens.com/bt/download>.

Internal diagram

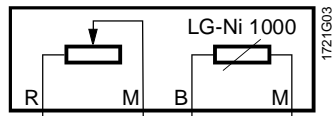
QAA24



QAA25, QAA26



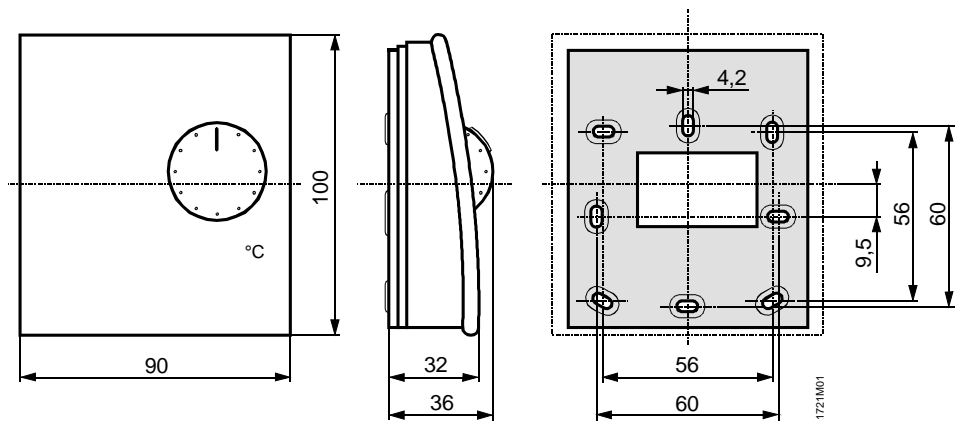
QAA27



Legend

B1 Room temperature measuring signal
M Measuring neutral
R Setpoint signal

Dimensions



Dimensions in mm

Published by:
Siemens Switzerland Ltd.
Building Technologies Division
International Headquarters
Gubelstrasse 22
6301 Zug
Switzerland
Tel. +41 58-724 24 24
www.siemens.com/buildingtechnologies

© Siemens Switzerland Ltd 2001
Delivery and technical specifications subject to change

▶ enteliBUS™

Controladores DDC Modulares



Vantagens para os utilizadores

- Design modular, facilmente expansível
- BACnet B-BC
- BACnet, versão 14
- AMEV 2011 ver. 1.2 AS-B
- Permite adicionar módulos de sinais E/S durante a operação
- Selectores manuais opcionais
- Montagem em calha DIN

Soluções para:

- AVAC
- Iluminação
- Contolo de acessos
- Integração BACnet (Router, BBMD)
- BACnet IP e BACnet MS/TP
- Modbus RTU
- M-Bus
- Enocan

enteliBUS Controladores Modulares

Os controladores modulares da gama enteliBUS são B-BC (BACnet Building Controller) certificados através do BTL (BACnet Testing Laboratory). Os controladores têm um design modular e podem ser equipados com vários módulos de E/S. Dada a sua flexibilidade, permitem o controlo e regulação de sistemas, desde as pequenas até grandes instalações. O enteliBUS suporta diferentes tipos de comunicação tais como: BACnet/IP, BACnet sobre Ethernet, BACnet MS/TP, Delta LINKnet, Modbus RTU, Enocan e M-Bus.

Os controladores modulares da gama enteliBUS cumprem com os requisitos para as três categorias de instalações previstas na legislação portuguesa (Cap10. da Portaria 349-D/2013) e norma EN15232.

Propriedades da gama enteliBUS

Modular: O enteliBUS é uma gama de controladores DDC modulares que permite a instalação de módulos de sinais (E/S) de acordo com as diferentes necessidades nas áreas de AVAC, iluminação, controlo de acessos, etc. O sistema oferece flexibilidade e escalabilidade, pelo que desta forma as necessidades de expansão futuras podem ser facilmente solucionadas. Os componentes modulares simplificam a manutenção e a continuidade de serviço.

Expansível: Os módulos de E/S podem ser seleccionados em função dos requisitos da instalação e acrescentados em qualquer fase da vida útil do sistema. O sistema enteliBUS é escalável, económico e ideal para uma ampla gama de aplicações, desde pequenas até grandes instalações com um elevado número de E/S (entradas/saídas).

Flexível: O sistema enteliBUS pode ser equipado com diferentes componentes oferecendo uma flexibilidade ilimitada. O sistema possui módulos que suportam todas as opções de entradas e saídas permitindo configurar a quantidade de entradas e saídas necessárias. Desta forma, possibilita a compra apenas dos módulos de E/S efectivamente necessários.

Design compacto: O sistema enteliBUS tem um design compacto e pode ser facilmente instalado em calha DIN ou em platine, permitindo economizar o espaço no quadro de GTC.



Módulos

eBX-04 / eBX-08

- slots de expansão eBX permitem até 4/8 módulos de E/S, permitindo até um máximo de 512 pontos com o controlador eBMGR ou 480 pontos com o eBCON

eBM-404 / eBM-404H

- 4 saídas analógicas
- 4 saídas TRIAC
- Interruptor manual opcional

eBM-440 / eBM-440M

- 4 entradas analógicas 0-10VDC
- 4 saídas analógicas 4-20mA
- Interruptor manual opcional

eBM-440I / eBM-440I-M

- 4 entradas analógicas 0-10VDC
- 4 saídas analógicas 4-20mA
- Interruptor manual opcional

eBM-800

- 8 saídas analógicas

eBM-D400R4 / eBM-D400R4-H

- 4 entradas digitais
- 4 saídas digitais a relé

eBM-D800

- 8 entradas digitais

eBM-R800-1K

- 8 Entradas resistivas Pt1000, Ni1000

► Módulos enteliBUS

Os slots de expansão eBX-04 e eBX-08 podem ser montados com qualquer estrutura de módulos de E/S, de forma a fornecer o número apropriado de entradas e saídas para satisfazer as necessidades da instalação. Os módulos podem ser montados e/ou substituídos com o controlador em funcionamento evitando-se assim interrupções no funcionamento da instalação.

Propriedades dos módulos de sinais do sistema enteliBUS

- 8 E/S (entradas/saídas) por módulo de sinal eBM
- Entradas: 0-5VDC, 0-10VDC, 4-20mA, 10k, PT1000, Ni1000 e contactos secos.
- Saídas: 0-10VDC, 4-20mA, 24VAC Triac – e24 VAC/DC saídas de relé.
- Opcional: Selectores de 3 posições para operação manual e ajuste de 0...100%
- LED de sinalização de estado azul para cada entrada analógica.
- LED tricolor para sinalização de estado das entradas, com jumper de selecção para entradas digitais do tipo NA, NF ou analógicas
- LED tricolor para sinalização de estado das saídas

Configuração dos módulos e Cores dos LEDs:

Jumper para selecção do tipo de saída digital:

- NF: Contacto normalmente aberto
- NA: Contacto normalmente fechado

Jumper para selecção da cor dos LEDs

- Cores disponíveis: Verde, Vermelho, azul, amarelo e preto
- Permite a alteração de cores para sinalização do estado de funcionamento ou avaria
- Nas saídas analógicas o nível de luminosidade varia de 0...100% dando indicação da percentagem de funcionamento da respectiva saída
- Cada LED sinaliza a respectiva E/S numerada (1 a 8)

Terminais: Fichas de ligação removíveis



Apêndice F

Difusores Insuflação

Difusor N.	Sala	Caudal[l/s]	Caudal [m3/h]	Difusor	Dimensões
1	Corredor Acesso	65	234	Diffuse Box PDC 3.6.0 TB	410*710
2	Airlock de Vestir	90	324	Diffuse Box PDC 4.4.0 TB	575*575
3	Airlock de Vestir	90	324	Diffuse Box PDC 4.4.0 TB	575*575
4	Airlock de Despir	55	198	Diffuse Box PDC 3.6.0 TB	410*710
5	Lab. Produção	145	522	Diffuse Box PDC 4.4.1 TB	575*575
6	Lab. Produção	145	522	Diffuse Box PDC 4.4.1 TB	575*575
7	Lab. Produção	145	522	Diffuse Box PDC 4.4.1 TB	575*575
8	Lab. Produção	145	522	Diffuse Box PDC 4.4.1 TB	575*575

Grelhas Extração

Difusor N.	Sala	Caudal[l/s]	Caudal [m3/h]	Difusor	Dimensões (l*h*e)
1	Corredor Acesso	80	288	Diffuse Box MCPF 3.3.0	410*410
2	Airlock de Vestir	40	144	Diffuse Box MCPF 3.3.0	410*410
3	Airlock de Despir	155	558	Diffuse Box MCPF 3.6.0	410*710
4	Lab. Produção	210	756	Diffuse Box MCPF 3.6.0	410*710
5	Lab. Produção	210	756	Diffuse Box MCPF 3.6.0	410*710

Registos de Caudal

Registo N.	Sala	Caudal [m3/h]	Gama de Caudal [m3/h]	Modelo	Diâmetro
1	Corredor Acesso	180	14-354	TROX - TVE	100
2	Airlock de Vestir	648	35-929	TROX - TVE	160
3	Airlock de Despir	198	14-354	TROX - TVE	100
4	Lab. Produção	1476	55-1513	TROX - TVE	200

Apêndice G

Air System Sizing Summary for UTAN

Project Name: 40246_TFM
Prepared by: ISEL

09-28-2019
11:25

Air System Information

Air System Name UTAN	Number of zones 4
Equipment Class SPLT AHU	Floor Area 41,0 m ²
Air System Type VAV	Location Lisbon, Portugal

Sizing Calculation Information

Calculation Months Jan to Dec	Zone L/s Sizing Peak zone sensible load
Sizing Data User-Modified	Space L/s Sizing Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load 24,0 kW	Load occurs at Aug 1600
Sensible coil load 14,0 kW	OA DB / WB 33,3 / 22,2 °C
Coil L/s at Aug 1600 773 L/s	Entering DB / WB 26,4 / 20,2 °C
Max block L/s 779 L/s	Leaving DB / WB 11,2 / 10,8 °C
Sum of peak zone L/s 880 L/s	Coil ADP 9,5 °C
Sensible heat ratio 0,583	Bypass Factor 0,100
m ² /kW 1,7	Resulting RH 50 %
W/m ² 586,5	Design supply temp. 13,5 °C
Water flow @ 5,0 °K rise N/A	Zone T-stat Check 3 of 4 OK
	Max zone temperature deviation 0,1 °K

Central Heating Coil Sizing Data

Max coil load 3,1 kW	Load occurs at Sep 0700
Coil L/s at Sep 0700 767 L/s	W/m ² 75,3
Max coil L/s 779 L/s	Ent. DB / Lvg DB 12,2 / 15,6 °C
Water flow @ 5,0 °K drop N/A	

Preheat Coil Sizing Data

Max coil load 2,0 kW	Load occurs at Des Htg
Coil L/s at Des Htg 767 L/s	Ent. DB / Lvg DB 17,8 / 20,0 °C
Max coil L/s 779 L/s	
Water flow @ 5,0 °K drop N/A	

Humidifier Sizing Data

Max steam flow at Mar 1700 12,44 kg/hr	Air mass flow 3268,74 kg/hr
Airflow Rate 767 L/s	Moisture gain ,00381 kg/kg

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s 779 L/s	Fan motor BHP 2,74 BHP
Standard L/s 768 L/s	Fan motor kW 2,18 kW
Actual max L/(s·m ²) 19,00 L/(s·m ²)	Fan static 1340 Pa

Return Fan Sizing Data

Actual max L/s 779 L/s	Fan motor BHP 3,07 BHP
Standard L/s 768 L/s	Fan motor kW 2,43 kW
Actual max L/(s·m ²) 19,00 L/(s·m ²)	Fan static 1500 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s 767 L/s	L/s/person 95,86 L/s/person
L/(s·m ²) 18,70 L/(s·m ²)	

Zone Sizing Summary for UTAN

Project Name: 40246_TFM
Prepared by: ISEL

09-28-2019
11:25

Air System Information

Air System Name **UTAN**
Equipment Class **SPLT AHU**
Air System Type **VAV**

Number of zones **4**
Floor Area **41,0** m²
Location **Lisbon, Portugal**

Sizing Calculation Information

Calculation Months **Jan to Dec**
Sizing Data **User-Modified**

Zone L/s Sizing **Peak zone sensible load**
Space L/s Sizing **Individual peak space loads**

Zone Sizing Data

Zone Name	Maximum Cooling Sensible (kW)	Design Airflow (L/s)	Minimum Airflow (L/s)	Time of Peak Load	Maximum Heating Load (kW)	Zone Floor Area (m ²)	Zone L/(s-m ²)
1 - Corredor de Acesso	0,7	65	50	Aug 1700	0,1	5,4	12,04
2 - Zona de Vestir	0,7	180	87	Aug 1700	0,2	5,6	32,14
3 - Zona de Despir	0,2	55	53	Aug 1500	0,1	3,4	16,18
4 - Laboratório de Prod.	5,4	580	577	Aug 1700	1,7	26,6	21,80

Zone Terminal Sizing Data

Zone Name	Reheat Coil Load (kW)	Reheat Coil Water L/s @ 5,0 °K	Zone Htg Coil Load (kW)	Zone Htg Water L/s @ 5,0 °K	Mixing Box Fan Airflow (L/s)
1 - Corredor de Acesso	0,0	-	0,0	-	0
2 - Zona de Vestir	1,0	-	0,0	-	0
3 - Zona de Despir	0,5	-	0,0	-	0
4 - Laboratório de Prod.	0,0	-	0,0	-	0

Space Loads and Airflows

Zone Name / Space Name	Mult.	Cooling Sensible (kW)	Time of Load	Air Flow (L/s)	Heating Load (kW)	Floor Area (m ²)	Space L/(s-m ²)
1 - Corredor de Acesso							
Corredor de Acesso	1	0,7	Aug 1700	65	0,1	5,4	12,04
2 - Zona de Vestir							
Zona de vestir	1	0,7	Aug 1700	180	0,2	5,6	32,14
3 - Zona de Despir							
Zona de despir	1	0,2	Aug 1500	55	0,1	3,4	16,18
4 - Laboratório de Prod.							
Laboratório de Produção	1	5,4	Aug 1700	580	1,7	26,6	21,80

System Psychrometrics for UTAN

Project Name: 40246_TFM
Prepared by: ISEL

09-28-2019
11:25

August DESIGN COOLING DAY, 1600

TABLE 1: SYSTEM DATA

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	33,3	0,01246	767	400	2087	9641
Ventilation Reclaim	Outlet	26,4	0,01246	767	400	6261	0
Vent - Return Mixing	Outlet	26,4	0,01243	773	400	-	-
Preheat Coil	Outlet	26,4	0,01243	773	400	0	-
Central Cooling Coil	Outlet	11,2	0,00797	773	400	14024	10022
Central Heating Coil	Outlet	11,2	0,00797	773	400	0	-
Supply Fan	Outlet	13,5	0,00797	773	400	2138	-
Humidifier	Outlet	13,5	0,00797	773	400	-	0
Cold Supply Duct	Outlet	13,5	0,00797	773	400	-	-
Zone Air	-	21,5	0,00814	773	451	7177	381
Return Plenum	Outlet	21,5	0,00814	773	451	0	-
Return Fan	Outlet	24,1	0,00814	773	451	2393	-

Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1,207; At site altitude = 1,190 W/(L/s-K)

Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947,6; At site altitude = 2904,9 W/(L/s)

Site Altitude = 122,8 m

TABLE 2: ZONE DATA

Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)
1 - Corredor de Acesso	611	Cooling	605	23,0	53	651	0	0
2 - Zona de Vestir	662	Heating	720	20,5	87	419	5	0
3 - Zona de Despir	175	Heating	204	20,3	53	428	223	0
4 - Laboratório de Prod.	5282	Cooling	5648	21,7	580	440	0	0

System Psychrometrics for UTAN

Project Name: 40246_TFM
Prepared by: ISEL

09-28-2019
11:25

WINTER DESIGN HEATING

TABLE 1: SYSTEM DATA

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	3,2	0,00460	767	400	-4432	-1242
Ventilation Reclaim	Outlet	17,8	0,00460	767	400	-13295	0
Vent - Return Mixing	Outlet	17,8	0,00460	767	400	-	-
Preheat Coil	Outlet	20,0	0,00460	767	400	2032	-
Central Cooling Coil	Outlet	20,0	0,00460	767	400	0	0
Central Heating Coil	Outlet	20,0	0,00460	767	400	0	-
Supply Fan	Outlet	22,3	0,00460	767	400	2097	-
Humidifier	Outlet	22,3	0,00516	767	400	-	1242
Cold Supply Duct	Outlet	22,3	0,00516	767	400	-	-
Zone Air	-	20,1	0,00516	767	400	-2101	0
Return Plenum	Outlet	20,1	0,00516	767	400	0	-
Return Fan	Outlet	22,6	0,00516	767	400	2347	-

Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1,207; At site altitude = 1,190 W/(L/s-K)

Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947,6; At site altitude = 2904,9 W/(L/s)

Site Altitude = 122,8 m

TABLE 2: ZONE DATA

Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)
1 - Corredor de Acesso	-135	Deadband	-142	19,9	50	400	0	0
2 - Zona de Vestir	-247	Heating	-247	20,5	87	400	58	0
3 - Zona de Despir	-68	Deadband	-72	21,2	53	400	0	0
4 - Laboratório de Prod.	-1707	Deadband	-1640	19,9	577	400	0	0

Location: Lisbon, Portugal
Altitude: 122,8 m.
Data for: August DESIGN COOLING DAY, 1600

