



**ISEL**

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Mecânica**



## **Relatório Final de Estágio no Gabinete de Engenharia Termodinâmica ACET**

**JOÃO DA CRUZ PIRES**  
Licenciado em Engenharia Mecânica

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica  
com especialização em Energia, Climatização e Refrigeração

Orientador:

Professor Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

Presidente:

Prof. Doutor Rui Pedro Chedas de Sampaio

Vogal:

Professor Especialista Francisco Manuel Fernandes Severo

**Dezembro de 2014**





**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Mecânica**

## **Relatório Final de Estágio no Gabinete de Engenharia Termodinâmica ACET**

**JOÃO DA CRUZ PIRES**  
Licenciado em Engenharia Mecânica

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica  
com especialização em Energia, Climatização e Refrigeração

Orientador:

Professor Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

Presidente:

Prof. Doutor Rui Pedro Chedas de Sampaio

Vogal:

Professor Especialista Francisco Manuel Fernandes Severo

**Dezembro de 2014**



## **Agradecimentos**

Agradeço a toda a minha família, em especial aos meus pais (**Orlando e Fernanda Pires**), à minha namorada (**Inês Cabral**), à minha irmã (**Ana Pires**), ao meu cunhado (**Mário Relvas**) e aos pais da minha namorada (**Luis e Paula Cabral**), por toda a paciência e dedicação que tiveram comigo durante este estágio, nunca me negando ajuda ou apoio.

Agradeço também ao Eng.º João Cardoso por ter aceitado o meu estágio profissional na sua empresa. Com ele, juntamente com todos os meus colegas da empresa ACET a quem deixo desde já os meus agradecimentos, pela colaboração e amizade que me têm dispensado, consegui crescer como profissional da engenharia, desafiando os meus conhecimentos e pondo em prática a minha formação.

**NOTA:** O presente documento não se encontra em conformidade com o novo acordo ortográfico ratificado desde 2008.



## **Resumo**

O presente documento tem como objectivo apresentar os projectos desenvolvidos durante o Estágio Profissional num Gabinete de Engenharia – ACET – na componente de climatização.

Numa fase inicial são abordadas as competências teóricas e técnicas trabalhadas durante o estágio, desde os conceitos de projecto aos conceitos de aeráulica e hidráulica.

No final do documento são abordados os projectos realizados, explicando no que consiste o projecto, qual ou quais as soluções desenvolvidas e qual o envolvimento deste estagiário em cada um dos projectos.



## **Abstract**

This document serves the purpose to present all the projects done during the Internship in an Engineering Office – ACET – in the area of HVAC: Heating, Ventilation and Air Conditioning.

The first part is all about the theoretical and technical skills developed during the internship, like design concept, air concepts and hydraulic concepts. Here is explained all the principles to dimensioning the equipments and to dimensioning the means of distribution of fluids like air, water, steam, industrial fluids, etc.

After those chapters, the author writes about all the projects he was involved, explaining what each project was about, what solution or solutions were taken and what was his role and his activities in that project.



# Índice

1.	Introdução .....	1
2.	Conceitos de projecto.....	3
2.1	Fases do projecto.....	3
2.2	Conforto térmico .....	4
2.3	Qualidade do ar interior.....	6
2.3.1	Exigência baixa.....	6
2.3.2	Exigência média.....	9
2.3.3	Exigência alta.....	10
2.4	Especificações do cliente (lista de salas).....	15
2.5	Classificação dos sistemas de AVAC .....	16
2.5.1	Sistemas centralizados .....	16
2.5.2	Sistemas dedicados .....	18
3.	Conceitos aerúlicos .....	19
3.1	Dimensionamento de equipamentos mecânicos gerais .....	19
3.1.1	Unidades de tratamento de ar.....	19
3.1.2	Ventiladores .....	20
3.2	Dimensionamento de redes de condutas de ar.....	20
3.2.1	Método de redução de velocidade.....	23
3.2.2	Método da perda de carga constante .....	23
3.2.3	Método da recuperação estática .....	24
3.3	Dimensionamento de equipamentos terminais de difusão .....	26
4.	Conceitos hidráulicos.....	31
4.1	Dimensionamento de equipamentos mecânicos gerais .....	32
4.1.1	Unidades produtoras de água arrefecida/aquecida.....	32
4.1.2	Bombas circuladoras.....	33
4.1.3	Equipamentos de climatização.....	36
4.2	Dimensionamento de redes de tubagem de água.....	37
4.3	Dimensionamento de depósitos de inércia .....	38
4.4	Dimensionamento de vasos de expansão .....	39
4.5	Dimensionamento de redes de ar comprimido .....	42
4.5.1	Arrefecedores .....	44
4.5.2	Secadores de ar .....	45
4.5.3	Elementos filtrantes .....	49
4.5.4	Tubagem de ar comprimido .....	53
4.6	Dimensionamento de redes de vapor e condensados .....	56
4.6.1	Tubagem de vapor.....	57
4.6.2	Tubagem de condensados .....	60
4.6.3	Equipamentos para a captação e remoção de condensados.....	61
4.6.4	Equipamentos de redução de pressão.....	63
4.6.5	Juntas de dilatação .....	64
4.7	Dimensionamento de redes de tubagem de gases fármacos.....	66
5.	Projectos elaborados .....	69
5.1	Setúbal, PORTUCEL – Preparação dos serviços administrativos .....	69
5.2	Odivelas, LUSOMEDICAMENTA 2 – Correção dos fluxos laminares.....	71
5.3	Loures, HOVIONE – Projecto do edifício B15A.....	75
5.4	Fogueteiro, RIO SUL SHOPPING – Remodelação da loja ZARA .....	79

5.5	Lisboa – Edifício na rua Saraiva de Carvalho .....	82
5.6	Sintra, ESSILOR – Sala de produção.....	87
5.7	Angola, TPF – Projecto do novo centro tecnológico .....	92
6.	Conclusões .....	97
	Bibliografia .....	99
	ANEXOS.....	101
	Anexo A - Setúbal, PORTUCEL (diagrama tipo dos sistemas) .....	103
	Anexo B - Odivelas, LUSOMEDICAMENTA (diagrama do sistema CL.08).....	107
	Anexo C - Loures, HOVIONE (diagrama do sistema AHU.01) .....	111
	Anexo D - Loures, HOVIONE (diagrama do sistema AHU.02) .....	115
	Anexo E - Loures, HOVIONE (diagrama do sistema AHU.03) .....	119
	Anexo F - Loures, HOVIONE (diagrama do sistema AHU.1510/1511).....	123
	Anexo G - Loures, HOVIONE (diagrama do sistema de ventilação da área técnica P4 e P5) .....	127
	Anexo H - Fogueteiro, Rio Sul Shopping (diagrama de princípio) .....	131
	Anexo I - Fogueteiro, Rio Sul Shopping (implantação de equipamento).....	135
	Anexo J - Lisboa, Ed. Rua Saraiva de Carvalho (diagrama de princípio) .....	139
	Anexo K - Sintra, ESSILOR (diagrama da sala Tradicional).....	143
	Anexo L - Sintra, ESSILOR (diagrama da sala Coloração) .....	147
	Anexo M - Angola, TPF (diagrama da Rooftop).....	151
	Anexo N - Angola, TPF (diagrama do VRF) .....	155
	Anexo O - Angola, TPF (diagrama do ar comprimido).....	159
	Anexo P - Angola, TPF (diagrama dos gases industriais) .....	163
	Anexo Q - Angola, TPF (diagrama do vapor industrial) .....	167

## Índice de Figuras

Figura 1 - Relação entre temperatura e humidade de conforto. ....	5
Figura 2 – Esquema de um sistema CAV.....	17
Figura 3 – Esquema de um sistema VAV. ....	17
Figura 4 - Ábaco de perda de carga nas condutas - aço galvanizado. ....	22
Figura 5 – Relação entre o comprimento equivalente da conduta e o caudal. ....	25
Figura 6 – Ábaco do método de recuperação estática. ....	25
Figura 7 – Temperaturas e concentração de CO <sub>2</sub> em função do tipo de difusão.....	27
Figura 8 – Aplicações típicas para insuflação. ....	28
Figura 9 – Tabela dos comprimentos equivalentes em ferro galvanizado. ....	35
Figura 10 – Ábaco de selecção de tubo ferro preto (aço carbono).....	37
Figura 11 – Ábaco de selecção de tubo de cobre. ....	38
Figura 12 – Ábaco de selecção de tubo de plástico.....	38
Figura 13 – Arrefecedor a água.....	44
Figura 14 – Arrefecedor a ar. ....	44
Figura 15 – Esquema de diferenciação dos secadores. ....	45
Figura 16 – Factores de correcção para a temperatura ambiente e pressão de serviço – ISO 7183. .....	47
Figura 17 – Esquema de um reservatório para um secador de absorção.....	48
Figura 18 – Esquema de um secador de adsorção com auto-regeneração. ....	49
Figura 19 – Filtração da água num separador. ....	50
Figura 20 – Filtros de separação por superfície (filtração de fora para dentro). ....	51
Figura 21 – Filtros de separação por superfície (filtração de dentro para fora). ....	52
Figura 22 – Rede de ar comprimido em anel fechado.....	53
Figura 23 – Ábaco de dimensionamento do diâmetro da tubagem de ar comprimido. ....	54
Figura 24 – Exemplo de valores de comprimento equivalente para as perdas de carga localizadas. ....	56
Figura 25 – Diâmetro da tubagem em função do caudal, da pressão e da velocidade de vapor. 58	
Figura 26 – Linha de vapor dividida para obtenção da inclinação de 0,5%.....	59
Figura 27 – Quantidade de vapor flash em função da pressão de vapor e do condensado.....	60
Figura 28 – Diâmetro da tubagem de condensados para escoamentos em tubos de aço.....	61
Figura 29 – Separador de condensado.....	62
Figura 30 – Estação de redução de pressão.....	63
Figura 31 – Junta deslizante.....	64
Figura 32 – Junta de fole.....	65
Figura 33 – Distâncias das guias na tubagem de vapor.....	65
Figura 34 – Planta da zona servida pela UTA.CL.08.....	72
Figura 35 – Planta da loja 1.040 do centro comercial Rio Sul.....	80



## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devido à ocupação (SCE)...	6
Tabela 2 - Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida à actividade do edifício (SCE).....	7
Tabela 3 - Caudal mínimo de ar novo para a percentagem de insatisfeitos (EN 15251/2008). ....	7
Tabela 4 - Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente do edifício (EN 15251/2008). ....	8
Tabela 5 - Valores de eficácia de ventilação (EN 13779/2007).....	8
Tabela 6 - Valores a adoptar do caderno da DGIES – Bloco Operatório (Salas de Operações)..	9
Tabela 7 - Valores a adoptar do caderno da DGIES – Unidade de Cuidados Intensivos (Isolamento). ....	9
Tabela 8 - Valores a adoptar do caderno da DGIES – Imagiologia (Sala de Exames Invasivos). 9	
Tabela 9 - Máximo de partículas por metro cúbico para a FED STD 209E e ISSO 14644-1.....	10
Tabela 10 - Máximo de partículas por metro cúbico para a GMP EU. ....	11
Tabela 11 - Classes de filtração segundo a norma EN 1822/2009 (eficiências para partículas ≥ 0,3 micron). ....	11
Tabela 12 - Pressupostos de cálculo para qualidade de ar.....	14
Tabela 13 - Valores máximos de velocidade para o método de redução de velocidade. ....	23
Tabela 14 - Coeficiente K para acessórios roscados. ....	36
Tabela 15 - Valores do coeficiente de expansão “e” da água.....	41
Tabela 16 - Classe de partículas sólidas.....	43
Tabela 17 - Classe de água condensada. ....	43
Tabela 18 - Classe do conteúdo total de óleo.....	43
Tabela 19 - Espaçamento entre guias e entre guias e juntas de dilatação. ....	66



# 1. Introdução

O presente documento tem por objectivo descrever as actividades desenvolvidas durante o estágio profissional num gabinete de engenharia na componente de climatização.

Este estágio decorreu no gabinete ACET, Antero Cardoso Engenharia Termodinâmica que tem como actividade principal a elaboração de projectos e consultoria na área do AVAC e fluidos industriais, centrando-se em particular na área da indústria farmacêutica e hospitalar.

Os objectivos propostos para a elaboração do estágio foram:

- Consultoria de projecto;
- Elaboração de Cálculos de Engenharia;
- Análise de Soluções e Conceitos de Projecto;
- Elaboração de Projectos e sua Implicação num Gabinete de Engenharia;
- Acompanhamento de Montagem de Instalações e Ensaios de Desempenho.

Dentro das três escolhas possíveis para conclusão do curso – tese, projecto ou estágio profissional – dei preferência ao estágio, uma vez que sinto que este último seria a melhor forma para consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo de toda a formação académica, colocando-os em prática no dia-a-dia e em situações reais.

Assim, ao longo de 10 meses foi possível acompanhar projectos desde a fase inicial de conceito até à fase de entrega ao cliente final, passando por todos os passos intermédios como a elaboração dos documentos necessários para a criação de um projecto, cálculos e dimensionamento dos equipamentos projectados, análise económica e técnica de propostas de execução, acompanhamento de obra e verificação e ensaios de todo o projecto instalado.

Este documento começa por introduzir os conceitos e teoremas básicos que foram utilizados ao longo do estágio, abordando de uma forma clara e sucinta os diversos modos que existem para o fazer e como é feito no gabinete ACET.

Assim, para clarificar os conceitos, estes foram em três grupos:

- Conceitos de Projecto;
- Conceitos Aeráulicos;
- Conceitos Hidráulicos.

Dentro de cada grupo são explicadas as áreas trabalhadas e a forma de dimensionamento dos equipamentos e instalações dessas áreas.

Após as explicações dos conceitos teóricos, é feita uma lista dos projectos onde participei. Nesta lista explico no que consiste cada projecto, qual a solução trabalhada e qual a minha participação na sua elaboração.

## **2. Conceitos de projecto**

### **2.1 Fases do projecto**

Para que as instalações cumpram com a finalidade a que foram projectadas, é necessário que toda a documentação esteja organizada de acordo com o desenvolvimento do projecto. Assim, através da portaria n.º 701-H/2008, o projecto deverá ser desenvolvido de acordo com as seguintes fases de projecto, podendo, algumas delas, ser dispensadas de apresentação formal, por especificação do caderno de encargos ou de acordo com o dono de obra:

- Projecto Base ou Proposta – Documento elaborado pelo projectista a partir do programa preliminar ou caderno de encargos, expondo a viabilidade da obra bem como uma primeira explicação das várias soluções propostas e custo das mesmas;
- Estudo Prévio – Documento elaborado pelo projectista após a aprovação da proposta por parte do dono de obra, visando a solução que melhor se adapta à programação do caderno de encargos;
- Anteprojecto – Documento elaborado pelo projectista que desenvolve o estudo prévio de modo a assentar em definitivo as bases a que deve obedecer o projecto de execução;
- Projecto de Execução – Documento elaborado pelo projectista a partir do estudo prévio ou do anteprojecto, destinado ao esclarecimento de todos os elementos necessários à definição rigorosa dos trabalhos a executar.

Definidas as fases assentes em portaria nacional, a ACET completa-as adicionando mais três. Neste caso, e devido ao trabalho desenvolvido neste gabinete de engenharia, as fases escritas a acrescentar serão:

- Licenciamento – Documento elaborado pelo projectista que engloba todos os requisitos, normas ou exigências necessárias à legalização da obra ou de uma especialidade;
- Telas Finais – Conjunto final de peças desenhadas do projecto que englobam tanto o conceito inicial de projecto como as alterações e ou rectificações feitas ao longo do mesmo, traduzindo desta forma o que na realidade foi executado.

- A colaboração activa com o instalador e o dono de obra na interpretação das peças escritas e desenhadas, apesar de não ser um documento escrito, é uma actividade técnica importante que deve ser desenvolvida por um ou vários técnicos que estiveram envolvidos no projecto e por isso é também dada uma designação. Neste caso será a fase de obra e apoio à execução.

## **2.2 Conforto térmico**

A principal função de um projecto de AVAC é proporcionar ao ser humano conforto térmico. Entenda-se por conforto térmico como “estado da mente que expressa satisfação com as condições térmicas envolventes” (ASHRAE Standard 55).

Apesar da expressão “satisfação” ser bastante genérica e variável de pessoa para pessoa, sabe-se que a tolerância do corpo humano irá variar entre valores próximos para cada individuo.

### Temperatura

Temperaturas na pele acima de 45°C ou abaixo de 18°C causam sensações de desconforto humano.

Para um trabalho sedentário, a temperatura da pele associada a conforto térmico encontra-se entre os 33 e os 34°C e diminui com o aumento da actividade. Em contraste, a temperatura interna do corpo aumenta com o aumento da actividade.

A temperatura de regulação do cérebro para quando o ser humano está parado é de 36,8°C e aumenta para 37,4°C quando andamos e 37,9°C quando corremos. Uma temperatura interna do corpo inferior a 28°C pode levar a problemas cardiorrespiratórios e uma temperatura interna acima dos 46°C pode causar danos irreversíveis no cérebro.

### Humidade

No caso da humidade é mais difícil definir valores máximos e mínimos uma vez que a tolerância do corpo humano é maior.

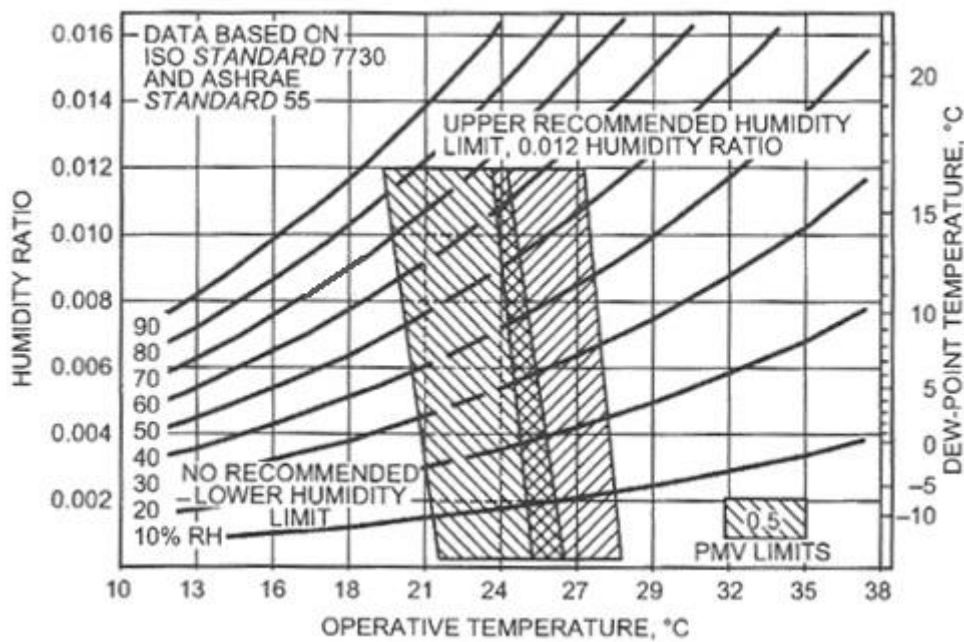
Humidades baixas levam a secagem da pele e zonas mucosas, podendo provocar desconforto a nível do nariz, garganta e/ou olhos quando o ponto de orvalho é inferior a 0°C. Desta forma, a ASHRAE standard 55 estabelece que o ponto de orvalho não deverá ser inferior a 2°C.

Por outro lado, demasiada humidade em contacto com a pele provoca também desconforto principalmente devido à difusão de água e à transpiração. Para humidades

elevadas, a fricção criada entre a pele e a roupa vestida criam mal-estar, provocando desconforto térmico, factor que nada tem a ver com a elevada temperatura que poderá estar associada.

Para poder prevenir também este factor, a mesma norma da ASHRAE define que a humidade específica não deve ser superior a  $0,012 \text{ kg}_{\text{Vapor}}/\text{kg}_{\text{Ar Seco}}$ , o que corresponde a um ponto de orvalho de  $16,8^{\circ}\text{C}$  a condições de pressão standard.

A figura 1 mostra a zona de relação entre temperatura e humidade onde deveremos trabalhar num projecto de AVAC.



**Figura 1** - Relação entre temperatura e humidade de conforto<sup>1</sup>.

Reunidas todas as informações acima descritas, podemos afirmar que as condições de conforto do ar interior capazes de agradar a cerca de 80% dos utilizadores do espaço serão:

- Temperatura Seca do Ar: entre 20 a  $26^{\circ}\text{C}$ ;
- Humidade Relativa: entre 30 e 60%.

---

<sup>1</sup> Figura retirada do ponto 1 da Bibliografia.

## 2.3 Qualidade do ar interior

Para a qualidade do ar interior, derivado à natureza dos projectos desenvolvidos neste gabinete de engenharia, é possível classifica-la em três exigências diferentes:

- Exigência Baixa – Tipologia de cálculo da qualidade do ar interior utilizada em projectos de habitação, hotelaria e indústria “bruta”;
- Exigência Média – Tipologia de cálculo de qualidade do ar utilizada em projectos de hospitais, clinicas e centros médicos;
- Exigência Alta – Tipologia de cálculo de qualidade do ar utilizada em projectos de laboratórios, farmacêuticas ou salas brancas.

### 2.3.1 Exigência baixa

Neste tipo de qualidade de ar interior, o cálculo que é efectuado é uma comparação de dois critérios de ar novo estipulados por duas normas; Decreto-lei 118/2013 (Português) e EN 15251/2008 (Europeia).

No caso da norma portuguesa, o caudal de ar novo é escolhido através de dois critérios, o primeiro em função da carga poluente devido à ocupação e o segundo em função da carga poluente devido à actividade do edifício. Nas tabelas 1 e 2 são indicados os valores para cada critério da norma Portuguesa.

**Tabela 1** - Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devido à ocupação (SCE).

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

**Tabela 2** - Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida à actividade do edifício (SCE).

<b>Tipo</b>	<b>Situação do edifício</b>	<b>Exemplos de tipos de espaços</b>	<b>Caudal de ar novo (m<sup>3</sup>/hora/m<sup>2</sup>)</b>
<b>1</b>	Predominância de Materiais de Baixa Emissão	-	2
<b>2</b>	Sem actividade de emissão de poluentes específicos	-	3
<b>3</b>	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
<b>4</b>	Piscinas	A área de referência para este caso é a área do plano de água	20

Para a norma europeia os critérios de selecção de ar novo são um pouco diferentes. Um dos aspectos de interesse é a quantidade máxima de pessoas insatisfeitas com a qualidade do ar no interior do edifício ou fracção. O outro factor será, tal como na norma portuguesa, o caudal de ar novo em função da carga poluente do edifício mas, desta vez será influenciado pela escolha do critério anterior.

Os valores a considerar encontram-se nas tabelas a seguir.

**Tabela 3** - Caudal mínimo de ar novo para a percentagem de insatisfeitos (EN 15251/2008).

<b>Categoria</b>	<b>Percentagem de Insatisfeitos (%)</b>	<b>Caudal de ar novo (l/s/pessoa)</b>
<b>1</b>	15	10
<b>2</b>	20	7
<b>3</b>	30	4
<b>4</b>	>30	<4

**Tabela 4** - Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente do edifício (EN 15251/2008).

Categoria	Emissões do Edifício		
	Muito Baixas	Baixas	Médias
	Caudal de Ar novo por m <sup>2</sup> (l/s/m <sup>2</sup> )		
1	0,5	1	2
2	0,35	0,7	1,4
3	0,3	0,4	0,8

No caso da norma europeia, em vez de se aproveitar o valor mais elevado, são somados os valores obtidos das tabelas 3 e 4, passando este a ser comparado com o da norma portuguesa.

Posto isto é escolhido o valor mais exigente de ar novo e é utilizado como critério mínimo de ar novo.

Escolhido o caudal de ar, é ainda necessário aplicar o coeficiente que traduz a eficácia da ventilação do sistema. Apesar da norma portuguesa apresentar uma tabela de eficácia de ventilação dependente do tipo de insuflação e extracção que se faça, ela permite que em alternativa aos valores propostos se possa utilizar os valores da norma europeia EN 13779/2007. Como estes valores de eficácia podem ser aplicados tanto à EN 15251/2008 como ao DL n.º 118/2013, são estes que utilizamos. Os valores de eficácia em causa são:

**Tabela 5** - Valores de eficácia de ventilação (EN 13779/2007).

Difusão de Ar	Insuflação de Ar Frio		Insuflação de Ar Quente		
	Velocidade de Saída (m/s)	Eficácia da Ventilação	$\Delta T$ entre Insuflação e Sala (°C)	Insuflação Nível Baixo	Insuflação Nível Alto
Insuflação Horizontal	> 1,5	0,9 – 1,1	< 10	0,8 – 1	Não Aconselhado
	< 0,5	0,7 – 0,9	> 15	0,4 – 0,8	Não Aconselhado
Insuflação Vertical	-	0,9 – 1,1	< 10	0,6 – 0,8	0,8 – 1,0
			> 15	0,4 – 0,8	
Deslocamento Térmico (Displacement)		1,0 – 2,0	-	0,2 – 0,7	Não Aconselhado

Estipulados todos estes parâmetros, ficamos com o valor final de ar novo mínimo a ser aplicado em cada local.

### 2.3.2 Exigência média

Neste tipo de projectos a comparação é feita na mesma com as duas normas acima referidas mas são introduzidas ainda as exigências de ar novo, renovações por hora e/ou recirculações por hora definidas pela ACSS (Administração Central do Sistema de Saúde) no caderno da DGIES (Direcção Geral das Instalações e Equipamentos de Saúde).

À semelhança do método anterior, deverão ser feitos os cálculos para as três normas e escolhido o valor de maior exigência. A este valor é novamente aplicado o coeficiente de eficácia de ventilação.

A título de exemplo, seguem três tipos de salas expressas no caderno da DGIES.

**Tabela 6** - Valores a adoptar do caderno da DGIES – Bloco Operatório (Salas de Operações).

Parâmetro	Valores
Caudal de Ar Mínimo	20 recirculações/hora
Permite Recirculação?	Sim
Caudal de Ar Novo	100 m <sup>3</sup> /h/pessoa (600 m <sup>3</sup> /h ou 5 renovações/hora)

**Tabela 7** - Valores a adoptar do caderno da DGIES – Unidade de Cuidados Intensivos (Isolamento).

Parâmetro	Valores
Caudal de Ar Mínimo	Caudal de Ar Novo
Permite Recirculação?	Não
Caudal de Ar Novo	10 renovações/hora

**Tabela 8** - Valores a adoptar do caderno da DGIES – Imagiologia (Sala de Exames Invasivos).

Parâmetro	Valores
Caudal de Ar Mínimo	Caudal de Ar Novo
Permite Recirculação?	Sim
Caudal de Ar Novo	100 m <sup>3</sup> /h/pessoa

Como se conclui da leitura das tabelas acima, os valores poderão ser bastante diferentes e exigentes e por isso a importância de os comparar com as duas normas da exigência baixa.

### 2.3.3 Exigência alta

Para esta qualidade de ar interior, não é tão preocupante a quantidade de ar novo introduzido mas sim a quantidade e qualidade das partículas existentes no ar insuflado e no ar no interior da sala.

Neste tipo de projectos, o mais importante é assegurar a classificação das salas que poderá ser feita através de diversas nomenclaturas, consoante a norma utilizada:

- FED STD 209E – Nesta norma a classificação das salas é feita atribuindo valores exponenciais de base 10, começando no número 1 até 100000 (descontinuada, no entanto ainda serve como meio de comparação);
- ISO 14644-1 – Nesta norma a classificação das salas é feita através de números naturais, começando no número 1 até ao 9;
- GMP EU – Nesta norma a classificação das salas é feita à custa de letras maiúsculas desde a letra A até D.

As tabelas 9 e 10 indicam qual a concentração máxima de partículas em cada classificação de sala para cada tamanho de partícula.

**Tabela 9** - Máximo de partículas por metro cúbico para a FED STD 209E e ISSO 14644-1.

Classe		Máximo de partículas por metro cúbico					
FED STD 209E	ISO 14644-1	≥ 0,1	≥ 0,2	≥ 0,3	≥ 0,5	≥ 1	≥ 5
		(µm)					
ISO 1		10	2,37	1,02	3,52 x 10 <sup>-1</sup>	8,32 x 10 <sup>-2</sup>	2,93 x 10 <sup>-3</sup>
ISO 2		10 <sup>2</sup>	2,37 x 10 <sup>1</sup>	1,02 x 10 <sup>1</sup>	3,52	8,32 x 10 <sup>-1</sup>	2,93 x 10 <sup>-2</sup>
ISO 3	1	10 <sup>3</sup>	2,37 x 10 <sup>2</sup>	1,02 x 10 <sup>2</sup>	3,52 x 10 <sup>1</sup>	8,32	2,93 x 10 <sup>-1</sup>
ISO 4	10	10 <sup>4</sup>	2,37 x 10 <sup>3</sup>	1,02 x 10 <sup>3</sup>	3,52 x 10 <sup>2</sup>	8,32 x 10 <sup>1</sup>	2,93
ISO 5	100	10 <sup>5</sup>	2,37 x 10 <sup>4</sup>	1,02 x 10 <sup>4</sup>	3,52 x 10 <sup>3</sup>	8,32 x 10 <sup>2</sup>	2,93 x 10 <sup>1</sup>
ISO 6	1000	10 <sup>6</sup>	2,37 x 10 <sup>5</sup>	1,02 x 10 <sup>5</sup>	3,52 x 10 <sup>4</sup>	8,32 x 10 <sup>3</sup>	2,93 x 10 <sup>2</sup>
ISO 7	10000	10 <sup>7</sup>	2,37 x 10 <sup>6</sup>	1,02 x 10 <sup>6</sup>	3,52 x 10 <sup>5</sup>	8,32 x 10 <sup>4</sup>	2,93 x 10 <sup>3</sup>
ISO 8	100000	10 <sup>8</sup>	2,37 x 10 <sup>7</sup>	1,02 x 10 <sup>7</sup>	3,52 x 10 <sup>6</sup>	8,32 x 10 <sup>5</sup>	2,93 x 10 <sup>4</sup>
ISO 9		10 <sup>9</sup>	2,37 x 10 <sup>8</sup>	1,02 x 10 <sup>8</sup>	3,52 x 10 <sup>7</sup>	8,32 x 10 <sup>6</sup>	2,93 x 10 <sup>5</sup>

**Tabela 10** - Máximo de partículas por metro cúbico para a GMP EU.

Classe	Máximo de partículas por metro cúbico			
	Em Repouso		Em Utilização	
	0,5 µm	5 µm	0,5 µm	5 µm
<b>A</b>	3520	0	3520	0
<b>B</b>	35200	0	352000	2000
<b>C</b>	352000	2000	3520000	20000
<b>D</b>	3520000	20000	Não Aplicável	Não Aplicável

No caso da ACET, a norma mais utilizada é a GMP EU, sendo por vezes feita a comparação com a ISO.

Para se poder obter a classificação das salas é preciso ter em mente que este tipo de instalações necessita de filtros terminais de alta eficiência, filtros HEPA, e que a grande fonte de geração de partículas serão os ocupantes das salas.

Um filtro HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter) será, tal como o nome indica, um filtro de alta capacidade que, consoante a sua classe, terá eficiências de filtração diferente. A norma EN 1822/2009 define duas classes de alta filtração, H13 e H14.

Existem ainda mais três classes de filtração que apesar de não serem consideradas de alta eficiência, são de grande eficiência (filtros EPA - Efficiency Particulate Air Filter). A diferença entre estes dois tipos de classes está, não só na eficiência global de filtração como também no critério de eficiência local, ponto a ponto no filtro. Este critério existe para os filtros HEPA mas não é necessário para os EPA.

**Tabela 11** - Classes de filtração segundo a norma EN 1822/2009 (eficiências para partículas  $\geq 0,3$  micron).

Tipo de Filtro	Classe de Filtração	Eficiência Global (%)	Eficiência Local (%)
<b>EPA</b>	E10	85	-
<b>EPA</b>	E11	95	-
<b>EPA</b>	E12	99,5	-
<b>HEPA</b>	H13	99,95	99,75
<b>HEPA</b>	H14	99,995	99,975

Tendo as eficiências de filtração em mente, é preciso arranjar um método consistente para poder efectuar os cálculos de ar a insuflar em cada sala consoante a sua classificação.

Para uma insuflação turbulenta, ou seja, uma insuflação que não apresenta uma direcção definida, tipicamente utilizada em salas de classe D até B, sabe-se que a concentração de partículas em qualquer momento no interior da sala é dado pela fórmula:

$$dx = (s - x).v. dt + g. d \quad \text{Equação 1}^2$$

Onde:

- $s$  – concentração de partículas do ar insuflado (partículas/m<sup>3</sup>);
- $v$  – ar insuflado (recirculações/hora);
- $g$  – geração interna de partículas (partículas/m<sup>3</sup>/hora);
- $x$  – concentração de partículas na sala (partículas/m<sup>3</sup>).

Assumindo  $X_0$  para a concentração inicial de partículas na sala e desprezando a variação da geração interna de partículas ( $g$ ) com o tempo, a equação 1 pode ser rescrita da seguinte forma:

$$x = (X_0 - s - g/v)^{(-vt)} + s + g/v \quad \text{Equação 2}^2$$

Com o avançar do tempo, a concentração de partículas tende a atingir um valor estacionário, podendo a equação ser simplificada.

$$x = s + g/v \quad \text{Equação 3}^2$$

Ou:

$$v = g/(x - s)$$

Pela expressão acima referida é possível perceber que o ar insuflado em recirculações/hora será função da geração interna de partículas, da concentração máxima de partículas que queremos na sala (função da classe da sala) e da concentração de partículas do ar insuflado (função da classe de filtração).

---

<sup>2</sup> Equação retirada do ponto 7 da Bibliografia.

### Salas de classe C e D

Tal como foi referido anteriormente, a geração interna de partículas ocorre fundamentalmente devido aos ocupantes da sala. Esta geração está dependente do tipo de protecção que os operadores utilizam e da actividade desenvolvida dentro da sala. Um valor típico de geração de partículas numa sala classificada será cerca de 177000 partículas/minuto/m<sup>3</sup> (cerca de 5000 partículas/minuto/feet<sup>3</sup>) de 0,5 micron.

Utilizando a classe de alta filtração menos exigente, H13, teremos uma concentração de partículas no ar insuflado de cerca de 0,05%. Utilizando o limite de partículas de 0,5 micron exposto na tabela 10, para a sala de classe D teremos:

$$v = \frac{60 \times 177000}{3520000 - (0,05 \times 3520000)}$$

$$v = 3 \text{ recirculações/hora}$$

Apesar do valor obtido pela fórmula estar correcto, as especificações da FDA (Food and Drug Administration) aconselham que uma sala classificada tenha no mínimo 20 recirculações/hora, ou seja, apesar de com 3 recirculações o problema da qualidade do ar estar resolvido, o aconselhamento da FDA vai em contra a aplicação de 20 recirculações/hora.

Para a sala de classe C, teremos:

$$v = \frac{60 \times 177000}{352000 - (0,05 \times 352000)}$$

$$v = 30 \text{ recirculações/hora}$$

### Salas classe B

Numa sala de classe B, se fossemos aplicar a equação 3 obteríamos cerca de 10 vezes mais recirculações/hora que uma sala C, ou seja, 300 recirculações/hora.

Uma vez que na maior parte dos projectos com alta exigência em qualidade de ar as salas de classificação B são salas de passagem de classe A para C, não têm habitualmente uma ocupação permanente. Esta classificação é usualmente aplicada a salas isoladas ou Airlock de pessoas ou materiais.

Neste sentido, não existe razão para aplicar o mesmo valor de geração interna de partículas e portanto, um valor recomendado é cerca de cinco vezes inferior, 35000 partículas/minuto/m<sup>3</sup>.

Aplicando este novo valor na equação 3, teremos:

$$v = \frac{60 \times 35000}{35200 - (0,05 \times 35200)}$$

$$v = 60 \text{ recirculações/hora}$$

### Salas classe A

A análise feita até agora, tal como foi dito no início, só se aplica a insuflações diluídas e portanto, uma vez que nas salas de classe A a insuflação é feita através de fluxos unidireccionais, a equação 3 deixa de fazer sentido.

Normalmente, o teto de uma sala ou zona desta classe é totalmente coberto por filtros HEPA, ou seja, o ar insuflado é praticamente livre de partículas.

O factor chave para manter a insuflação unidireccional será ter uma velocidade de jacto elevada, cerca de 0,5 m/s, criando uma barreira invisível entre o espaço com esta classificação e o espaço adjacente. Desta forma é garantido que o ar do espaço adjacente não consegue penetrar no espaço de classe A, mantendo a baixa concentração de partículas nesse espaço.

Em conclusão teremos os seguintes pressupostos de cálculo para cada exigência:

**Tabela 12** - Pressupostos de cálculo para qualidade de ar.

<b>Exigência de Qualidade de Ar</b>	<b>Pressupostos de Cálculo</b>
<b>Baixa</b>	Utilizar a comparação entre o DL 118/2013 e a EN 15251/2008.
<b>Média</b>	Utilizar a comparação entre o DL 118/2013, a EN 15251/2008 e o caderno da DGIES.
<b>Alta</b>	Aplicar a classificação de salas na norma GMP EU:
	<b>Salas A</b> – Tecto coberto de filtros HEPA com uma insuflação $\geq 0,5$ m/s.
	<b>Salas B</b> – Filtros HEPA com no mínimo 60 recirculações/hora.
	<b>Salas C</b> – Filtros HEPA com no mínimo 30 recirculações/hora.
	<b>Salas D</b> – Filtros HEPA com no mínimo 20 recirculações/hora.

## 2.4 Especificações do cliente (lista de salas)

Para cada projecto é necessário responder às especificações do cliente e portanto é preciso saber que tipo de projecto se trata (habitação, hotelaria, indústria “bruta”, indústria farmacêutica, etc.) para o podermos classificar na sua exigência, que cargas térmicas iremos ter em cada espaço intervencionado e quais os parâmetros de controlo que deveremos ter em atenção.

Para responder a estas questões foi criado um documento específico, a lista de salas, que indica todos os locais que deverão ser intervencionados no projecto e quais as especificações que cada um desses locais terá.

Nesta lista, para além dos parâmetros gerais de cada espaço; como a área, a altura (pé direito) e o volume; são ainda especificados os seguintes:

- Classificação da Sala
- Renovações ou recirculações por hora
- Cargas Térmicas Interiores
  - Iluminação
  - Equipamentos
  - Pessoas
- Parâmetros de Controlo
  - Temperatura
  - Humidade
  - Pressão

Com a especificação de todos estes parâmetros é então possível definir que tipo de sistema de climatização e ventilação será utilizado.

Outra característica que aparece na lista de salas, caso seja necessário, são os fluidos industriais que poderão existir no projecto de especialidades.

No caso da ACET, os fluidos de trabalho são os seguintes:

- Água Fria/Quente Sanitária;
- Água de Arrefecimento/Aquecimento de Processo;
- Ar Comprimido Industrial;
- Ar Comprimido Limpo;
- Vapor Industrial
- Vapor Limpo/Puro

- Água Destilada;
- Água para Injetáveis;
- Gases Fármacos;
- Condensados;
- Esgotos e Drenagens.

Neste ponto o que interessa saber sobre cada fluido é em que sala(s) se encontra, quantos pontos existem em cada sala, qual o caudal de cada ponto, parâmetros específicos do fluido, como temperatura ou pressão, e qual o coeficiente de simultaneidade entre cada ponto existente.

Definida tanto a parte de climatização e ventilação como a parte de fluidos industriais, a lista de salas fica completa e o projecto totalmente caracterizado.

## **2.5 Classificação dos sistemas de AVAC**

Num projecto de AVAC, onde o importante é a climatização e a ventilação, poderemos escolher diversos modos de colmatar essas necessidades. Para tal, a escolha do tipo de sistema a utilizar é essencial.

### **2.5.1 Sistemas centralizados**

Num sistema centralizado existe uma ou várias máquinas responsáveis tanto pela climatização como pela ventilação. Neste caso teremos, por exemplo, uma UTA (Unidade de Tratamento de Ar) que será responsável pela quantidade de ar insuflado, pela quantidade de ar novo presente nessa insuflação e pelo controlo de temperatura e humidade de modo a combater as cargas térmicas e a manter as condições interiores de conforto. Este equipamento poderá utilizar para o tratamento de ar sistemas a água ou a fluido frigorígeno.

Dentro desta categoria existem ainda os sistemas de volume de ar constante (CAV) e de volume de ar variável (VAV).

No primeiro caso o caudal de ar tratado pela unidade é constante e o que varia é a sua temperatura. No segundo caso a temperatura do ar à saída da unidade é constante e varia o caudal de ar tratado.

Apesar do sistema a utilizar no projecto ser estudado como CAV ou VAV, na realidade ele será uma mistura de ambos uma vez que o controlo da unidade de tratamento

de ar irá variar tanto a sua temperatura de saída como o seu volume de ar para poder manter as especificações de temperatura e humidade em cada sala.

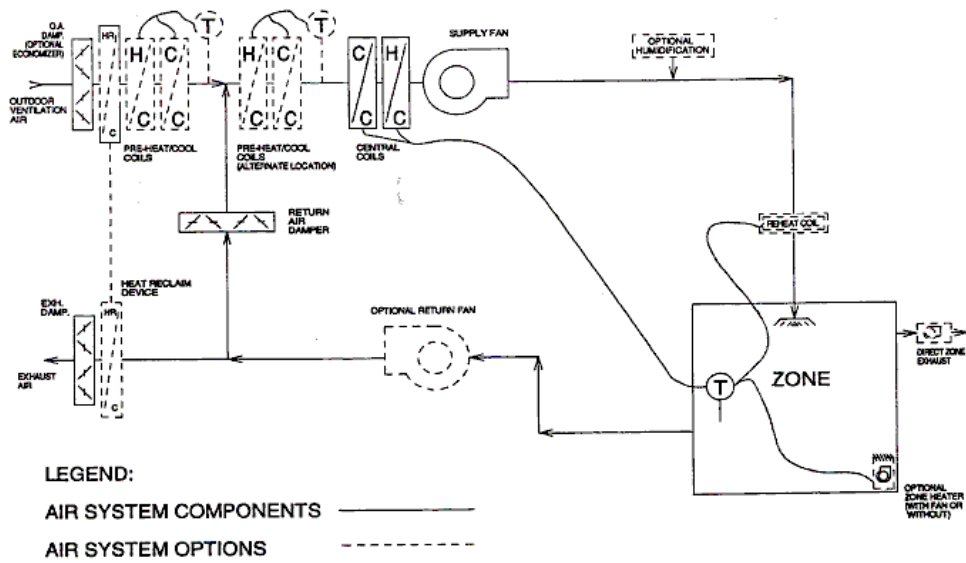


Figura 2 – Esquema de um sistema CAV<sup>3</sup>.

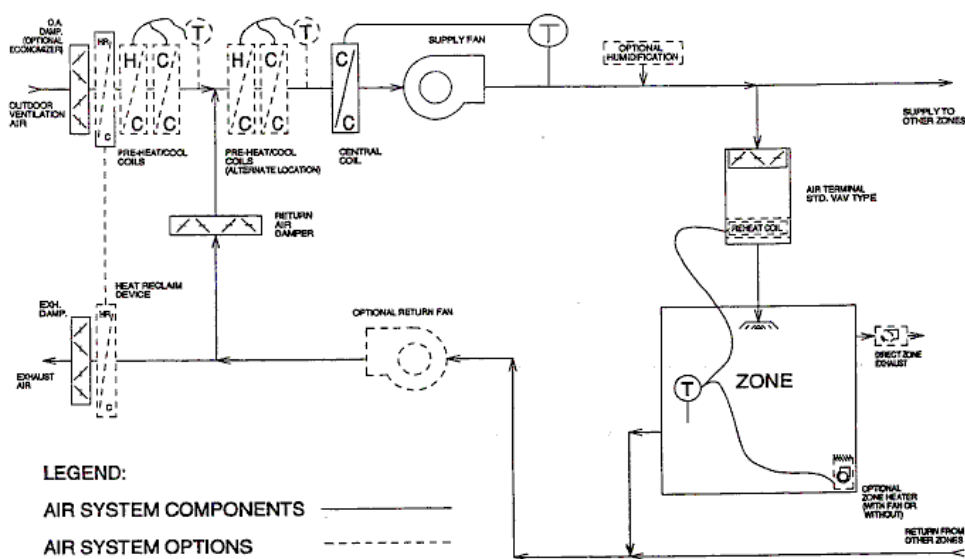


Figura 3 – Esquema de um sistema VAV<sup>3</sup>.

Como se pode ver pela figura 2, num sistema CAV existe uma sonda de temperatura ambiente que controla as condições do ar a ser insuflado, sendo o volume constante. Na figura 3 vê-se que num sistema VAV existe uma sonda de temperatura a manter as

<sup>3</sup> Figura retirada do software Hourly Analysis Program 4.80, distribuído pela Carrier.

condições constantes na insuflação, sendo o registo de caudal de ar a jusante da entrada da sala a controlar o volume a ser insuflado.

Por ser um sistema central, este é normalmente instalado em locais onde os horários de utilização de equipamentos, de iluminação e ocupação são semelhantes para todas as salas e quando as exigências de temperatura e humidade internas são também elas comuns em todos os locais.

### **2.5.2 Sistemas dedicados**

Nos sistemas dedicados a situação dos equipamentos é diferente do sistema anterior. Neste caso iremos ter vários equipamentos, uns dedicados à ventilação e outros responsáveis pela climatização dos espaços.

No caso dos equipamentos de ventilação, estes poderão ser só ventilação directa com as condições exteriores a serem insufladas ou poderemos ter ventilação tratada, onde o ar insuflado, apesar de não controlar as condições interiores da sala, é colocado praticamente à temperatura e humidade requerida no interior do espaço.

Para os equipamentos responsáveis pela climatização poderemos ter duas tipologias, ou água ou fluido frigorígeno.

Combinando a ventilação com a climatização, as soluções possíveis são:

- Ventilação directa da rua com climatização feita por equipamentos a água;
- Ventilação directa da rua com climatização feita por equipamentos a fluido frigorígeno;
- Ventilação tratada por um equipamento com climatização feita por equipamentos a água;
- Ventilação tratada por um equipamento com climatização feita por equipamentos a fluido frigorígeno.

É de salvaguardar que independentemente do tipo de ventilação utilizado, deverá sempre existir um sistema de filtração do ar para evitar a poluição do ar interior.

### **3. Conceitos aeráulicos**

Num projecto onde exista uma rede aeráulica de distribuição de ar, existem determinados equipamentos que deverão ser sempre especificados. Estes equipamentos serão:

- Equipamentos Mecânicos Gerais – responsáveis pela circulação do ar nas redes aeráulicas;
- Redes de Conduitas – responsáveis por encaminhar e direccionar o ar até as zonas/salas respetivas;
- Difusores e Grelhas – responsáveis pela difusão do ar seja de insuflação, extracção ou retorno;
- Registos de Caudal de Ar – responsáveis pelo balanceamento e restrição do caudal de ar para cada zona/sala.

De seguida apresentam-se os métodos e os factores chave para o correcto seleccionamento dos equipamentos acima mencionados.

#### **3.1 Dimensionamento de equipamentos mecânicos gerais**

Uma vez que a selecção dos equipamentos mecânicos gerais de aeráulica está normalmente associada a software de selecção dos fabricantes, são aqui descritos quais os parâmetros de destaque que o projectista deve ter em consideração quando selecciona ou pede selecção desses mesmos equipamentos.

No caso da aeráulica, os equipamentos mecânicos associados são:

- Unidades de Tratamento de Ar;
- Ventiladores.

##### **3.1.1 Unidades de tratamento de ar**

Na selecção de uma UTA é necessário ter em consideração os seguintes tópicos:

- Localização da instalação da unidade e configuração da mesma (em linha, duplo deck, duplo deck lateral, etc.);
- Características mecânicas pretendidas de acordo com a norma EN 1886/2007 (resistência mecânica da envolvente, estanquidade da

envolvente, fugas por bypass a filtros, desempenho térmico, isolamento acústico da caixa, e protecção ao fogo);

- Tipo de filtração exigida segundo as normas EN 779 e EN 1822 (pré-filtros e filtros terminais);
- Capacidade total e sensível da(s) bateria(s) de frio e capacidade total da(s) bateria(s) de quente. Saber se são a água, fluido frigorígeno ou resistência eléctrica (este último no caso de baterias de quente);
- Necessidade de utilização de humidificador ou separador de gotas, indicando para o caso o caudal de água em questão;
- Ventilador de insuflação e extracção, caso seja necessário, indicando o caudal, a pressão estática necessária e a classe do motor de acordo com o Regulamento N.º 640/2009.

### **3.1.2 Ventiladores**

Para o dimensionamento dos ventiladores as informações essenciais serão o caudal e a pressão total ou estática disponível necessária (consoante os fabricantes), sendo este último obtido através da selecção das condutas e dos equipamentos adjacentes (registos, grelhas, difusores, etc.).

À parte disto, o projectista poderá especificar outros parâmetros como o tipo de ventilador que pretende instalar (acoplamento directo ou por correia, ventilador axial, ventilador de conduta, ventilador para cobertura, etc.), o grau de protecção tanto do moto como do ventilador (IP44, IP54, ATEX, etc.) e se é um ventilador sem variador de frequência ou velocidade, com variador de frequência ou velocidade à parte ou variador de frequência integrado (motores EC).

Qualquer que seja o ventilador especificado, este terá de obedecer a pelo menos à norma que estipula os requisitos de concepção ecológica dos motores, Regulamento N.º 640/2009.

## **3.2 Dimensionamento de redes de condutas de ar**

Em todos os troços de conduta onde circule ar existe uma perda de carga contínua. Esta perda de carga é chamada de perda de carga por atrito e depende da velocidade do ar, do comprimento e diâmetro do troço de conduta e da rugosidade do material de que é feita a conduta.

Uma variação de um dos factores acima mencionados faz com que a nesse troço a perda de carga por atrito varie. Essa variação é dada pela equação 4.

$$\Delta P = 0,4 \cdot f \cdot \left( \frac{L}{d^{1,22}} \right) \cdot V^{1,82} \quad \text{Equação 4}^4$$

Onde:

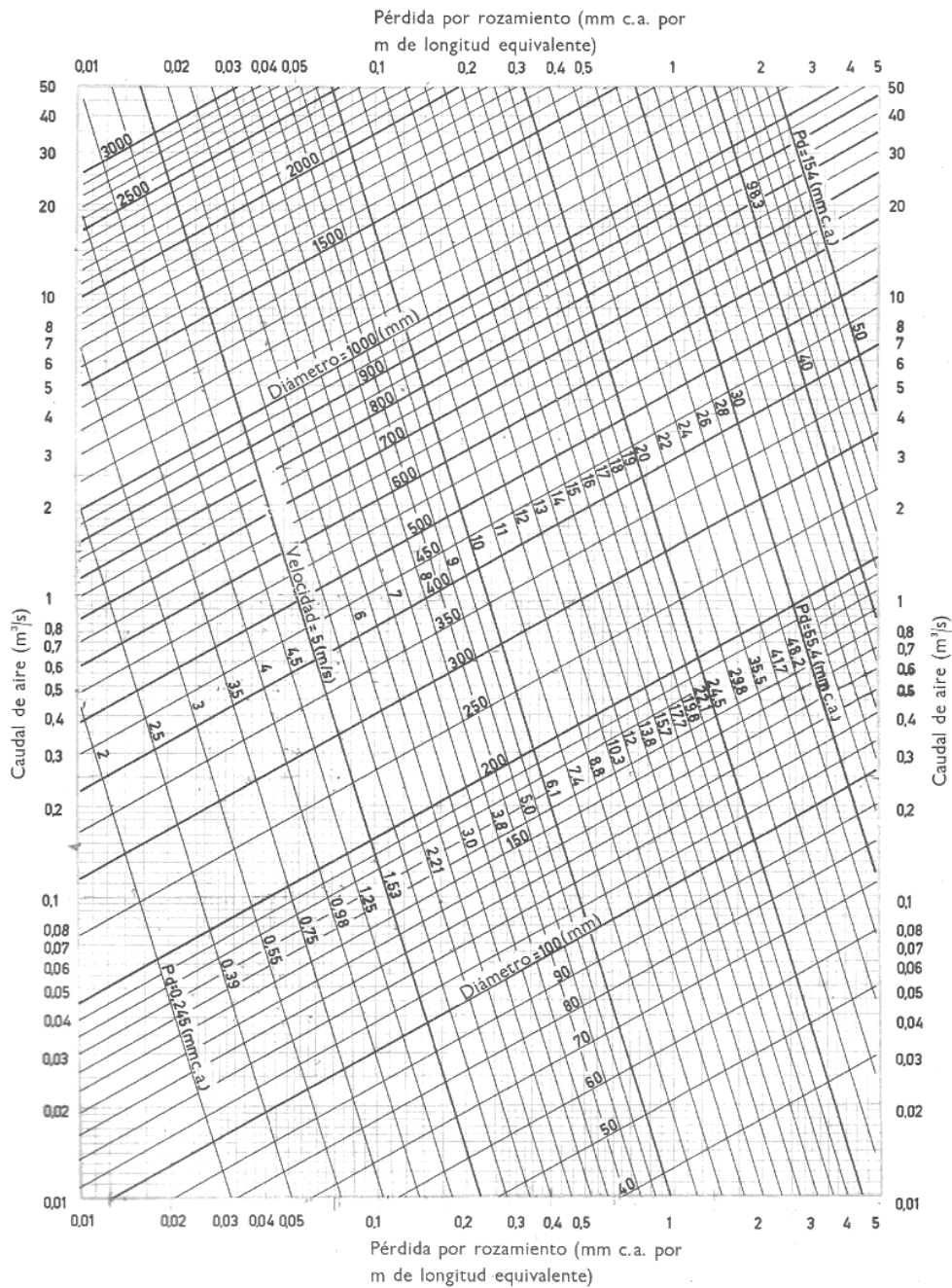
- $\Delta P$  – perda de carga em mm.c.a;
- $f$  – rugosidade da superfície interior;
- $L$  – comprimento do troço de conduta em metros;
- $d$  – diâmetro da conduta em centímetros;
- $V$  – velocidade do ar em m/s.

Utilizando esta equação para diferentes materiais é possível criar ábacos de selecção de condutas onde a partir do caudal e, por exemplo, diâmetro da conduta, são retirados os valores da velocidade e da perda de carga por metro linear.

A figura 4 ilustra um ábaco de condutas em aço galvanizado obtido através da equação.

---

<sup>4</sup> Equação retirada do ponto 3 da Bibliografia.



**Figura 4 -** Ábaco de perda de carga nas condutas - aço galvanizado.<sup>5</sup>

Uma vez que existe sempre perda de carga, uma instalação com condutas de insuflação e retorno/extracção tem necessidade de ser dimensionada. Este dimensionamento pode ser efectuado por três métodos distintos:

- Método da Redução da Velocidade;
- Método da Perda de Carga Constante;

<sup>5</sup> Figura retirada do ponto 3 da Bibliografia.

➤ Método da Recuperação Estática.

Estes três métodos têm diferentes graus de precisão, de custo e de aplicação.

### 3.2.1 Método de redução de velocidade

Este método consiste em seleccionar uma velocidade inicial à saída do ventilador e estabelecer sucessivamente e de uma forma escalonada uma redução constante da velocidade até ao ponto final.

A tabela 13 retirada do “Manual de Ar Condicionado” da Carrier indica para cada tipologia de sala, quais os valores de velocidade inicial para o retorno e insuflação dos troços principais e dos ramais.

**Tabela 13** - Valores máximos de velocidade para o método de redução de velocidade.

Tipologia	Velocidade máxima (m/s)			
	Troços Principais		Troços Secundários	
	Insuflação	Retorno	Insuflação	Retorno
Residenciais	6,0	4,0	3,0	3,0
Apartamentos, Quartos de Hotel e Quartos de Hospital	7,5	6,5	6,0	5,0
Bibliotecas, Escritórios, Gabinetes	10,0	7,5	8,0	6,0
Salas de Cinema, Salas de Teatro e Auditórios	6,5	5,5	5,0	4,0
Oficinas, Restaurantes, Comércio e Bancos	10,0	7,5	8,0	6,0
Locais Industriais	15,0	9,0	11,0	7,5

Normalmente este método é pouco utilizado porque para se resolver o problema de perda de carga ao longo da conduta com alguma precisão é necessário muita exatidão no valor de decréscimo das velocidades. Assim sendo, o método da redução de velocidade só deve ser utilizado em projectos de pouca precisão ou com troços de conduta pequenos.

### 3.2.2 Método da perda de carga constante

Este método é utilizado principalmente para troços de retorno ou extracção. Consiste em seleccionar uma perda de carga por metro linear inicial e ir reduzindo o diâmetro da conduta de modo a manter esta perda de carga até ao ponto final. Normalmente, a perda de carga inicial é escolhida com base na velocidade da tabela 13.

Através desta, do caudal e da equação 4 ou de um ábaco do material, é retirado o valor da perda de carga inicial.

Este método é mais simples e mais rigoroso que o anterior a nível de cálculo da perda de carga da instalação uma vez que independentemente do caudal, a perda de carga em dois troços com o mesmo comprimento equivalente, será praticamente a mesma.

### **3.2.3 Método da recuperação estática**

A base fundamental deste método consiste em dimensionar os troços de conduta para que o aumento da pressão estática (derivado à redução de velocidade) em cada ramal ou derivação compense a perda de carga por atrito no ramal seguinte. Desta forma, a pressão estática será a mesma em cada ramal ou derivação sendo a única perda de carga da instalação a do primeiro troço (a nível teórico).

A metodologia para o cálculo deste método é a seguinte:

- Dimensionar o troço inicial com base na velocidade inicial da tabela 13, no caudal e na equação 4 ou de um ábaco do material da conduta;
- Através do caudal que passa nesse troço e do seu comprimento equivalente (comprimento que já engloba a perda de carga adjacente a todas as curvas, equipamentos intermédios, etc.), consultar a figura 5 para obter a razão do comprimento equivalente pelo caudal ( $L/Q$ );
- Com  $L/Q$  e a velocidade do ar antes da derivação, consultar a figura 6 e obter a velocidade após a derivação;
- Com a velocidade e o caudal após a derivação, utilizar a equação 14 ou um ábaco do material da conduta e dimensionar o diâmetro a aplicar nessa secção.

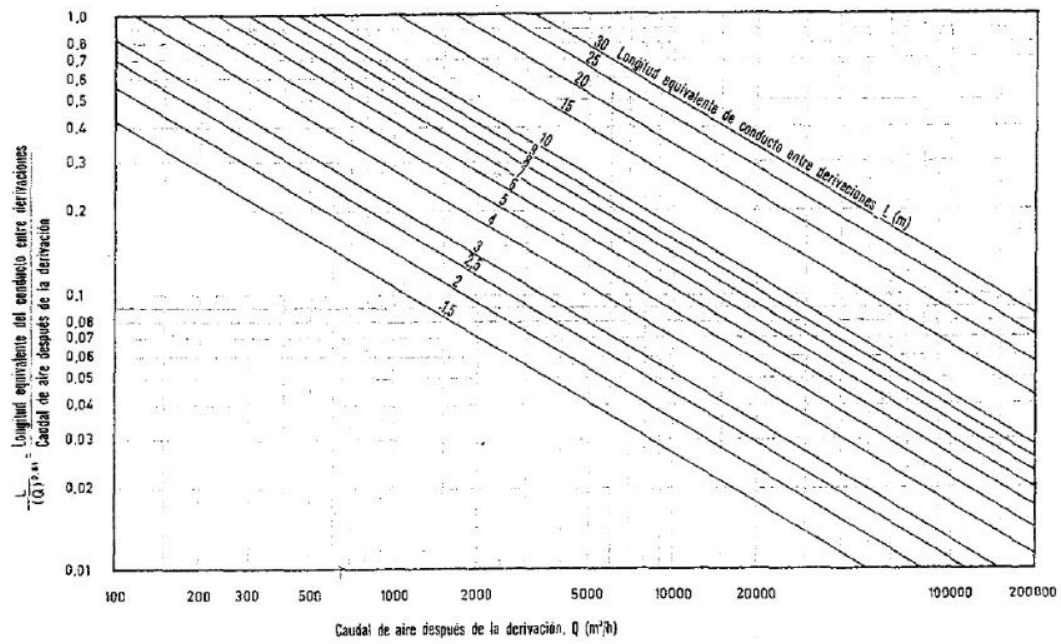


Figura 5 – Relação entre o comprimento equivalente da conduta e o caudal.<sup>6</sup>

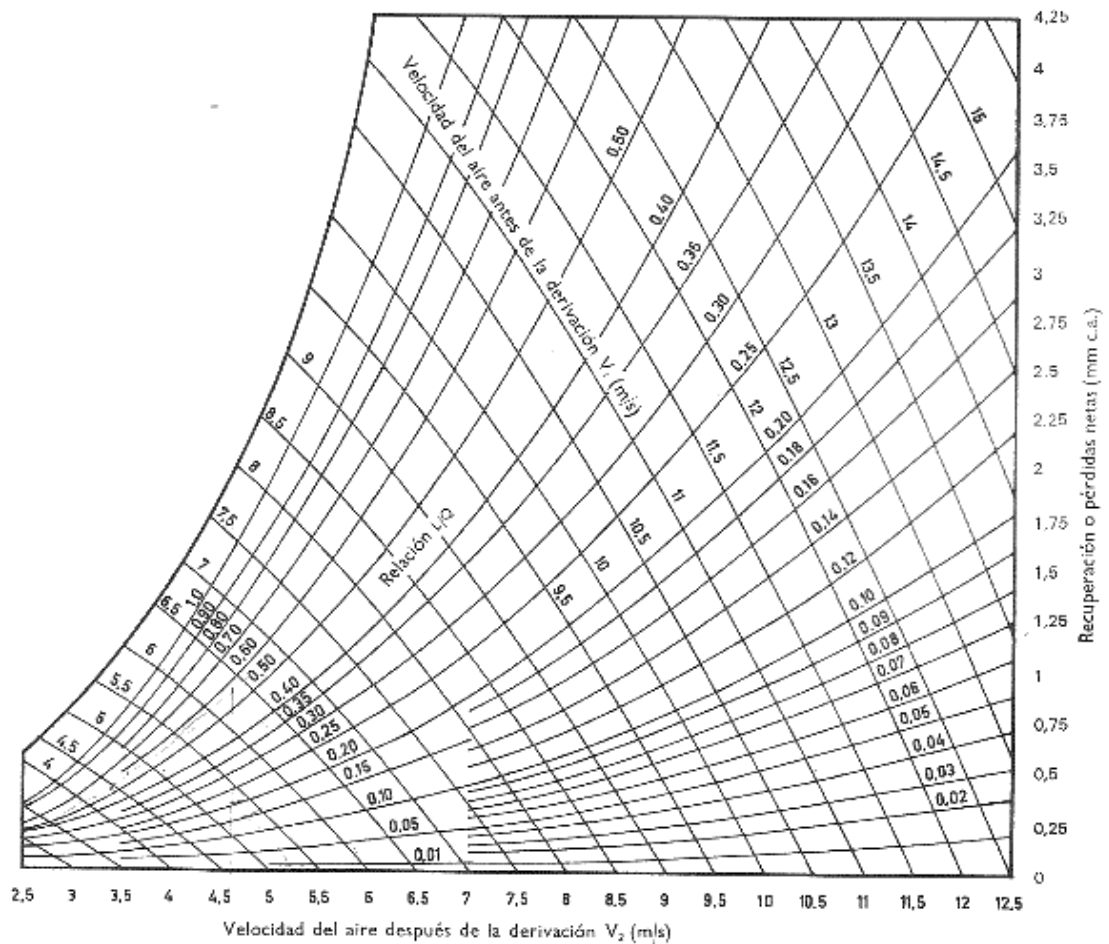


Figura 6 – Ábaco do método de recuperação estática.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Figura retirada do ponto 3 da Bibliografia.

Este método é o mais utilizado para instalações onde a precisão de balanceamento da instalação é elevada uma vez que, teoricamente, o valor de perda de carga é sempre compensado no troço seguinte, fazendo com que a perda de carga nesse troço seja praticamente desprezável.

Este pressuposto teórico indica que no dimensionamento do equipamento responsável pela insuflação ou retorno ou extracção do ar, a perda de carga estática que este terá de vencer só será a perda de carga associada até à primeira derivação da conduta, visto as seguintes estarem a ser compensadas.

Na prática, como factor de segurança, a perda de carga estática associada à instalação será contabilizada como nos métodos anteriormente especificados, ou seja, será contabilizada a perda de carga estática total do troço mais desfavorável.

No caso da ACET, o método utilizado para o dimensionamento das redes aerúlicas é o de recuperação estática para a insuflação e o método de perda de carga constante o retorno/extracção.

De maneira a tornar os cálculos mais simples, as velocidades utilizadas são mais genéricas, sendo:

- Troços Principais – máximo 7 m/s;
- Troços Intermédios – máximo de 5 m/s;
- Troços Terminais de Insuflação – máximo de 3 m/s;
- Troços Terminais de Retorno/Extracção – máximo de 4 m/s.

### **3.3 Dimensionamento de equipamentos terminais de difusão**

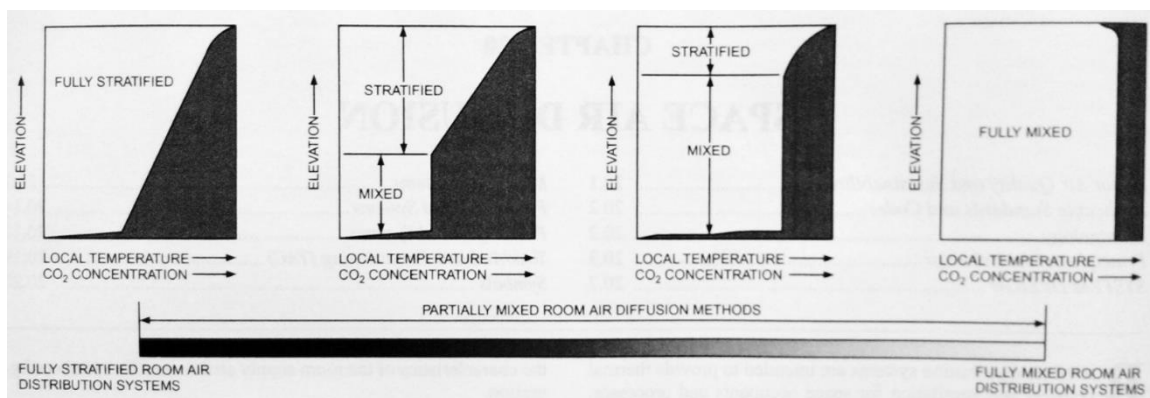
No caso de se tratar de um sistema tradicional de distribuição de ar, ou seja, um sistema com condutas metálicas de distribuição e equipamentos terminais de difusão e recolha de ar, é necessário seleccionar esse equipamentos terminais, atendendo ao tipo de difusão e ao local de instalação dos mesmos.

Para a distribuição de ar num local poderemos ter três tipos distintos de difusão:

- Difusão turbulenta – sistemas onde existe pouca ou nenhuma estratificação térmica entre a zona ocupada ou de trabalho e o restante espaço (exemplo de insuflação pelo tecto);

- Difusão térmica estratificada – sistemas onde existe uma estratificação térmica bem definida entre a zona ocupada ou de trabalho e o restante espaço (exemplo de insuflação por deslocamento térmico ou “displacement”);
- Difusão mista – sistemas onde existe alguma estratificação térmica mas a fronteira entre a zona ocupada ou de trabalho e o restante espaço é pouco definida (exemplo de insuflação pelo piso).

A figura 7 mostra como se comportam as temperaturas e a concentração de CO<sub>2</sub> dentro de um local desde uma difusão totalmente estratificada até uma difusão totalmente turbulenta.



**Figura 7** – Temperaturas e concentração de CO<sub>2</sub> em função do tipo de difusão.<sup>7</sup>

Existem vários equipamentos terminais possíveis de serem utilizados mas, de uma forma sucinta, é possível classifica-los em dois grandes grupos; grelhas, utilizadas para insuflação e recolha do ar, e difusores, utilizados apenas para insuflação.

Dentro do grupo das grelhas poderemos ter de lâminas fixas ou de lâminas ajustáveis. No caso dos difusores, os modelos são mais vastos mas os mais utilizados serão os quadrados, redondos, de placa perfurada, lineares e helicoidais.

Outro equipamento que por vezes substitui os difusores na insuflação do ar são os bocais, também conhecidos por “Nozzles”.

A figura 8 mostra, de uma forma sucinta, que equipamento se aconselha a utilizar na insuflação consoante o tipo de difusão pretendido e o local por onde se pretende insuflar.

<sup>7</sup> Figura retirada do ponto 2 da Bibliografia.

Outlet Types	Fully Mixed			Fully Stratified		Partially Mixed		
	Ceiling Mounted	Wall Mounted	Floor/Sill	Wall Mounted	Floor/Sill	Ceiling Mounted	Wall Mounted	Floor/Sill
<b>Grilles</b>								
Adjustable blade	⊙	●	⊗	⊗	⊗	⊗	○	○
Fixed blade	○	⊙	⊗	⊙	○	⊗	○	⊗
Linear bar	⊗	●	●	○	○	⊗	○	●
Nozzle	⊙	●	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
<b>Diffusers</b>								
Round	●	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Square	●	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Perforated face	●	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Louvered face	●	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Plaque face	●	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Hemispherical	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	●	⊗	⊗
Laminar flow	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	●	⊗	⊗
Variable geometry	●	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Linear slot	●	●	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
T-bar slot	●	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Light troffer	●	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Swirl	●	⊗	⊗	⊗	⊙	⊗	●	●
Displacement	⊗	⊗	⊗	●	●	○	⊗	⊗
Active chilled beam	●	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Air dispersion duct	⊙	⊗	⊗	⊗	⊗	●	⊗	⊗

● = often used    ⊙ = sometimes used    ○ = seldom used    ⊗ = not recommended

**Figura 8** – Aplicações típicas para insuflação.<sup>8</sup>

Escolhido o equipamento que se pretende utilizar é necessário escolher o tamanho dele. Neste caso iremos depender de cinco factores principais:

- Caudal de saída/entrada do equipamento;
- Velocidade de saída/entrada do ar no equipamento;
- Alcance do equipamento;
- Pressão sonora do ar ao passar pelo equipamento;
- Perda de pressão do ar ao passar pelo equipamento.

No caso da ACET, apesar dos outros parâmetros serem verificados de modo a cumprir com o que é pedido no projecto, os factores decisivos de selecção são o caudal, a pressão sonora e a perda de pressão.

A selecção é feita de modo a que o equipamento seja capaz de suportar o caudal necessário tendo simultaneamente uma pressão sonora abaixo de 30 dbA e uma perda de pressão inferior a 15 Pa.

Muitos dos projectos elaborados neste gabinete de engenharia, tal como já foi referido anteriormente, são na área da farmacêutica e laboratorial. Neste caso são muitas vezes utilizados equipamentos terminais com filtração agregada.

<sup>8</sup> Figura retirada do ponto 2 da Bibliografia.

Para a selecção deste caso, o fabricante deve indicar qual o modelo do filtro mais aconselhado para o equipamento que queremos utilizar (tendo em conta a classe de filtração pretendida) e qual o caudal associado a esse filtro de modo a poder ser escolhido o tamanho adequado do equipamento terminal.



## 4. Conceitos hidráulicos

Num projecto desenvolvido pela ACET onde existam conceitos de hidráulica, estes poderão ser de duas vertentes diferentes; ou de AVAC, ou de Fluidos Industriais.

No caso de AVAC, todas as redes hidráulicas deverão ter alguns equipamentos essenciais ao correcto funcionamento. Apesar de algumas vezes estes equipamentos já existirem nas instalações do projecto a elaborar, é de extrema importância referi-los e explicar qual a metodologia e os parâmetros para a sua selecção.

Assim, os equipamentos que deverão estar presentes numa rede de hidráulica de AVAC serão:

- Equipamentos Mecânicos Gerais – responsáveis pela circulação e produção das condições necessárias dos fluidos;
- Redes de Tubagem de Água – responsáveis pela distribuição da água para as zonas/salas de destino;
- Depósitos de Acumulação – responsáveis pelo armazenamento do excesso de energia produzida;
- Depósitos de Inércia – responsáveis pelo desacoplamento entre os equipamentos mecânicos e as unidades finais;
- Vasos de Expansão – responsáveis pelo controlo da pressão da rede e das expansões do fluido circulante.

No caso de se tratar de um projecto de fluidos industriais, devida à vasta gama de fluidos com que a ACET trabalha, para além dos equipamentos acima referidos, deverão ainda ser dimensionados os seguintes equipamentos:

- Redes de Tubagem de Ar Comprimido – responsáveis pela distribuição de ar comprimido;
- Redes de Tubagem de Vapor – responsáveis pela distribuição de vapor;
- Redes de Tubagem de Gases Fármacos – responsáveis pela distribuição de gases fármacos;
- Redes de Esgotos e Condensados – responsáveis pela coleta de esgotos e condensados.

De seguida apresentam-se os métodos e os factores chave para o correcto seleccionamento dos equipamentos acima mencionados.

## **4.1 Dimensionamento de equipamentos mecânicos gerais**

Uma vez que a selecção dos equipamentos mecânicos gerais de hidráulica está normalmente associada a software de selecção dos fabricantes, à semelhança dos equipamentos mecânicos gerais de aerúlica, são aqui descritos quais os parâmetros de destaque que o projectista deve ter em consideração quando seleciona ou pede selecção desses mesmos equipamentos.

No caso da hidráulica, os equipamentos mecânicos associados são:

- Unidades Produtoras de Água Arrefecida/Aquecida (Chillers, Bombas de Calor ou combinação de ambos);
- Bombas Circuladoras;
- Equipamentos de Climatização (Ventiloconvectores, Splits, Multisplits ou VRFs).

### **4.1.1 Unidades produtoras de água arrefecida/aquecida**

Na selecção de um Chiller é necessário ter em consideração os seguintes tópicos:

- Localização da instalação do equipamento: no interior ou no exterior e condições ambientes dessa localização;
- Tipo de produção de água requerido: só água fria ou só água quente, produção de água fria e água quente intercalada ou produção de água fria e água quente simultaneamente;
- Tipo de arrefecimento: chiller arrefecido a ar ou a água;
- Capacidade total e sensível de frio e capacidade total de quente (se aplicável);
- Características da água produzida: caudal e temperaturas de entrada e saída na unidade.

Com estas características definidas é possível pedir a selecção ao fabricante do equipamento em causa. A maior parte dos fornecedores apresentam tabelas de selecção destes equipamentos mas, na grande maioria, os valores apresentados de capacidades frigoríficas e caloríficas são referentes a valores nominais, sendo necessário recorrer a tabelas de correcção para as condições de projecto em causa.

Por esta razão é sempre aconselhável, após o projectista efectuar a sua selecção de equipamentos, consultar os fabricantes de modo a garantir que o equipamento dimensionado é o mais adequado.

#### 4.1.2 Bombas circuladoras

Para o dimensionamento das bombas circuladoras as informações essenciais serão o caudal e a pressão manométrica necessária.

No caso do caudal, este é obtido através do balanço das necessidades da instalação.

Para a pressão manométrica será necessário saber qual a perda de carga da linha no troço mais desfavorável. Para isto teremos de calcular dois tipos de perda de carga:

- Perda de carga distribuída – perda de carga devido à fricção do fluido com a parede das tubagens ao longo do escoamento;
- Perda de carga localizada – perda de carga devido às variações de velocidade ou a mudanças bruscas da direcção do escoamento (como tês, curvas, derivações, etc.) e às perdas de carga inerentes aos equipamentos (como baterias, permutadores, depósitos, etc.).

##### Perda de Carga Distribuída

Para o cálculo desta perda de carga, apesar de existirem muitas equações possíveis, a equação mais utilizada é a de Darcy-Weisbach, que relaciona o factor de atrito do material do tubo com comprimento, a velocidade e o caudal do fluido.

A forma mais típica da equação é:

$$\Delta P = f \cdot [L/D] \cdot \left[ (\rho \cdot V^2) / 2 \right] \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

- $\Delta P$  – perda de carga em Pa;
- $f$  – rugosidade da superfície interior;
- $L$  – comprimento do troço de tubagem em metros;
- $D$  – diâmetro da tubagem em metros;
- $V$  – velocidade do fluido em m/s;
- $P$  – massa específica do fluido em  $\text{kg/m}^3$ .

Por sua vez, o factor de atrito “f” pode ser consultado no diagrama de Moody, após o cálculo do número de Reynolds, sendo esta equação a seguinte:

$$Re = D.V. \left[ \frac{\rho}{\mu} \right] \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

- $\mu$  – viscosidade dinâmica do fluido em Pa/s<sup>-1</sup>.

Como iremos ver mais à frente, muitas vezes a perda de carga distribuída é determinada através de ábacos.

Neste caso, a partir da perda de carga por metro linear retirada do ábaco, multiplica-se pelo comprimento da tubagem “L” e obtém-se a perda de carga linear nessa secção de tubo.

#### Perda de Carga Localizada

Esta perda de carga, à parte das específicas dos equipamentos, pode ser determinado segundo dois métodos:

- Método dos comprimentos equivalentes – é atribuído a cada derivação, tê, curva, válvula, etc., um valor em metros correspondente ao tubo onde está instalado o componente;
- Método dos K – é atribuído a cada derivação, tê, curva, válvula, etc., um valor k que é utilizado numa fórmula específica que devolve a perda de carga em Pa associada a esse componente.

A título de exemplo, é mostrado na figura 9 uma tabela com valores de comprimento equivalente para os diversos componentes em ferro galvanizado.

Diâmetro nominal D (mm)	Tipo de conexão																		
	1 Cotovelo 90° Rato longo	2 Cotovelo 90° Rato médio	3 Cotovelo 90° Rato curto	4 Cotovelo 45°	5 Curva 90° R/d - 1/2	6 Curva 90° R/d - 1	7 Curva 45°	8 Entrada Normal	9 Entrada de borba	10 Entrada de gaveta aberto	11 Entrada de globo aberto	12 Entrada de ângulo aberto	13 Tê passagem direta	14 Tê passagem de lado	15 Tê saída bilateral	16 Válvula de pé e crivo	17 Saída da canaliz.	18 Válvula de retenção tipo leve	19 Válvula de retenção tipo pesado
13	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,5	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0
38	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,8
50	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	1,5	0,4	17,4	9,5	1,1	3,5	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4
63	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	1,0	0,5	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1
75	1,6	2,1	2,5	1,2	1,0	1,3	0,6	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7
100	2,1	2,8	3,4	1,5	1,3	1,6	0,7	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	8,4	12,9
125	2,7	3,7	4,2	1,9	1,6	2,1	0,9	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1
150	3,4	4,3	4,9	2,3	1,9	2,5	1,1	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	39,0	5,0	12,5	19,3
200	4,3	5,5	6,4	3,0	2,4	3,3	1,5	3,5	6,0	1,4	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0
250	5,5	6,7	7,9	3,8	3,0	4,1	1,8	4,5	7,5	1,7	85,0	43,0	5,5	16,0	16,0	65,0	7,5	20,0	32,0
300	6,1	7,9	9,5	4,6	3,6	4,8	2,2	5,5	9,0	2,1	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	76,0	9,0	24,0	36,0
350	7,3	9,5	10,5	5,3	4,4	5,4	2,5	6,2	11,0	2,4	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	45,0

Figura 9 – Tabela dos comprimentos equivalentes em ferro galvanizado.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Figura retirada do ponto 3 da Bibliografia.

No método dos K é possível utilizar a equação geral, definida por:

$$\Delta P = K \cdot \rho \cdot \left[ V^2 / 2 \right] \quad \text{Equação 7}$$

Mais uma vez, a título de exemplo, é fornecido uma tabela com valores típicos de K para acessórios roscados.

**Tabela 14** - Coeficiente K para acessórios roscados.

Diâmetro Nominal	Curva 90°	Curva 45°	Curva 180°	Tê linha	Tê ramal
10	2.50	0.38	2.50	0.9	2.70
15	2.10	0.37	2.10	0.90	2.40
20	1.70	0.35	1.70	0.90	2.10
25	1.50	0.34	1.50	0.90	1.80
32	1.30	0.33	1.30	0.90	1.70
40	1.20	0.32	1.20	0.90	1.60
50	1.00	0.31	1.00	0.90	1.40
65	0.85	0.30	0.85	0.90	1.30
80	0.80	0.29	0.80	0.90	1.20
100	0.70	0.28	0.70	0.90	1.10

Em alternativa para as válvulas, a perda de carga pode ser calculada utilizando o coeficiente de passagem Kv, que é definido como o caudal que passa pela válvula para um diferencial de pressão de 1 bar. Esta equação é mais restrita na utilização uma vez que este Kv será um valor específico de cada válvula e de cada fabricante.

$$\Delta P = 1,269 \cdot 10^6 \cdot \left[ Q / K_v \right]^2 \quad \text{Equação 8}$$

#### 4.1.3 Equipamentos de climatização

Na selecção de um equipamento de climatização é necessário ter em consideração os seguintes tópicos:

- Tipo de fluido no equipamento: equipamento a água ou a fluido frigorígeno;
- No caso de ser um equipamento a fluido frigorígeno escolher qual a tecnologia a utilizar; se split, multisplit ou VRF;
- Tipo de trabalho desenvolvido pelo equipamento: só frio ou só quente, frio e quente intercalado ou frio e quente em simultaneamente;
- Capacidade total e sensível de frio e capacidade total de quente (se aplicável);

## 4.2 Dimensionamento de redes de tubagem de água

A rede de tubagem de água de uma instalação destina-se à distribuição de água em todos os pontos de utilização. Esta rede pode constituir um sistema aberto ou fechado, dependendo se o equipamento final a alimentar contém retorno ou não. Por exemplo, uma rede de alimentação de água fria a torneiras será uma rede aberta, enquanto uma rede de distribuição de água fria a baterias de arrefecimento será uma rede fechada.

Os dois factores principais no dimensionamento da rede hidráulica serão a velocidade do fluido e a perda de carga na tubagem.

Para a perda de carga por metro de tubagem, os valores deverão andar entre os 50 e os 350 Pa/m. Posto isto, se a tubagem for dimensionada para valores próximos de 200 Pa/m, estamos a satisfazer a maior parte dos sistemas. Se por algum motivo este valor tiver de ser maior ou menor, deverá ser ajustada a estratégia de escolha para satisfazer esse requisito de projecto.

Quanto à velocidade, o valor que se recomenda será abaixo de 1,2 m/s para tubagens até 50 mm de diâmetro externo. Esta recomendação tem por base o ruído que poderá existir se a velocidade for excessiva.

Com estes valores em mente, deverão ser consultados os ábacos de selecção de diâmetro de tubagem, obtidos através da combinação das equações de perda de carga explicadas no capítulo 4.1.

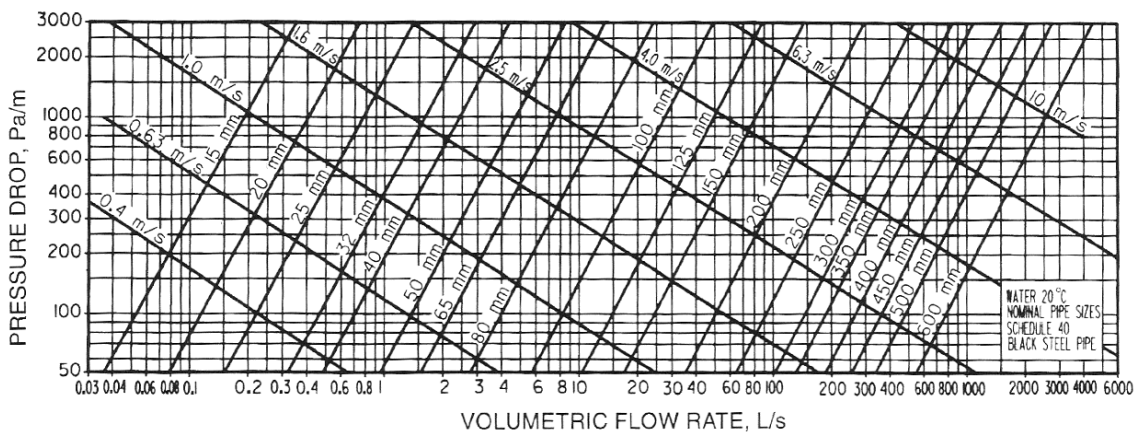


Figura 10 – Ábaco de selecção de tubo ferro preto (aço carbono).

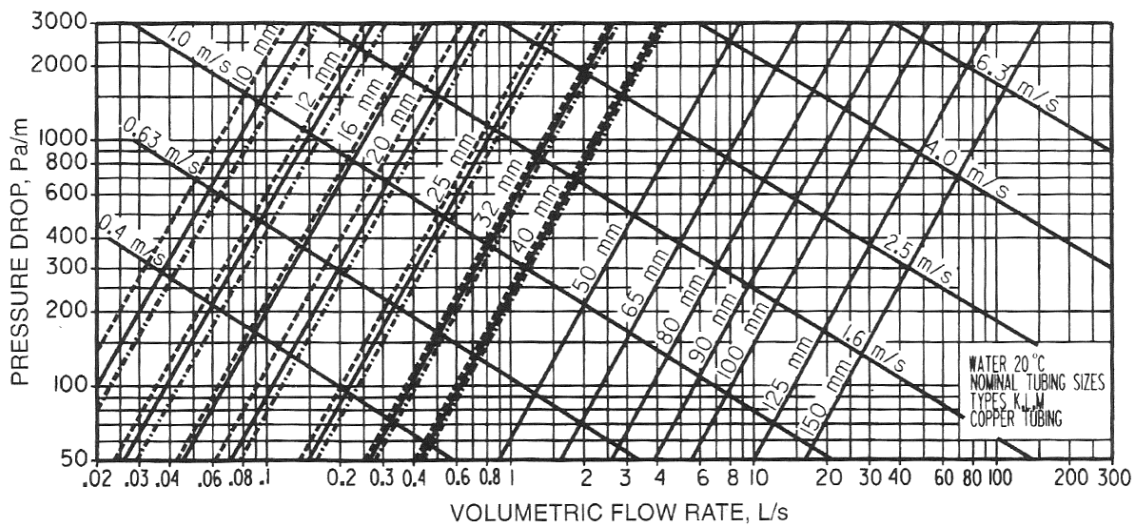


Figura 11 – Ábaco de selecção de tubo de cobre.

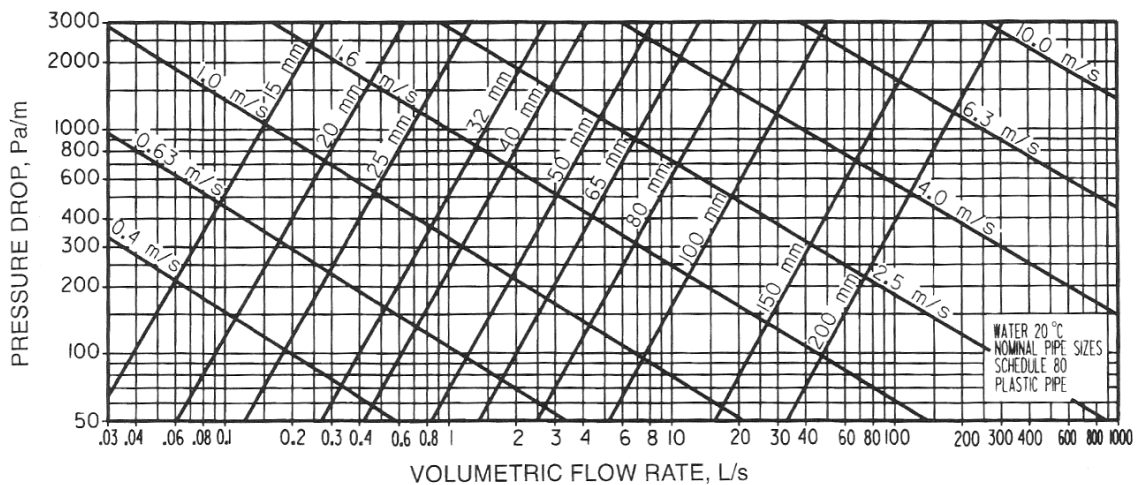


Figura 12 – Ábaco de selecção de tubo de plástico.

### 4.3 Dimensionamento de depósitos de inércia

Hoje em dia é cada vez mais habitual a utilização de circuitos de caudal variável como forma de poupança de energia para os períodos de menor utilização e melhor controlo da utilização de todos os componentes inerentes à instalação hidráulica.

Com a utilização de circuitos de caudal variável advém a necessidade da separação entre o primário do circuito (produção) e o secundário (consumo).

A forma mais tradicional de o fazer será através de uma tubagem comum, responsável pelo bypass dos dois circuitos, o que por vezes, derivado às diferentes exigências entre a produção e o consumo, leva a variações de caudal e temperatura indesejáveis.

Por este motivo, é recomendado a utilização de depósitos de inércia ou equilíbrio que irão ser os responsáveis pela separação física entre o circuito primário e o secundário.

Com a instalação deste componente será possível garantir caudais diferentes entre o primário e o secundário sem que existam variações de temperatura no consumo.

O reservatório de inércia poderá controlar o arranque e paragem do equipamento responsável pela alimentação, normalmente um chiller, e o seu tamanho irá determinar o tempo entre arranque e paragem do equipamento (quanto maior o reservatório, maior o tempo entre arranque e paragem).

No caso da ACET, o cálculo do depósito de inércia é feito com recurso a uma fórmula proposta pela empresa GRUNDFOS:

$$\text{Volume do reservatório} = (Q_{Pmin} \cdot Q_{Smin}) / (60/t) \quad \text{Equação 9}^{10}$$

Onde:

- $Q_{Pmin}$  – caudal mínimo do lado do primário em  $m^3/h$ ;
- $Q_{Smin}$  – caudal mínimo do lado do secundário em  $m^3/h$ ;
- $t$  – tempo entre paragem e arranque pretendido em minutos.

Para o caso do caudal mínimo do primário este será igual à produção mínima do chiller de menor capacidade da instalação em cauda.

Já no caso do caudal mínimo do secundário é necessário recorrer ao perfil de carga do sistema ao longo do ano e procurar o valor mais baixo de consumo. Tipicamente este valor andarà na casa dos 10% do consumo máximo.

O tempo de paragem e arranque será definido entre o mínimo exigido pelo chiller e o máximo que o utilizador pretende, tendo sempre em consideração que quanto maior for o tempo pedido, maior terá de ser a acumulação e portanto maior será o volume do depósito.

#### **4.4 Dimensionamento de vasos de expansão**

Um vaso de expansão é um recipiente de metal, normalmente em aço, com duas entradas, uma para fluido e outra para um gás, normalmente azoto, que se situam em extremidades opostas e são divididas no interior do recipiente por uma membrana flexível.

---

<sup>10</sup> Equação retirada do ponto 8 da Bibliografia.

Estes equipamentos têm dupla função. Por um lado são responsáveis por manter a pressão da instalação a níveis constantes. Por outro são destinados a compensar as expansões adjacentes ao aumento e diminuição de temperatura do fluido circulante.

Para o dimensionamento destes equipamentos poderemos escolher entre dois métodos distintos.

A diferença dos dois métodos tem por base a exatidão de cálculo do volume útil da instalação. Enquanto o primeiro método é utilizado para aplicações gerais, o segundo será para instalações de aquecimento, onde as dilatações do fluido são mais exigentes.

No caso do primeiro método, a equação proposta para o cálculo do volume útil é:

$$V_E = \left[ \frac{(0,07 \cdot t - 2,5)}{100} \right] \cdot V_T \quad \text{Equação 10}^{11}$$

Onde:

- $V_E$  – volume útil em  $m^3$ ;
- $t$  – temperatura máxima do fluido em  $^{\circ}C$ ;
- $V_T$  – volume total do circuito.

No caso do segundo método, o factor chave para o cálculo do volume útil será o coeficiente de expansão do fluido que, no caso da água, será retirado da tabela 15.

Esta tabela indica o valor do coeficiente para a diferença entre a temperatura do fluido e  $4^{\circ}C$ . Por exemplo, se a temperatura máxima da água na instalação for  $60^{\circ}C$ , o valor de coeficiente de expansão a utilizar será o correspondente a  $55^{\circ}C$  (mais próximo de  $60 - 4 = 56^{\circ}C$ ).

---

<sup>11</sup> Equação retirada do catálogo de selecção de vasos de expansão da CALLEFI.

**Tabela 15** - Valores do coeficiente de expansão “e” da água.

Temperatura (°C)	Coeficiente "e"
0	0,00013
10	0,00025
15	0,00085
20	0,00180
25	0,00289
30	0,00425
35	0,00582
40	0,00782
45	0,00984
50	0,01207
55	0,01447
60	0,01704
65	0,01979
70	0,02269
75	0,02575
80	0,02898
85	0,03236
90	0,03590
95	0,03958
100	0,04342

Este coeficiente deverá ser aplicado à seguinte equação:

$$V_E = e \cdot V_T \quad \text{Equação 11}^{12}$$

É de salvaguardar que  $V_T$  deverá incluir os volumes adjacentes a depósitos, permutadores, baterias, colectores e todos os equipamentos que fazem parte da linha onde será instalado o vaso de expansão.

Uma vez calculado o volume útil, é necessário saber qual o rendimento de utilização a partir da seguinte equação:

$$\eta = [P_{m\acute{a}xima} - P_{inicial}] / P_{m\acute{a}xima} \quad \text{Equação 12}^{12}$$

Onde:

- $\eta$  – rendimento de utilização;
- $P_{m\acute{a}xima}$  – pressão máxima absoluta do circuito em bar;

---

<sup>12</sup> Equação retirada do catálogo de selecção de vasos de expansão da CALLEFI.

- $P_{inicial}$  – pressão absoluta inicial do fluido.

A pressão absoluta inicial à cota a que é instalado o vaso de expansão será igual à pressão hidrostática, mais a pressão atmosférica, mais um factor de compensação de 0,3 bar. Na prática, esta pressão será igual à pressão de pré-carga do vaso de expansão mais a atmosférica.

Assim sendo, esta pressão é dada pela equação 13.

$$P_{inicial} = \left( \frac{\text{Altura da Instalação do Vaso}^{13}}{10} \right) + 1 + 0,3 \quad \text{Equação 13}^{14}$$

A pressão máxima absoluta do circuito será a pressão de circulação do fluido mais a pressão atmosférica.

Desta forma, o volume do vaso de expansão será dado pela equação 14.

$$V = \frac{V_E}{\eta} \quad \text{Equação 14}^{14}$$

Quanto à instalação física do vaso de expansão, esta deverá ser feita ou no ponto de menor pressão da linha em questão, uma vez que é aí que se sente a maior variação interna de pressão da linha, ou no ponto mais alto da instalação para que desta forma a pressão inicial seja menor, o rendimento maior e, por consequência, o vaso de expansão menor.

Tendo em mente este factor, normalmente o vaso de expansão é instalado na linha de enchimento que se situa a montante da bomba circuladora.

#### 4.5 Dimensionamento de redes de ar comprimido<sup>15</sup>

Na produção de ar comprimido, uma vez que é utilizado o ar directo do meio ambiente, é necessário controlar a qualidade do mesmo.

De uma maneira geral, os poluentes que se verificam no ar comprimido são:

- Água condensada;
- Partículas sólidas;
- Óleo.

---

<sup>13</sup> NOTA: Esta altura será relativamente ao ponto mais baixo da instalação.

<sup>14</sup> Equação retirada do catálogo de selecção de vasos de expansão da CALLEFI.

<sup>15</sup> Capítulo escrito com base no ponto 5 da Bibliografia.

Estes contaminantes têm influência uns sobre os outros (por exemplo; partículas sólidas em contacto com água ou óleo formam partículas maiores) e algumas vezes depositam-se ou condensam-se dentro da tubagem.

Como forma de classificar a qualidade do ar comprimido, foi criada a ISO 8573 que caracteriza o ar de 1 a 5 consoante a classificação atribuída a cada um dos três tipos de poluentes acima referidos.

As tabelas de classificação são exibidas de seguida:

**Tabela 16** - Classe de partículas sólidas.

Classe	Dimensão máxima da Partícula (µm)	Concentração máxima (mg/m <sup>3</sup> )
1	0,1	0,1
2	1	1
3	5	5
4	15	8
5	40	10

**Tabela 17** - Classe de água condensada.

Classe	Máximo ponto de orvalho (°C)
1	-70
2	-40
3	-20
4	+3
5	+7
6	+10
7	Não Especificado

**Tabela 18** - Classe do conteúdo total de óleo.

Classe	Concentração máxima (mg/m <sup>3</sup> )
1	0,01
2	0,1
3	1
4	5
5	25

Como forma de combate e controlo destes poluentes existem vários componentes (à parte da tubagem de distribuição e do compressor) que devem fazer parte de uma rede de ar comprimido, a saber:

- Arrefecedores;
- Secadores de Ar;
- Elementos Filtrantes.

#### 4.5.1 Arrefecedores

O primeiro passo na produção de ar comprimido, independentemente da qualidade do ar requerida, será a redução de temperatura à saída do compressor, uma vez que esta poderá rondar os 150°C. Este trabalho será efectuado pelos arrefecedores instalados após o compressor (aftercoolers), que podem ser a água (pouco usados hoje em dia) ou a ar.

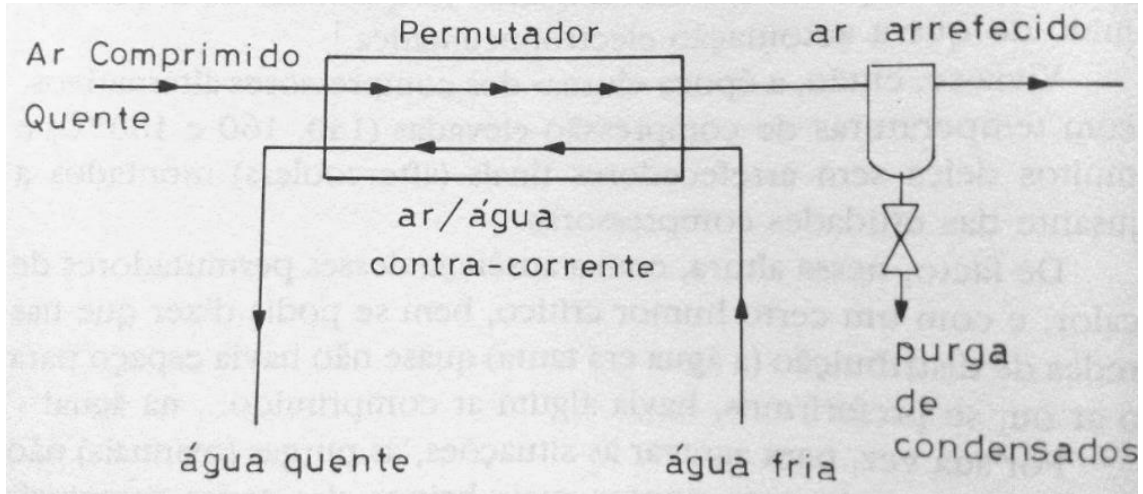


Figura 13 – Arrefecedor a água.<sup>16</sup>

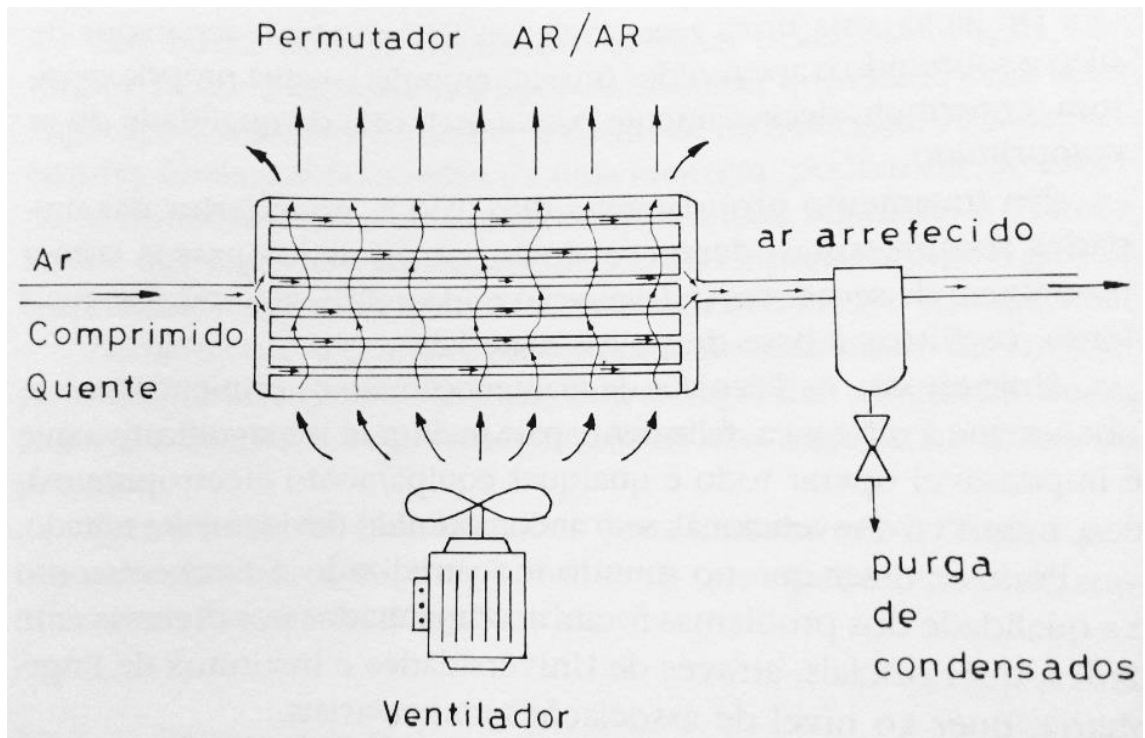


Figura 14 – Arrefecedor a ar.<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Figura retirada do ponto 5 da Bibliografia.

Outra das características destes arrefecedores é a remoção de grande parte da água contida no ar (cerca de 60%) através da libertação do calor latente que produzirá o condensado. Este condensado é, por sua vez, conduzido até ao purgador onde será removido da linha de ar comprimido.

Hoje em dia, na maior parte das instalações de ar comprimido, o compressor escolhido já incorpora um arrefecedor, não sendo nestes casos considerado como mais um elemento da instalação.

#### 4.5.2 Secadores de ar

Como ficou percebido no subcapítulo anterior, o ar comprimido, mesmo depois de ser desumidificado no refrigerador final da unidade compressora, continua a transportar cerca de 40% de água no estado de vapor que irá condensar-se ao longo da linha e/ou nos equipamentos finais.

Para remover esta água remanescente é indispensável a montagem de secadores de ar que poderão ser divididos em 4 tipos, tal como mostra a figura 15.

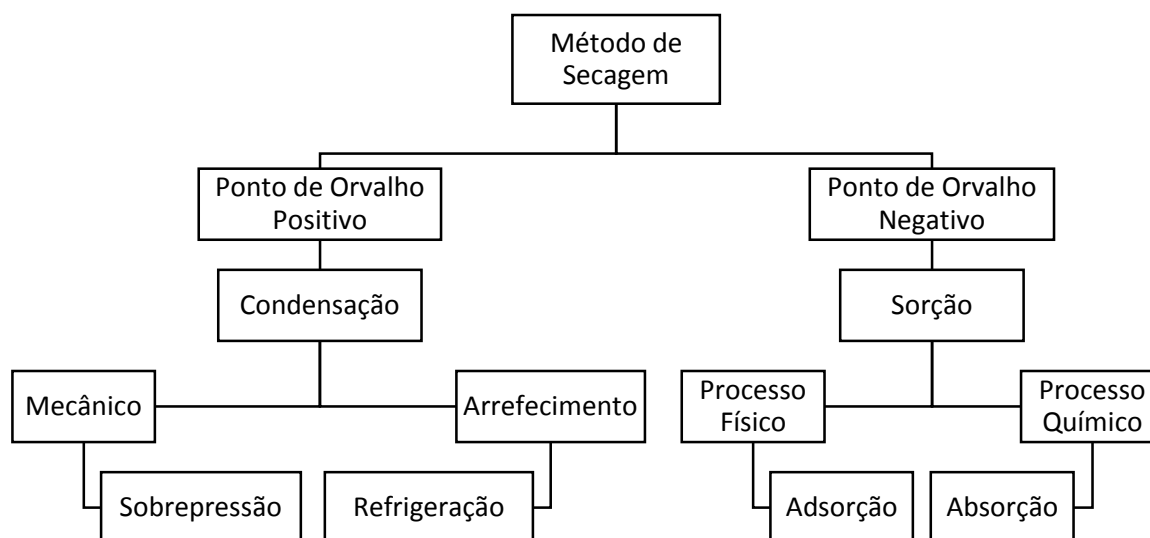


Figura 15 – Esquema de diferenciação dos secadores.

##### 4.5.2.1 Pontos de orvalho positivos

###### Método de sobrepressão

Neste método não é utilizado um equipamento específico mas sim uma técnica no compressor que consiste em comprimir o ar de entrada até que a pressão parcial do

vapor de água exceda a pressão de saturação, fazendo com que esse vapor condense e passe ao estado líquido.

Neste caso, a pressão final de compressão será muito superior à pressão requerida e portanto, após o arrefecimento e remoção de condensados, o ar comprimido é expandido para a pressão normal de trabalho.

Este método é pouco utilizado uma vez que o trabalho excessivo que o compressor terá de fazer não será aproveitado no ar, proporcionando um gasto desnecessário de energia.

### Secadores de refrigeração

Estes secadores utilizam o mesmo princípio dos arrefecedores, ou seja, retiram carga sensível e latente ao ar comprimido a fim de baixar o seu ponto de orvalho.

Neste caso, o objectivo será, dependendo da classe de ar comprimido requerida, chegar a um ponto de orvalho mínimo de +3°C, classe 4.

Para isto, uma vez que as temperaturas do fluido que proporciona a troca de calor devem ser muito baixas, até cerca de -90°C, o fluido a utilizar não será água mas sim gás frigorígeno.

Para a selecção de um secador deste tipo, os cinco pontos essenciais a definir são:

- Débito efectivo de ar comprimido a ser tratado;
- Pressão normal de trabalho;
- Temperatura ambiente;
- Temperatura do ar comprimido à entrada do secador;
- Ponto de orvalho ou classe de ar comprimido pretendida.

Para o caso da temperatura ambiente e a pressão normal de trabalho, os valores nominais são, respectivamente, 25 °C e 7 bar, devendo ser aplicados os factores de correcção da figura 16, definida pela norma ISO 7183, caso os seus valores não sejam estes.

PRESSÃO DE SERVIÇO (BAR)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
FACTOR	0,62	0,72	0,81	0,89	0,94	1	1,04	1,06	1,09	1,10	1,12	1,14	1,15	1,16	1,17

TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	+ 25	+ 30	+ 35	+ 40	+ 43
FACTOR	1,00	0,94	0,88	0,84	0,80

**Figura 16** – Factores de correcção para a temperatura ambiente e pressão de serviço – ISO 7183.<sup>17</sup>

#### 4.5.2.2 Pontos de orvalho negativos

Quando se pretende obter ar comprimido com pontos de orvalho negativos; classe 1, 2 ou 3; o processo de sobrepressão e o secador de refrigeração não podem ser utilizados, sob pena de bloquearem toda a instalação, atendendo a que a água solidifica abaixo de 0 °C.

Evidentemente que quanto mais baixo for o ponto de orvalho do ar comprimido, mais seco ele será e portanto, se essa for a exigência, são utilizados processos químicos (absorção) ou físicos (adsorção) através de materiais dessecantes, ou seja, materiais capazes de reter a humidade contida no ar.

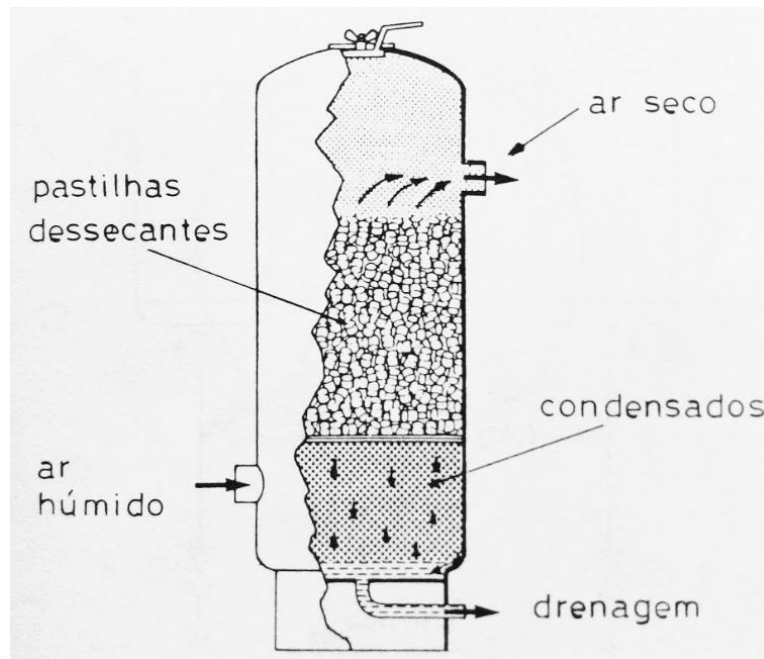
#### Secadores de absorção

Nestes secadores, o processo consiste em fazer passar o ar comprimido através de um reservatório repleto de um determinado dessecante (cloreto de cálcio ou cloreto de lítio) capaz de fixar por absorção a humidade contida no ar.

Tal como o nome indica, na absorção, a água proveniente do ar comprimido combina-se com o dessecante, arrastando consigo gases tóxicos e corrosivos para a tubagem e para o exterior durante a regeneração do material. Por esta razão, este tipo de secadores são muito pouco utilizados.

---

<sup>17</sup> Figura retirada do ponto 5 da Bibliografia.



**Figura 17** – Esquema de um reservatório para um secador de absorção.<sup>18</sup>

### Secadores de adsorção

Para estes secadores, tal como nos anteriores, o processo consiste em fazer passar o ar comprimido por um reservatório repleto de um material dessecante mas, desta vez, o material utilizado poderá ser silicagel, alumina activada ou seiva molecular, dependendo do ponto de orvalho (classe de ar comprimido) requerido.

- Silicagel – ponto de orvalho de -20 °C;
- Alumina activada – ponto de orvalho -40 °C;
- Seiva molecular – ponto de orvalho -70 °C.

Neste caso, a água não se mistura com o dessecante mas sim fica retida nele, ou seja, o material tem uma propriedade para atrair a água mas esta fica à superfície do mesmo, criando uma película de água em toda à volta. Desta forma, não existe o problema de contaminação da tubagem ou do circuito de regeneração levantado anteriormente.

A regeneração do material dessecante faz-se com uma pequena parcela, cerca de 10%, do próprio ar comprimido livre de humidade.

---

<sup>18</sup> Figura retirada do ponto 5 da Bibliografia.

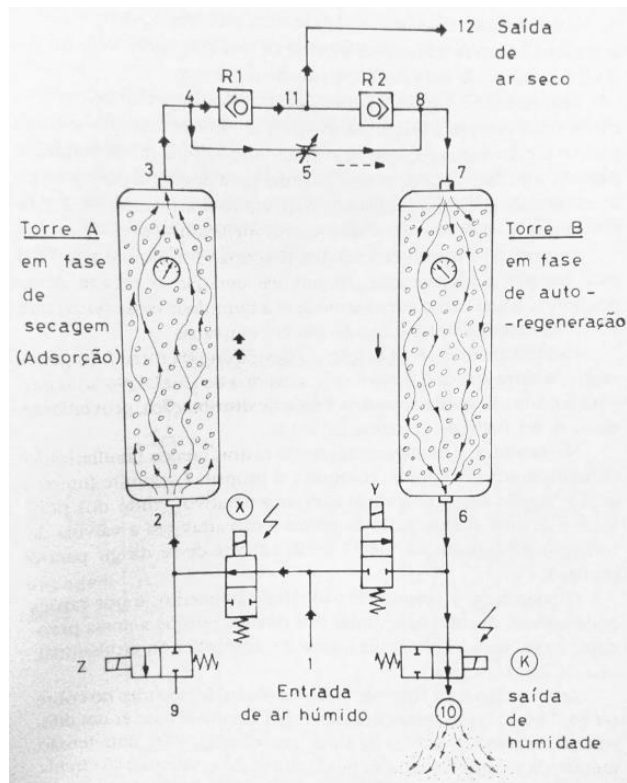


Figura 18 – Esquema de um secador de adsorção com auto-regeneração.<sup>19</sup>

#### 4.5.3 Elementos filtrantes

De modo a poder conter as partículas indesejadas no ar comprimido, existem elementos filtrantes a serem instalados na entrada de ar do compressor e entre o compressor e os restantes elementos da rede (tanques de acumulação, secadores e equipamentos).

De seguida são enumerados e explicados sucintamente os elementos filtrantes possíveis numa instalação de ar comprimido.

#### Elementos de processo mecânico

Os elementos de processo mecânico são maioritariamente os separadores de condensados.

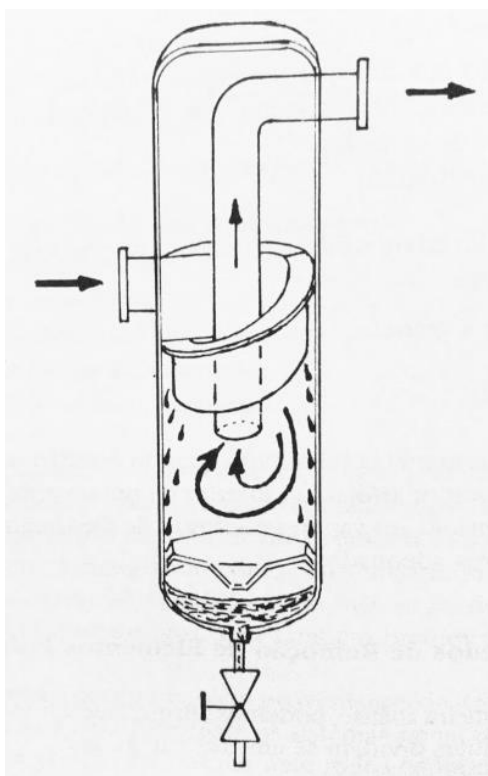
Hoje em dia estes separadores são essencialmente instalados entre os compressores e os depósitos de ar comprimido. Uma vez que a tendência é a instalação de secadores, não existe necessidade de instalar estes componentes ao longo da linha de ar comprimido.

<sup>19</sup> Figura retirada do ponto 5 da Bibliografia.

O separador funciona segundo o princípio de que quando uma corrente de ar húmido altera abruptamente a sua direcção, as partículas de humidade contidas nele não conseguem acompanhar essa mudança, precipitando contra uma parede separadora.

No sentido de aumenta a eficiência deste equipamento, um separador típico possui uma entrada tangencial ao seu corpo que origina a rotação do fluido em forma helicoidal.

Este percurso sinuoso, auxiliado por anteparas ou alhetas, provoca a separação mecânica da água, isto é, as gotas de água, devido ao seu peso, depositam-se na zona inferior do separador e a saída do ar comprimido é feita de baixo para cima, através de um tubo especialmente colocado para esse efeito.



**Figura 19** – Filtração da água num separador.<sup>20</sup>

### Elementos de separação por superfície

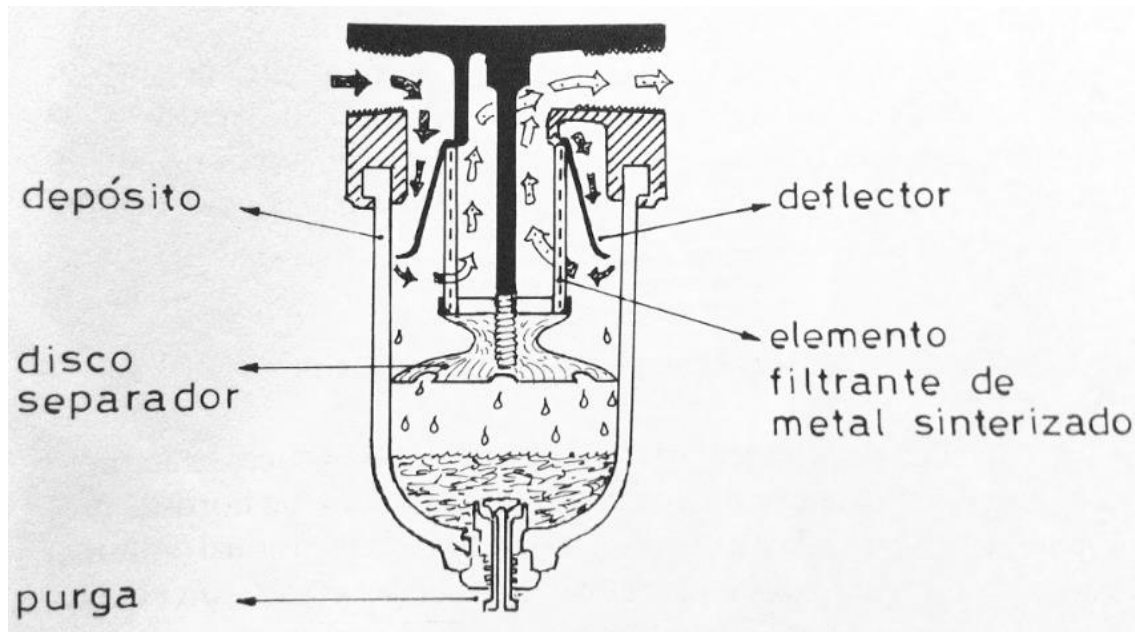
Estes elementos filtrantes têm a função de remover impurezas através de um elemento perfurado no seu interior, isto é, os poros desse elemento impedem a passagem de partículas com dimensão superior às suas diminutas secções e deixam passar impurezas que são inferiores.

---

<sup>20</sup> Figura retirada do ponto 5 da Bibliografia.

De uma maneira geral, por forma a evitar a rápida colmatção destes elementos, os filtros de separação por superfície são dimensionados para filtrar partículas até  $1\ \mu\text{m}$ , sendo particularmente eficazes até partículas de  $5\ \mu\text{m}$ .

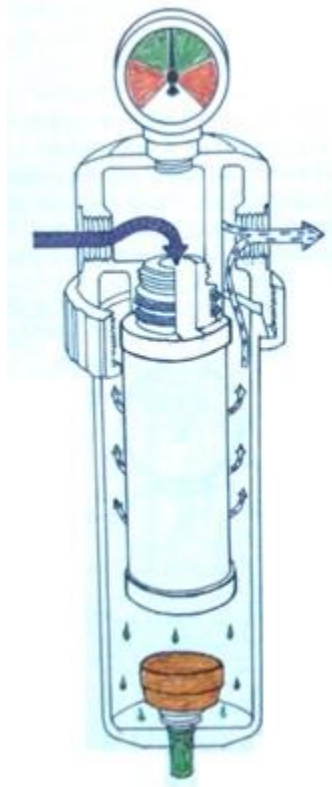
Um filtro desta categoria poderá filtrar o ar de fora para dentro (figura 20), como é típico nos filtros de admissão de um compressor, ou de dentro para fora (Figura 21), sendo estes últimos utilizados quando o ar está sob pressão.



**Figura 20** – Filtros de separação por superfície (filtração de fora para dentro).<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> Figura retirada do ponto 5 da Bibliografia.



**Figura 21** – Filtros de separação por superfície (filtração de dentro para fora).<sup>22</sup>

### Elementos de separação por profundidade

Uma vez que os elementos de separação por superfície só são utilizados para partículas até 1  $\mu\text{m}$ , é preciso criar elementos que filtrem partículas de menor dimensão. Nesse sentido, são fabricados os elementos de separação por profundidade, capazes de reter partículas até 0,01  $\mu\text{m}$ , utilizando, à semelhança dos secadores, elementos com capacidade de absorção e adsorção dessas partículas.

Os elementos de separação por profundidade podem ser subdivididos nos seguintes tipos:

- Microfiltros ou Submicrofiltro – por absorção mas, fundamentalmente por adsorção, todas as partículas superiores a 0,01  $\mu\text{m}$  são retidas por microfibras com eficiência de 99,9998%, deixando teores residuais de óleo de 0,1 mg/m<sup>3</sup> ou 0,01 mg/m<sup>3</sup>, consoante se trate de microfiltros (classe 2) ou submicrofiltros (classe 1);
- Filtros de Carvão Activado – neste tipo de filtro, a zona intermédia do seu elemento é composta por diversas camadas de fibra de vidro impregnada de

---

<sup>22</sup> Figura retirada do ponto 5 da Bibliografia.

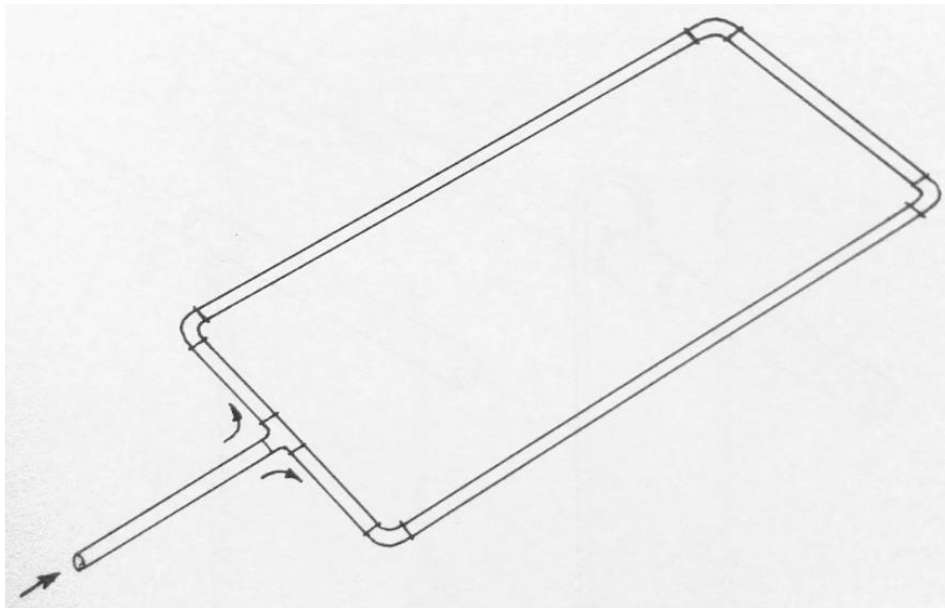
carvão activado, captando por absorção e adsorção as moléculas de óleo, tornando o ar comprimido tecnicamente isento de óleo;

- Filtros de Esterilização – filtros utilizados onde o ar comprimido entra na confeção do produto final e não pode conter qualquer tipo de agente contaminante. Neste tipo de filtro deverá existir uma linha de vapor de forma a destruir todas as bactérias e a regenerar o elemento filtrante.

#### 4.5.4 Tubagem de ar comprimido

Para a instalação da tubagem de ar comprimido existem duas possibilidades: Anel Fechado ou Anel Aberto. Dependendo da literatura escolhida, há quem defenda que o anel aberto é preferível, outros que o melhor é a instalação em anel fechado.

No caso da ACET, as instalações são, sempre que possível, dimensionadas em anel fechado. Deste modo é garantido um maior equilíbrio no fornecimento do ar comprimido uma vez que qualquer ponto de uso na instalação recebe fluxo em ambos os sentidos do anel.



**Figura 22** – Rede de ar comprimido em anel fechado.<sup>23</sup>

Independentemente do tipo de instalação a utilizar, existem dois métodos de cálculo do diâmetro da tubagem; método gráfico, onde são utilizados ábacos, e método analítico, onde podem ser utilizadas variadas fórmulas, todas muito semelhantes.

Em ambos os métodos é necessário saber quatro parâmetros:

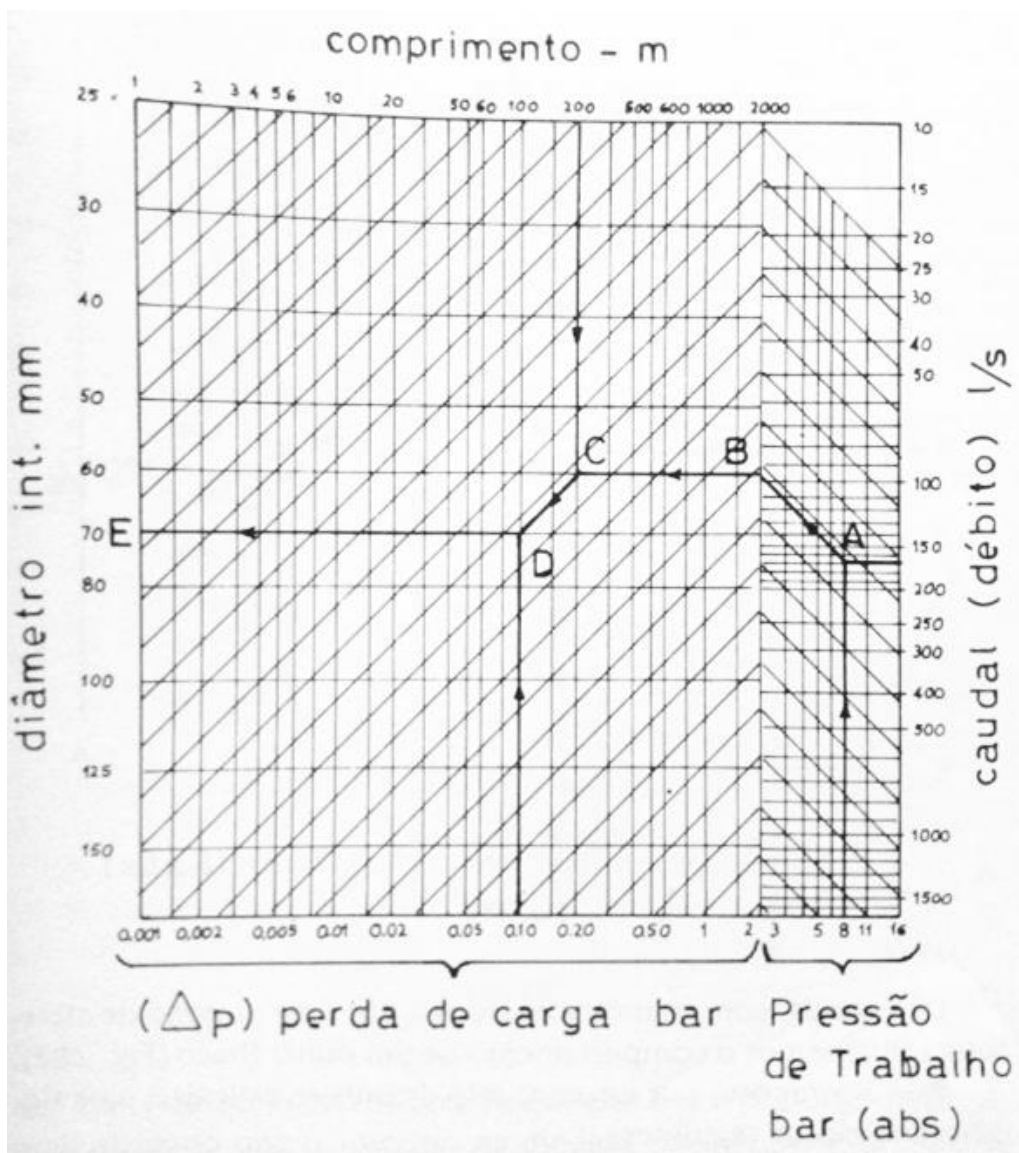
---

<sup>23</sup> Figura retirada do ponto 5 da Bibliografia.

- Caudal;
- Pressão de funcionamento;
- Distância do ponto mais desfavorável;
- Perda de carga máxima na linha.

Para a perda de carga máxima na linha, não se aconselha valores superiores a 0,15 bar. É necessário entender que quanto mais baixo for este valor, maior será o diâmetro pretendido e, conseqüentemente, o escoamento do ar comprimido processar-se-á com mais facilidade, resultando daí um melhor rendimento das aplicações pneumáticas.

No caso da ACET o método mais utilizado é o gráfico e é utilizado o seguinte ábaco:



**Figura 23** – Ábaco de dimensionamento do diâmetro da tubagem de ar comprimido.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> Figura retirada do ponto 5 da Bibliografia.

Para explicar melhor o método de selecção deste ábaco, é utilizado um exemplo de anel fechado com 170 l/s de caudal, pressão manométrica de 7 bar, 200 metros até ao ponto mais desfavorável e perda de carga máxima de 0,1 bar (exemplo retirado do livro José Novais; Ar Comprimido Industrial: Produção, Tratamento e Distribuição).

- Ponto A – É feito o cruzamento da pressão (7 bar relativos, 8 bar absolutos) com o caudal de  $70 / 2 = 35$  l/s. Uma vez que se trata de anel fechado, o caudal pode chegar ao ponto por duas vias, daí ser dividido por dois;
- Ponto B – A partir do ponto A, traça-se uma paralela às diagonais existentes na zona da pressão de trabalho até se encontrar a linha referente a 2000 metros;
- Ponto C – A partir do ponto B, traça-se uma linha vertical até à distância pretendida, neste caso, 200 metros;
- Ponto D – A partir do ponto C, traça-se uma paralela às diagonais existentes nessa zona até se cruzar com a linha vertical proveniente da perda de carga máxima admissível, neste caso, 0,1 bar;
- Ponto E – A partir do ponto D, traça-se uma linha vertical até ao eixo dos diâmetros, retirando o valor obtido.

Para o caso do método analítico, dentro de todas as equações existentes, a utilizada por este gabinete de engenharia será:










$$d^5 = \left[ 0,842 \cdot L \cdot Q^2 / (P_{abs} \cdot \Delta P) \right] \quad \text{Equação 15}$$

Onde:

- d – diâmetro interno em cm;
- L – comprimento total;
- Q – caudal de ar comprimido em m<sup>3</sup>/min;
- P<sub>abs</sub> – pressão absoluta em bar;
- ΔP – perda de carga máxima em bar.

Para ambos os métodos de selecção é necessário ter em atenção as perdas de carga localizadas no decorrer da linha de ar comprimido provenientes das derivações, tês, curvas e válvulas.

Estas perdas de carga irão entrar no dimensionamento da tubagem como comprimentos equivalentes no comprimento total da instalação.

Válvulas ou Acessórios		Comprimentos Equivalentes em metros									
		Diâmetros Nominais em mm									
		25	40	50	80	100	125	150	200	250	300
retenção		2.0	3.2	4.0	6.4	8.0	10	12	16	20	24
diafragma		1.5	2.5	3.0	4.5	6	8	10	-	-	-
assento		3	5	7	10	15	20	30	35	50	80
esfera - gaveta		0.3	0.5	0.7	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
cotovelo		1.5	2.5	3.5	5	7	10	15	20	25	30
curva r = d		0.3	0.5	0.6	1	1.5	2	2.5	3.5	4	5
curva r = 2d		0.15	0.25	0.3	0.5	0.8	1	1.5	2	3	3.6
redução		0.5	0.7	1	2	2.5	3.5	4	6	8	10
derivação		1.5	2.4	3.0	5	6	8	10	12	15	18

**Figura 24** – Exemplo de valores de comprimento equivalente para as perdas de carga localizadas.<sup>25</sup>

Como neste caso é necessário conhecer o diâmetro das válvulas e acessórios, começa-se por elaborar um cálculo do diâmetro da instalação como se não existisse qualquer acessório, com o objectivo de se encontrar um diâmetro que sirva de ponto de partida para a determinação dos comprimentos equivalentes.

Após se conhecer estes valores, soma-se o comprimento total aos comprimentos equivalentes e retoma-se o processo de selecção do diâmetro da tubagem.

## 4.6 Dimensionamento de redes de vapor e condensados

O vapor de água é a água no estado gasoso resultante do aquecimento da mesma a condições de pressão e temperatura específicas.

Consoante a qualidade de água, assim a qualidade de vapor. Por esta razão na ACET é possível distinguir entre vapor industrial, limpo e puro, consoante seja utilizada água da rede, desmineralizada ou purificada para a sua produção.

<sup>25</sup> Figura retirada do ponto 5 da Bibliografia.

O vapor de água pode ser apresentado sobre duas formas distintas; vapor saturado ou vapor sobreaquecido. O vapor saturado, normalmente designado só por vapor, por se encontrar logo após a fase de mistura, ainda poderá conter alguma quantidade de água em forma de pequenas gotículas enquanto o vapor sobreaquecido ou seco, tal como o nome indica, só contém vapor.

A utilização mais comum nos projectos é a do vapor saturado que deverá ser o mais seco possível, ou seja, deverá conter o mínimo de partículas de água.

Este fluido, quando conduzido aos equipamentos finais, sejam permutadores de calor, autoclaves, etc., sede o seu calor latente. Nesta altura, uma vez que se trata de uma permuta de calor latente, a temperatura do fluido mantém-se constante mas existe uma alteração do estado gasoso para o estado líquido, ou seja, uma condensação a temperatura constante onde o vapor volta ao seu estado inicial, água. A esta água é normalmente dada a designação de condensado.

No interior da linha de vapor, devido às perdas de energia inerentes ao transporte do fluido, é possível o aparecimento de condensados.

Como se pode entender pela descrição simples acima feita do funcionamento de um equipamento a vapor, uma rede de distribuição deste fluido terá sempre duas vertentes distintas, uma para vapor e outra para condensados.

Importa agora caracterizar os componentes essenciais para um correcto funcionamento destas instalações, sendo eles:

- Tubagem de vapor;
- Tubagem de condensados;
- Equipamentos para a captação e remoção de condensados;
- Equipamentos de redução de pressão;
- Juntas de dilatação.

#### **4.6.1 Tubagem de vapor**

Nas linhas de vapor, a fim de evitar perdas de carga elevadas e erosão na tubagem, existem valores empíricos de velocidade de escoamento que não devem ser ultrapassados.

- Linhas principais – 15 a 30 m/s;
- Ramais secundários e linhas curtas – 10 a 15 m/s.

Neste sentido, o dimensionamento das tubagens de vapor pode ser feito através de dois critérios; velocidade ou perda de carga.

No caso do primeiro critério, fixa-se a velocidade que se considera aceitável e, em função do caudal e da pressão absoluta ou relativa, procura-se em tabelas apropriadas o diâmetro correspondente. Estas tabelas são geralmente fornecidas pelos fabricantes de equipamentos de vapor que, embora possam ter algumas diferenças entre elas, essas diferenças são mínimas e podem não ser consideradas.

Uma das empresas mais conceituadas na área do vapor é a Spirax Sarco, que disponibiliza, entre outras, a figura 25 para a determinação dos diâmetros.

Presión bar	Velocidad		kg/h										
	m/s		15mm	20mm	25mm	32mm	40mm	50mm	65mm	80mm	100mm	125mm	150mm
0,4	15	7	14	24	37	52	99	145	213	394	648	917	
	25	10	25	40	62	92	162	265	384	675	972	1 457	
	40	17	35	64	102	142	265	403	576	1 037	1 670	2 303	
0,7	15	7	16	25	40	59	109	166	250	431	680	1 006	
	25	12	25	45	72	100	182	287	430	716	1 145	1 575	
	40	18	37	68	106	167	298	428	630	1 108	1 712	2 417	
1,0	15	8	17	29	43	65	112	182	260	470	694	1 020	
	25	12	26	48	72	100	193	300	445	730	1 160	1 660	
	40	19	39	71	112	172	311	465	640	1 150	1 800	2 500	
2,0	15	12	25	45	70	100	182	280	410	715	1 125	1 580	
	25	19	43	70	112	162	295	428	656	1 215	1 755	2 520	
	40	30	64	115	178	275	475	745	1 010	1 895	2 925	4 175	
3,0	15	16	37	60	93	127	245	385	535	925	1 505	2 040	
	25	26	56	100	152	225	425	632	910	1 580	2 480	3 440	
	40	41	87	157	250	375	595	1 025	1 460	2 540	4 050	5 940	
4,0	15	19	42	70	108	156	281	432	635	1 166	1 685	2 460	
	25	30	63	115	180	270	450	742	1 080	1 980	2 925	4 225	
	40	49	116	197	295	456	796	1 247	1 825	3 120	4 940	7 050	
5,0	15	22	49	87	128	187	352	526	770	1 295	2 105	2 835	
	25	36	81	135	211	308	548	885	1 265	2 110	3 540	5 150	
	40	59	131	225	338	495	855	1 350	1 890	3 510	5 400	7 870	
6,0	15	26	59	105	153	225	425	632	925	1 555	2 525	3 400	
	25	43	97	162	253	370	658	1 065	1 520	2 530	4 250	6 175	
	40	71	157	270	405	595	1 025	1 620	2 270	4 210	6 475	9 445	
7,0	15	29	63	110	165	260	445	705	952	1 815	2 765	3 990	
	25	49	114	190	288	450	785	1 205	1 750	3 025	4 815	6 900	
	40	76	177	303	455	690	1 210	1 865	2 520	4 585	7 560	10 880	
8,0	15	32	70	126	190	285	475	800	1 125	1 990	3 025	4 540	
	25	54	122	205	320	465	810	1 260	1 870	3 240	5 220	7 120	
	40	84	192	327	510	730	1 370	2 065	3 120	5 135	8 395	12 470	
10,0	15	41	95	155	250	372	626	1 012	1 465	2 495	3 995	5 860	
	25	66	145	257	405	562	990	1 530	2 205	3 825	6 295	8 995	
	40	104	216	408	615	910	1 635	2 545	3 600	6 230	9 880	14 390	
14,0	15	50	121	205	310	465	810	1 270	1 870	3 220	5 215	7 390	
	25	85	195	331	520	740	1 375	2 080	3 120	5 200	8 500	12 560	
	40	126	305	555	825	1 210	2 195	3 425	4 735	8 510	13 050	18 630	

**Figura 25** – Diâmetro da tubagem em função do caudal, da pressão e da velocidade de vapor.

Para o critério de perda de carga, a fórmula a utilizar é também proposta pela Spirax Sarco. Esta fórmula é a que dá origem ao ábaco de cálculo disponibilizada pela mesma empresa e que a ACET utiliza para os seus projectos.

$$D = \sqrt[5,1]{[(0,029 \cdot Q^{1,95} \cdot v \cdot 0,95)/J]} \quad \text{Equação 16}$$

Onde:

- D – diâmetro em cm;
- Q – caudal de vapor em kg/h;
- $v$  – volume específico em  $m^3/kg$ ;
- J – pressão em bar/100m.

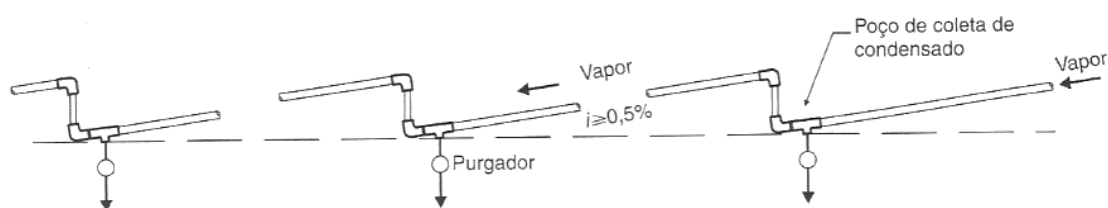
Tal como foi dito anteriormente, o vapor, ao transferir o seu calor latente, condensa. Esses condensados terão de ser removidos por parte de equipamentos específicos mas, o correcto projecto das linhas de vapor ajuda à sua remoção.

Assim, quando se projecta uma rede de vapor deve-se ter em atenção que as suas tubagens possuem uma inclinação no sentido do escoamento de pelo menos 0,5%. Com isto, o condensado tende a descer por acção da gravidade, acompanhando o fluxo de vapor.

É também de extrema importância a colocação de dispositivos que colem o condensado, sendo estes instalados entre cada 30 a 50 metros e denominados de pontos de drenagem. Estes pontos devem também ser instalados nos pontos baixos e nas descidas das linhas.

Sempre que as linhas de vapor sejam muito longas e não seja possível manter a inclinação de 0,5% constante, é possível dividir a linha em troços de igual inclinação, colocando-se na parte baixa de cada troço um equipamento de purga de condensados.

Desta forma, a linha de vapor ficará com um aspecto semelhante ao da figura 26.



**Figura 26** – Linha de vapor dividida para obtenção da inclinação de 0,5%.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> Figura retirada do ponto 4 da Bibliografia.

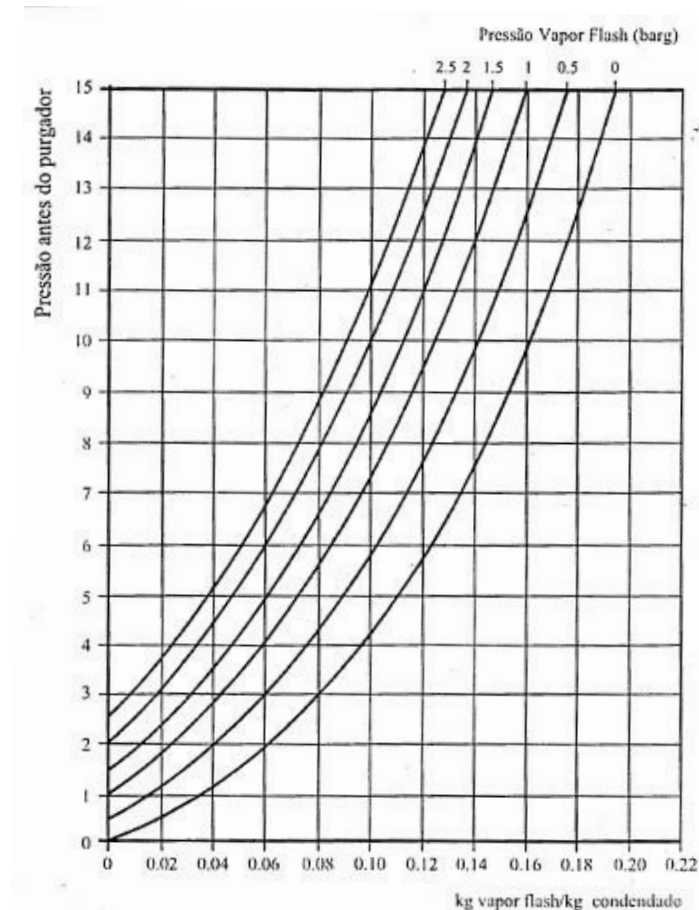
#### 4.6.2 Tubagem de condensados

Quando o vapor condensa, a energia fornecida ao material que está a ser aquecido representa cerca de 75% da energia fornecida pela caldeira, ficando os restantes 25% retidos no condensado.

Uma das vantagens de fazer a recolha de condensados será o aproveitamento dessa energia a fim de reduzir o trabalho desse equipamento de produção de vapor.

Numa instalação de vapor, o condensado é drenado através de purgadores da pressão mais alta para a pressão mais baixa. Como consequência desta queda de pressão, parte do condensado irá re-evaporar, produzindo o chamado vapor flash.

Na figura 27 é possível determinar a quantidade de vapor flash produzida através da pressão de vapor e da pressão do condensado. Tipicamente, esta quantidade irá rondar os 10 a 20% de condensado.



**Figura 27** – Quantidade de vapor flash em função da pressão de vapor e do condensado.<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> Figura retirada de uma publicação sobre vapor flash por parte da Spirax Sarco.

Para o dimensionamento do diâmetro da tubagem, o caudal de condensados a ser considerado não deve ser igual ao caudal de vapor do equipamento ou da linha mas sim o dobro ou, em alguns casos, mais do dobro. Este valor, apesar de empírico, é facilmente explicado uma vez que, tal como foi visto anteriormente, a tubagem de condensados transporta não só a água, como alguma quantidade de vapor (vapor flash) e, em alguns casos, o ar deslocado pela entrada de vapor.

No caso da ACET, a tabela usada para a determinação do diâmetro da tubagem é a da figura 28, proposta pela Spirax Sarco. De modo a não ter perdas de cargas excessivas na linha, a coluna de selecção utilizada é a de 0,8 mbar/m.

Perda de carga aproximada em mbar por m de percurso Tubo de aço						
Tubo de Aço	0.3	0.5	0.6	0.8	1.0	1.4
1/2" 15 mm	95	130	140	160	180	220
3/4" 20 mm	220	290	320	370	420	500
1" 25 mm	410	540	600	690	790	940
1.1/4" 32 mm	890	1180	1300	1500	1700	2040
1.1/2" 40 mm	1360	1790	2000	2290	2590	3100
2" 50 mm	2630	3450	3810	4390	4990	6000
2.1/2" 65 mm	5350	6950	7730	8900	10150	12100
3" 80 mm	8320	10900	12000	13800	15650	18700
4" 100 mm	17000	22200	24500	28200	31900	38000

Figura 28 – Diâmetro da tubagem de condensados para escoamentos em tubos de aço.<sup>28</sup>

#### 4.6.3 Equipamentos para a captação e remoção de condensados

Para a captação e remoção de condensados existem dois equipamentos essenciais, o separador de condensados e o purgador, sendo o primeiro destinado à captação e o segundo à remoção.

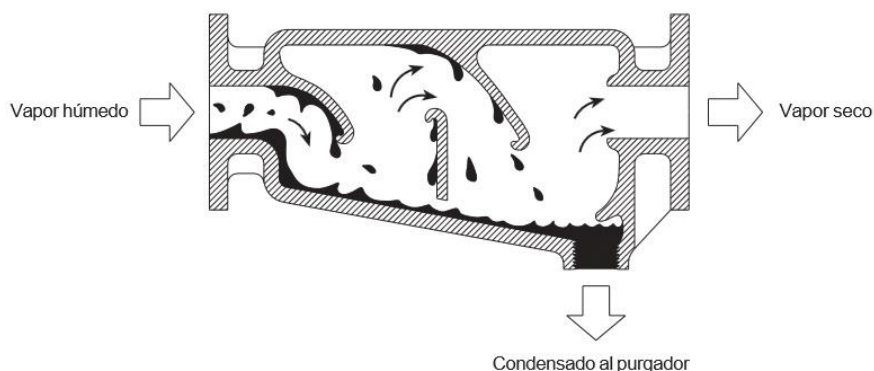
##### Separador de condensados

Nestes equipamentos, cuja finalidade será, tal como o nome indica, separar o condensado do vapor, é provocado um alargamento brusco da secção de escoamento com o objectivo de reduzir a velocidade do vapor.

No interior do separador existem placas criteriosamente colocadas de modo a provocar a mudança de direcção do vapor e, conseqüentemente, a separação de gotículas de água que se vão depositar no fundo deste equipamento.

Os separadores de condensados podem ser do tipo vertical ou horizontal (figura 29), sendo o seu princípio de funcionamento semelhante.

<sup>28</sup> Figura retirada do ponto 4 da Bibliografia.



**Figura 29** – Separador de condensado.<sup>29</sup>

### Purgador

O purgador destina-se à remoção dos condensados dos separadores, dos Tês e dos equipamentos onde este se forma.

Conforme o princípio segundo o qual operam, estes são divididos em três tipos:

- Purgador mecânico – funciona através da diferença de densidades da água e do vapor. Esta categoria de purgadores pode ainda ser dividida em purgadores de boia simples, purgadores de boia do tipo termostático com eliminador de ar, purgadores de boia com eliminador de vapor e purgadores de balde;
- Purgadores termostáticos – funciona através da diferença de temperaturas entre o vapor e o condensado após certo tempo de formado, visto que quando aparece, a sua temperatura é igual à do vapor. Esta categoria de purgadores pode ainda ser dividida em purgadores de pressão balanceada, purgadores de expansão líquida e purgadores bimetálicos;
- Purgadores termodinâmicos – funcionam segundo o princípio da conservação da energia. Neste caso, a diferença de velocidades do vapor e do condensado provoca o deslocamento de uma válvula de disco. Consoante a inclinação do disco, assim se pode dividir os purgadores termodinâmicos em simples ou com fluxo distribuído.

---

<sup>29</sup> Figura retirada do ponto 4 da Bibliografia.

#### 4.6.4 Equipamentos de redução de pressão

Nem sempre a pressão que queremos no equipamento é a pressão de circulação do vapor. Nesses casos é necessário reduzir a pressão à entrada do equipamento através de uma válvula de redução de pressão.

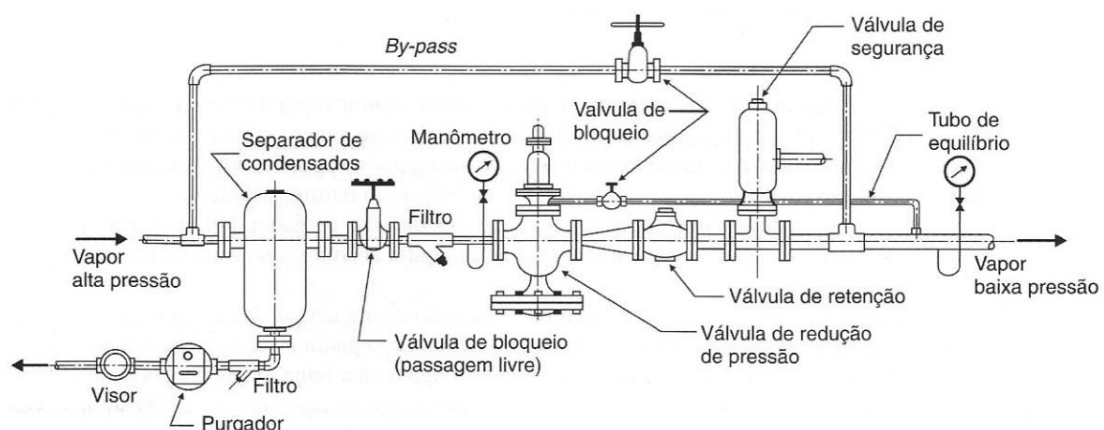
É sempre preferível que o vapor circule pelas linhas de distribuição a uma pressão mais elevada uma vez que nessas condições obtêm-se temperaturas mais elevadas, melhor qualidade de vapor e são necessárias tubagens com menor diâmetro.

A redução de pressão de vapor realiza-se junto ao equipamento ou a um conjunto de equipamentos, se tiverem todos a mesma especificação de vapor, sendo sempre preferível a primeira solução.

Os tipos de válvulas de redução de pressão podem reduzir-se às seguintes três:

- Válvulas de acção directa, manual – utilizadas para um só equipamento e quando não existe grandes variações de caudal;
- Válvulas de duplo diafragma – são utilizadas para servir vários equipamentos em simultâneo, ajustando-se automaticamente, por acção de actuador, à ampla faixa de variação de fluxo;
- Válvulas de comando pneumático – válvulas com actuação realizada por ar comprimido, com grande precisão de controlo do caudal de vapor.

Compilando os equipamentos tratados até agora para vapor, à entrada de um equipamento que tenha um controlo individualizado, a linha de vapor deverá ser constituída como ilustra a figura 30.



**Figura 30** – Estação de redução de pressão.<sup>30</sup>

<sup>30</sup> Figura retirada do ponto 4 da Bibliografia.

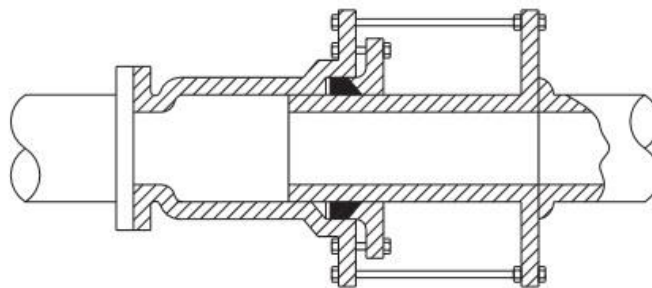
#### 4.6.5 Juntas de dilatação

Uma vez que se trata de instalações de vapor, a temperatura interna da tubagem será muito maior do que se fosse apenas água quente, fazendo com que as dilatações da tubagem tenham uma maior importância e por isso devem ter um controlo maior.

Para troços mais pequenos ou instalações com mais espaço é sempre recomendado usar um traçado de tubagem não rectilíneo, ou seja, devem-se realizar desvios angulares no plano e no espaço de modo a permitir flexibilidade e possibilidade de dilatação à tubagem (muitas vezes também utilizadas liras metálicas).

Quando este traçado não é possível, e no caso de a dilatação ser elevada, é necessário compensar a tubagem com juntas de expansão (ou dilatação). Os dois tipos de juntas mais utilizadas são:

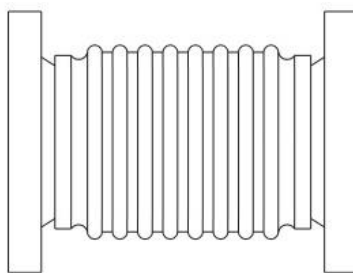
- Juntas deslizantes – são constituídas por dois segmentos de tubo com deslocamento telescópico entre eles, sendo a estanqueidade assegurada por juntas especiais;
- Juntas de fole – são constituídas por um fole que estende e contrai, absorvendo as dilatações da tubagem.



**Figura 31** – Junta deslizante.<sup>31</sup>

---

<sup>31</sup> Figura retirada do ponto 4 da Bibliografia.



**Figura 32** – Junta de fole.<sup>32</sup>

Para determinação da dilatação da tubagem (valor de escolha da junta) é utilizada a seguinte equação:

$$\text{Dilatação} = L \cdot \Delta T \cdot \alpha \quad \text{Equação 17}$$

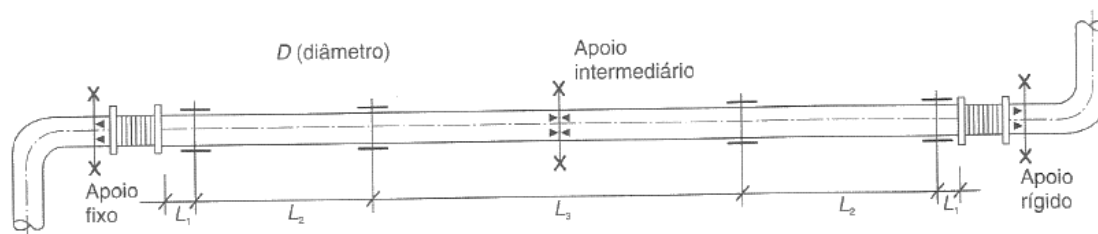
Onde:

- L – comprimento entre apoios em metros;
- $\Delta T$  – diferença entre a temperatura do vapor e a temperatura ambiente em °C;
- $\alpha$  – coeficiente de dilatação do material do tubo em m/m/°C.

Como apoio às juntas de dilatação são usualmente colocadas guias na tubagem de vapor. Estas permitem direcionar a dilatação do tubo no sentido longitudinal e impedem a dilatação transversal.

A colocação das guias deverá ser feita respeitando a tabela 19 (proposta pela Spirax Sarco), sendo neste caso fornecido os valores máximos das distâncias entre guias (L2) e entre guias e juntas (L1).

De modo a compreender melhor a tabela 19, apresenta-se uma figura que explica o que são troços L1 e L2.



**Figura 33** – Distâncias das guias na tubagem de vapor.<sup>32</sup>

<sup>32</sup> Figura retirada do ponto 4 da Bibliografia.

**Tabela 19** - Espaçamento entre guias e entre guias e juntas de dilatação.

Diâmetro do Tubo (polegadas)	L1 (m)	L2 (m)	
		Até 11 bar	Até 21 bar
2	0,20	3,0	2,1
2 ½	0,25	4,6	3,0
3	0,30	6,1	4,5
4	0,41	9,1	6,1
5	0,51	,91	7,6
6	0,61	10,7	7,6
8	0,81	13,7	10,7
10	1,02	18,3	13,7

## 4.7 Dimensionamento de redes de tubagem de gases fármacos

Para o dimensionamento das tubagens dos gases fármacos, à semelhança dos outros fluidos aqui tratados, existem diversos métodos de estudo para o seu dimensionamento.

No caso da ACET a fórmula utilizada baseia-se na fórmula de Worthington. Esta, pela sua complexidade, pode ser simplificada consoante o critério de selecção em ter em causa; velocidade de escoamento ou pressão.

No caso de o critério ser a pressão, o valor aconselhado para a perda de carga até ao ponto mais afastado da instalação é menor ou igual a 0,1 bar.

Se o critério escolhido for a velocidade deverá ser respeitada uma velocidade inferior a 15 m/s e, de preferência, entre 6 a 8 m/s nas tubagens de alimentação ao equipamentos ou pontos de utilização.

Mais uma vez, no caso deste gabinete de projecto, o critério de dimensionamento tenta sempre responder a estes dois requisitos, podendo ser mais rigoroso na perda de carga quando se tratam de instalações de longo alcance ou mais rigoroso na velocidade de escoamento no caso de troços mais curtos e finais.

Assim, as fórmulas simplificadas tomam a seguinte forma:

Fórmula de Worthington em função da pressão:

$$D^5 = 0,842 \cdot L \cdot Q^2 / (P_{abs} \cdot \Delta P) \quad \text{Equação 18}^{33}$$

---

<sup>33</sup> Equação retirada do ponto 4 da Bibliografia.

Onde:

- D – diâmetro em cm;
- L – comprimento total;
- Q – caudal em m<sup>3</sup>/min;
- P<sub>abs</sub> – pressão absoluta do fluido em bar;
- ΔP – perda de pressão total em bar.

Fórmula de Worthington em função da velocidade de escoamento:

$$D = 18,8 \cdot \sqrt[2]{Q/(V \cdot P_{abs})} \quad \text{Equação 19}^{23}$$

Onde:

- D – diâmetro em mm;
- V – velocidade em m/s;
- Q – caudal em m<sup>3</sup>/h;
- P<sub>abs</sub> – pressão absoluta do fluido em bar.



## **5. Projectos elaborados**

Durante o meu estágio na empresa ACET tive a oportunidade de participar em diversos projectos, trabalhando em praticamente todas as áreas teóricas anteriormente explicadas.

De seguida irei enumerar os projectos e propostas em que participei, indicando sucintamente o que foi feito e qual o meu contributo nesse projecto.

Em anexos encontram-se os diagramas de princípio de cada projecto.

### **5.1 Setúbal, PORTUCEL – Preparação dos serviços administrativos**

#### **5.1.1 Descrição do projecto**

Projecto da remodelação da instalação de aquecimento, ventilação e climatização de quatro edifícios administrativos do complexo industrial da Portucel de modo a que possam respeitar as exigências regulamentares (na altura RCCTE e RCESE).

Os edifícios em estudo foram o Edifício Administrativo da Fábrica da Pasta, o Edifício Administrativo da Fábrica de Papel, o Edifício Administrativo da Ex. INAPA e o Edifício Administrativo da Fábrica do Florestal.

#### **5.1.2 Soluções preconizadas**

##### Edifício Administrativo da Fábrica da Pasta e Edifício Administrativo da Fábrica do Papel

A solução apresentada para estes edifícios consistiu na insuflação de ar proveniente de unidades de tratamento de ar novo com recuperação por fluxos cruzados com o ar de extracção e uma bateria de arrefecimento/aquecimento alimentada a partir de um sistema do tipo bomba de calor. Cada um dos edifícios foi equipado com três destas unidades.

O ar novo introduzido nos diversos espaços criará uma sobrepressão nesses locais, originando uma passagem de ar através das portas, no sentido dos corredores e átrios.

Esse ar irá proporcionar condições ambientes (temperatura e renovação do ar) adequadas nesses locais, sendo depois extraído através dos sanitários e arrecadações (no caso dos sanitários, directamente para o exterior sem passar pela recuperação).

A passagem de ar através das portas dos gabinetes foi efectuada através de grelhas acústicas, evitando a propagação sonora de e para os corredores.

A sobrepressão nos espaços ocupados, maioritariamente gabinetes, vai minimizar a infiltração de ar proveniente do exterior através das caixilharias das janelas e portas, evitando a entrada de odores e partículas.

Todo o ar novo foi filtrado no que diz respeito a partículas e gases que provoquem odores indesejáveis (por meio de filtros de média química, seleccionados de acordo com as características e concentrações dos poluentes atmosféricos nas imediações do edifício).

#### Edifício Administrativo da Ex. INAPA

No caso deste edifício, a solução proposta foi em tudo semelhante à adoptada para os Edifícios Administrativos da Fábrica da Pasta e da Fábrica do Papel à excepção do sistema de alimentação das baterias de aquecimento/arrefecimento.

Neste caso, as baterias são alimentadas a partir da rede de tubagem existente no local que provem de uma unidade produtora de água arrefecida e aquecida.

Devido à sua reutilização, foi necessário averiguar se o equipamento existente, bem como toda a instalação adjacente, tinham capacidade para o aumento de produção pedido.

#### Edifício Administrativo da Fábrica Florestal

Apesar de este edifício dispor de uma instalação recente e aparentemente bem efectuada, foi nele que se encontraram o maior número de não conformidades regulamentares, principalmente no que diz respeito à qualidade do ar interior.

Uma das irregularidades era a ausência de insuflação de ar novo em algumas salas do piso 1. Deste modo, a intervenção efectuada neste edifício passou por ampliar a rede de condutas para permitir a insuflação de ar novos nessas salas em falta e, uma vez que essas salas não possuíam tecto falso, a insuflação foi projectada a partir de condutas instaladas no tecto do piso 0, sendo o ar insuflado pelo pavimento do piso 1.

O ar novo será introduzido directamente nesses gabinetes, criando uma sobrepressão que originará uma passagem de ar através das portas, no sentido do átrio central. Esse ar será depois extraído através dos sanitários, copa e arrecadações.

A passagem de ar através das portas dos gabinetes foi efectuada através de grelhas acústicas, evitando a propagação sonora de e para os corredores.

Outra inconformidade encontrada foi a zona da cave uma vez que se constatou que o sistema de ventilação estava a efectuar um curto-circuito de ar, não promovendo qualquer renovação a essa zona.

Assim, de forma a solucionar este problema, foi instalado um novo ventilador de extracção na cave, que impulsiona o ar viciado directamente para o exterior. Essa extracção consegue criar uma depressão na cave que por sua vez é compensada por ar proveniente dos corredores do piso 0.

### **5.1.3 Actividades desenvolvidas**

As actividades desenvolvidas neste projecto, e tendo em conta que a minha participação foi já na fase terminal do mesmo, foram as seguintes:

- Revisão da lista de salas atendendo às características geométricas da sala (área e pé direito); às cargas internas dos equipamentos, da iluminação e das pessoas; às condições internas de temperatura, humidade e pressão requeridas nas salas; e à quantidade de ar insuflado e ar novo necessária para cada sala.
- Revisão das fichas técnicas dos Edifícios Administrativos da Fábrica da Pasta e da Fábrica de Papel;
- Elaboração dos mapas de quantidades dos equipamentos mecânicos e dos componentes de distribuição aeráulica e hidráulica do sistema;
- Análise e comparação de estimativas orçamentais dos diversos concorrentes às instalações do projecto.

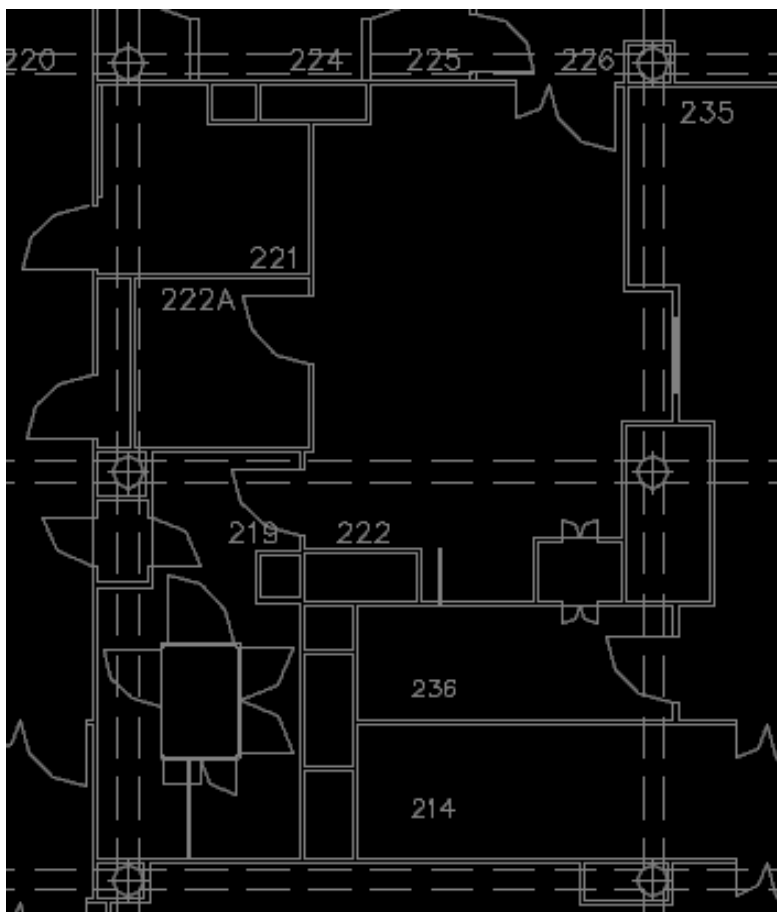
## **5.2 Odivelas, LUSOMEDICAMENTA 2 – Correção dos fluxos laminares**

### **5.2.1 Descrição do projecto**

Projecto referente à correção da situação de baixa velocidade de escoamento nos fluxos unidireccionais existentes nas salas assépticas, inseridas na unidade farmacêutica LUSOMEDICAMENTA 2.

Para tal, foi necessário reformular a unidade de tratamento de ar novo responsável pelo sistema AVAC em questão, UTA.CL.08, que servia as seguintes salas (ver figura 34):

- Sala 219 – Enchimento de Cremes;
- Sala 219LAF – Zona de Fluxo Laminar da sala 219;
- Sala 219A – Antecâmara de Enchimento de Cremes;
- Sala 221 – Preparação Colírios e Soluções Orais;
- Sala 222 – Enchimento de Colírios;
- Sala 222LAF – Zona de Fluxo Laminar da sala 222;
- Sala 222A – Preparação de Líquidos Estéreis;
- Sala 222ALAF – Zona de Fluxo Laminar da sala 222A;
- Sala 222B – Antecâmara de Enchimento de Colírios.



**Figura 34** – Planta da zona servida pela UTA.CL.08.

Uma vez que se iria fazer alterações neste sistema, o presente projecto teve também em conta uma alteração ao controlo de temperatura e humidade das baterias das unidades UTA.CL.09 e UTA.CL.10, já que estas servem salas adjacentes às salas da UTA.CL.08.

Para isso, foi necessário recalcular e alterar a instalação existente à data, reaproveitando alguns dos equipamentos existentes e introduzindo outros, de modo a garantir o seu correcto desempenho.

### **5.2.2 Soluções preconizadas**

De forma a poder tornar o projecto mais rentável, foi necessário recalcular e alterar a instalação existente, reaproveitando ao máximo os equipamentos ali presentes e, quando necessário, introduzir novos.

Assim, a solução proposta passou por implementar na instalação as seguintes alterações:

- 1.** Introdução de controladores de temperatura e humidade na conduta de retorno dos sistemas 9 e 10 (UTA.CL.09 e UTA.CL.10). Estes controladores irão actuar sobre as

válvulas de três vias das baterias de aquecimento e arrefecimento. Como medida auxiliar no controlo das bactérias foram também instaladas válvulas de equilíbrio dinâmico.

**2.** Substituição do ventilador existente na UTA.CL.08 por dois novos, VI.01 e VI.02, incorporados com variador de frequência. Com a instalação destes novos ventiladores foi possível garantir os caudais necessários em cada espaço. Para melhor controlo dos seus caudais, foram instalados os seguintes equipamentos de controlo e instrumentação:

- Medidor e controlador de caudal – FIC.CL.08.001;
- Controlador do motor – EU.CL.08.001 e EU.CL.08.002;
- Medidor de posição – GI.CL.08.001 e GI.CL.08.002.

**3.** Alteração das válvulas motorizadas de três vias das baterias de arrefecimento e aquecimento da UTA.CL.08, bem como dos respectivos equipamentos de controlo e instrumentação:

- Controlador do motor da válvula – EU.VM.AR.001 e EU.VM.AQ.001;
- Medidor e controlador de temperatura – TIC.CL.08.001;
- Medidor e controlador de humidade – MIC.CL.08.001.

**4.** Introdução de registo motorizado na entrada de ar novo da UTA.CL.08 e respectivos equipamentos de controlo e instrumentação:

- Controlador do motor – EU.CL.08.003;
- Medidor de posição – GI.CL.08.003.

**5.** Introdução de indicadores de temperatura e humidade do ar de insuflação à saída da UTA.CL.08.

**6.** Reposicionamento do ventilador VE.EX.08, anteriormente na sala 222.LAF, para a extracção de ar das salas assépticas quando não forem cumpridos os caudais de fuga previstos.

**7.** Introdução de um novo sistema de gestão técnica nas sala 219 e 219LAF, fazendo o controlo das condições de temperatura, humidade e pressão:

- Medidor e indicadores de temperatura – TI.219.001, TI.219.002 e TIRA.219.001;
- Medidor e indicadores de humidade – MI.219.001, MI.219.002 e MIRA.219.001;
- Medidor e indicadores de pressão – PI.219.001, PI.219.002 e PICRA.219.001.

**8.** Introdução de registos de caudal de ar constante RCC.PB, RCC.219.01 e RCC.219.02 na insuflação das salas 219A e 219 – Enchimento de Cremes.

**9.** Introdução na sala 219 de grelha de retorno GR.219, registo de caudal motorizado RM.219 e respectivo controlador EU.RM.219, sendo que, este último estará ligado à gestão técnica centralizada de modo a garantir a pressão de projecto sempre estável na sala.

**10.** Introdução na sala 219LAF de um novo conjunto de unidades terminais do tipo “Fan Filter Unit” FFU.001, FFU.002 e FFU.003, por cima da máquina de enchimento de pomadas de modo a garantir as velocidades de escoamento e a pureza do ar neste espaço. Cada sistema contém um ventilador e um filtro absoluto U15 responsável pela insuflação de ar e uma grelha com filtro G3 responsável pela recirculação do ar da sala.

Com esta solução assegura-se que todo o ar junto da máquina de enchimento de pomadas bem como a tremonha de recolha de produto final (área com a dimensão de 1755x1185mm) será tratado directamente por estes equipamentos. Para assegurar o bom funcionamento da instalação e o cumprimento dos requisitos de projecto foram também instaladas sondas diferenciais de pressão para indicação de colmatção dos filtros das unidades.

**11.** Reposicionamento do ventilador com variador de frequência VI.222A, já existente, na recirculação do ar das salas 222A – Preparação de líquidos estéreis e 222A LAF – Preparação de líquidos, assegurando o caudal de ar tratado nos mesmos e a sua velocidade terminal.

**12.** Introdução dos ventiladores com variador de frequência VI.222.LAF.01 e VI.222.LAF.02, na sala 222 LAF – Enchimento de colírios, de modo a assegurar o correcto caudal de recirculação da mesma.

**13.** Introdução de sondas diferenciais nos filtros terminais H14 do ar de insuflação das salas 221 e 219 e do ar de recirculação das salas 222 LAF e 222A LAF para indicação de colmatção dos mesmos.

**14.** Introdução de registo motorizado RM.222 e respectivo controlador EU.RM.222 no retorno da UTA.CL.08, ligado à GTC de modo a garantir uma pressão estável na sala.

### **5.2.3 Actividades desenvolvidas**

Uma vez que este projecto foi executado num modo Concepção/Construção, ou seja, a ACET estava responsabilizada pela elaboração do projecto e pela selecção e acompanhamento da equipa a executar a obra, este projecto demorou algum tempo a ser finalizado.

Assim, a parte de projecto foi iniciada antes do início do meu estágio, pelo que só acompanhei a parte de construção.

Neste caso tive oportunidade de visitar as instalações existentes antes do início da instalação do projecto e após a finalização da instalação. Durante a sua execução consegui ainda visitar a obra por duas vezes na fase inicial e em horário fora de trabalho, não conseguindo notar grandes diferenças entre estas duas visitas.

Quanto à instalação existente versus a instalação da ACET foi possível concluir que um projecto bem executado, com o layout dos equipamentos e dos meios de distribuição do ar e dos fluidos bem pensado, faz toda a diferença.

No mesmo espaço onde antes existia uma instalação que servia determinadas salas, foi possível colocar todos os equipamentos e meios de distribuição desses mesmos espaços e ainda uma expansão para outras salas. A zona técnica destinada a albergar as UTAS e ventiladores estava bastante saturada com condutas mal colocadas, que, de modo a percorrerem o menor caminho possível, ficaram mal instaladas e dificultavam o acesso aos equipamentos.

Após a intervenção da ACET, o espaço ficou bastante mais organizado, com condutas e troços mais uniformes o que facilitou os acessos aos equipamentos tanto para controlo dos seus parâmetros como para as suas manutenções.

No final o proposto foi conseguido, conseguindo a LUSOMEDICAMENTA controlar a contaminação, a pressão e as condições de temperatura e humidade das salas intervencionadas.

## **5.3 Loures, HOVIONE – Projecto do edifício B15A**

### **5.3.1 Descrição do projecto**

Projecto referente à instalação de AVAC na remodelação do edifício 15 do complexo da Hovione, localizado em Sete Casas, Loures.

O referido edifício é composto por 6 pisos onde são efetuados dois tipos de actividades distintas; fabricação de princípios activos líquidos e fabricação de princípios activos em pó.

Todos os equipamentos e instalações aeráulicas em contacto com ar extraído ou existente do interior das salas, devido à actividade que decorre nelas, tinham de conter protecção antiexplosiva e antideflagrante. Devido a este requisito, foram necessárias selecções de equipamentos ATEX e, tanto quanto possível, resistentes à corrosão dos gases libertados.

Por se tratar de um laboratório tínhamos ainda classificação cGMP a aplicar em algumas salas (salas classe D). De forma a prevenir a contaminação entre espaços classificados e não classificados, foi criada uma categoria que não aparece na norma, denominada neste caso de espaço “Pharma”. Estes espaços foram classificados com um controlo menos apertado que a classe D mas necessitaram de algum cuidado relativamente à quantidade de ar e pressão interior da sala (neste caso, salas Pharma tinham no mínimo 5 recirculações/hora).

### **5.3.2 Soluções preconizadas**

A solução apresentada para este edifício teve em conta a satisfação dos seguintes pontos:

- Garantir a classificação dos diversos locais destinados à produção de acordo com as recomendações internacionais de Boa Prática de Fabrico (cGMP);
- Permitir o ajuste e manutenção de um regime de pressões do ar em “cascata”, de forma a respeitar a classificação pretendida e o grau de risco;
- Permitir o ajuste individual da temperatura e humidade, controlado a partir de zonas pré estabelecidas, dentro dos limites definidos pelo cliente;
- Proporcionar uma eficaz renovação de ar de acordo com os mínimos indicados pela norma europeia EN 13779, em conjugação com a necessidade de manter o regime de pressões anteriormente referido;
- Apresentar níveis de ruído admissíveis;
- Ficar adaptada às características arquitectónicas interiores;
- Prever atravancamentos compatíveis com os espaços disponíveis para a montagem e posterior acesso ao equipamento que compõe o sistema, quer no exterior quer no interior do edifício;
- Permitir a posterior aprovação e validação pelas entidades certificadoras.

De modo a se poder cumprir com todos os requisitos acima descritos, a solução adoptada consistiu nas seguintes acções:

- Instalação de um central de produção e distribuição de água arrefecida, colocada na cobertura, constituída por 1 unidade produtora de água arrefecida e respectiva bomba circuladora em duplicado (apenas circuito primário), com a designação CH.B15.01, destinando-se a servir as serpentinas de

arrefecimento e desumidificação das unidades de tratamento de ar AHU.01, AHU.02 e AHU.03;

- Rede de tubagem de distribuição de água arrefecida entre o CH.B15.01 e as serpentinas anteriormente referidas. Esta rede ficou ligada à rede de água arrefecida existente no piso 6, de modo a permitir a utilização alternada ou complementar de ambas;
- Centrais de filtração e tratamento de ar, a instalar no piso 6, destinadas a servir as diversas zonas de produção da fábrica, nomeadamente as AHU.02 e AHU.03;
- Central de filtração e tratamento de ar novo, destinada a servir e a extrair o ar viciado e húmido dos vestiários do piso 6, com a designação AHU.01 + EF.01;
- Utilização da rede existente de vapor e condensados de modo a servir as serpentinas de aquecimento das unidades AHU.01, AHU.02 e AHU.03.
- Reutilização da unidade de tratamento de ar AHU.1510/1511 no piso 1, adoptando novos parâmetros de funcionamento. Esta unidade já era alimentada por água arrefecida e aquecida provenientes de dois permutadores de calor existentes e que foram reutilizados;
- Centrais de extracção a instalar no piso 6, designadas por EF.02 e EF.03, integradas nas unidades de tratamento de ar AHU.02 e AHU.03, ambas com características antiexplusivas e antideflagrantes;
- Sistema específico e independente do tipo split para o arrefecimento da sala de quadros do piso 6, com a referência SPT.S607;
- Sistema específico e independente de insuflação de ar novo e extracção de ar viciado das zonas técnicas dos pisos 4 e 5, com as referências SF.S409 e EF.S509. O equipamento de extracção teve de ser dimensionada para características antiexplusivas e antideflagrantes;
- Rede de condutas de insuflação, retorno e extracção, servindo as diversas salas, incluindo difusores com filtros terminais, grelhas com filtros, bem como outros componentes aeráulicos;
- Reutilização das alimentações eléctricas, comandos e protecções da unidade de tratamento de ar AHU.1510/1511. Novo quadro eléctrico de alimentação, comando e protecção dos restantes equipamentos agora descritos, com a designação Q2.15A.6/1, a instalar na sala de quadros do piso 6;

- Ampliação do sistema de controlo e monitorização existente no complexo. O quadro eléctrico de gestão, que incluiu um controlador e respectivo software, bem como a sua programação ficou ao encargo do cliente Hovione.

Em todas as zonas servidas por unidades de tratamento de ar com retorno, a percentagem de ar novo foi estudada para 20% do caudal de ar tratado, garantindo-se desta forma não só a renovação necessária, como também a pressurização dos locais.

Uma vez que neste caso não foi possível utilizar registo de actuação motorizada modulante, dado que as salas tinham características deflagrantes na sua maioria, o que implicaria a utilização de equipamento todos em aço inoxidável e, por conseguinte, muito dispendioso, a solução adoptada para o regime de pressões passou pela actuação de registos de caudal de ar manuais instalados no retorno ou extracção das salas.

A quantidade de recirculações em cada sala foi garantida através de um sistema dinâmico pela utilização de registos automáticos de caudal constante instalados nas condutas de insuflação. Por meio destes registos e pela actuação de variadores de frequência nos motores dos ventiladores das unidades de tratamento de ar, é garantido um regime de caudal constante em todas as situações, absorvendo o efeito da colmatação natural dos filtros.

Nas salas de produção preconizou-se a insuflação a partir do tecto e o retorno nas divisórias, junto ao pavimento (conforme é aconselhado pelas normas), reduzindo-se desse modo a mistura de partículas e a contaminação do ar da sala através de um fluxo unidirecional do ar, garantindo a classificação requerida.

Todas as zonas classificadas “D” e “Pharma” dispõem de difusores de insuflação equipados com filtros terminais H14.

Todas as grelhas de retorno ou extracção dispõem de filtros G4.

Em algumas salas pequenas e com utilização esporádica por pessoas, como sejam as antecâmaras de acesso às zonas de produção, foi necessário instalar resistências eléctricas terminais de reaquecimento, destinadas a manter a temperatura ambiente em valores aceitáveis. Desta forma iremos garantir que quando for necessário uma temperatura mais elevada devido à ocupação, essa temperatura é conseguida.

Preconizou-se ainda o controlo e monitorização centralizados das condições de temperatura e humidade ambientes em algumas salas de produção, bem como de outros parâmetros de funcionamento das unidades de tratamento de ar e ventiladores. O sistema de controlo e monitorização incluiu ainda informação sobre as pressões absolutas (relativas a um referencial único, que pode ser a pressão atmosférica) de cada sala.

### **5.3.3 Actividades desenvolvidas**

Este foi um projecto bastante interessante para mim uma vez que o consegui acompanhar-lo desde o início até ao fim, passando por todas as actividades e tendo até responsabilidade única por algumas delas.

Cronologicamente, as actividades desenvolvidas foram:

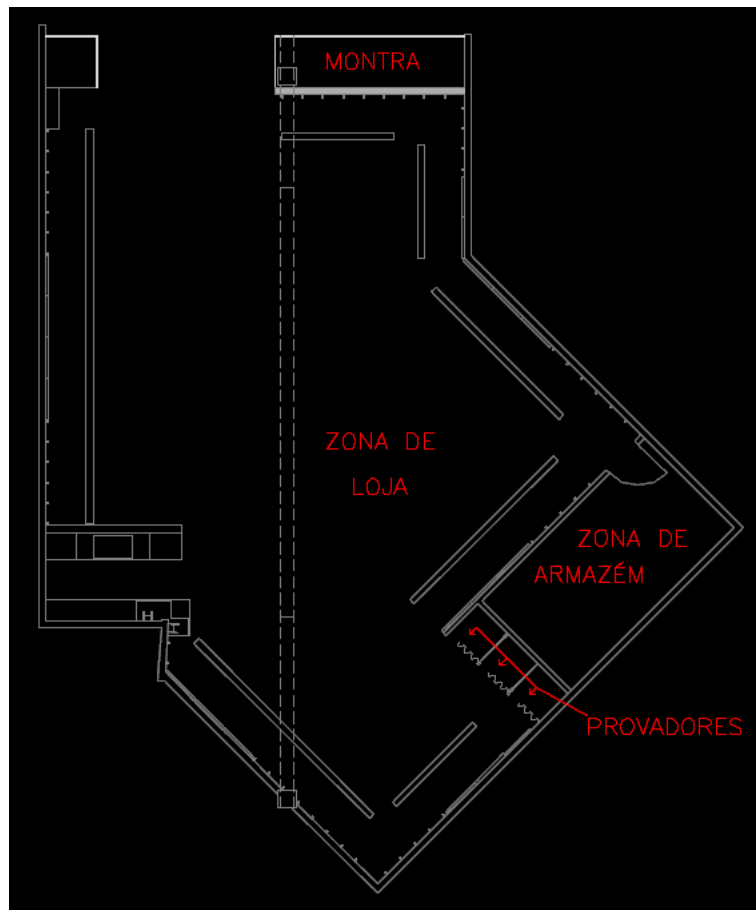
- Desenvolvimento dos cálculos térmicos através do software Hourly Analysis Program 4.80 (software da Carrier);
- Lista de salas atendendo às características geométricas de cada espaço (área e pé direito); às cargas internas dos equipamentos, da iluminação e das pessoas; às condições internas de temperatura, humidade e pressão requeridas nas salas; e à quantidade de ar insuflado e ar novo necessária para cada sala.
- Fichas técnicas de toda a instalação atendendo aos requisitos técnicos e construtivos dos equipamentos, nomeadamente nos ventiladores e condutas de extracção destinadas a trabalhar com gases inflamáveis e/ou pós explosivos;
- Desenho de diagramas de principio de cada sistema, incidindo sobre os valores aeráulicos e hidráulicos de cada um e do controlo específico e geral da instalação;
- Mapa de quantidades e estimativa orçamental de todo o projecto;
- Análise e comparação de propostas dos concorrentes à instalação do projecto.

## **5.4 Fogueteiro, RIO SUL SHOPPING – Remodelação da loja ZARA**

### **5.4.1 Descrição do projecto**

Projecto referente à remodelação da instalação de AVAC da loja 1.040 localizada no Centro Comercial Rio Sul, no Seixal.

O espaço em questão destina-se a alojar uma loja de venda de roupa, função que já cumpria mas para outra marca. Neste caso, a nova loja será constituído por quatro zonas distintas: zona de loja, montra, provadores e zona destinada a armazém (figura 35).



**Figura 35** – Planta da loja 1.040 do centro comercial Rio Sul.

Uma vez que a ocupação anterior do espaço era semelhante à ocupação que terá no futuro, a pedido do cliente, foram reaproveitados tanto quanto possível os equipamentos e as redes de distribuição de ar existentes.

#### **5.4.2 Soluções preconizadas**

O projecto para esta loja foi elaborado de acordo com os elementos recebidos por parte do cliente, nomeadamente projecto de arquitetura e de iluminação, e foi desenvolvido de modo que a instalação satisfaça os seguintes requisitos:

- Proporcionar aos utentes um ambiente confortável e saudável, adoptando soluções técnicas que permitam atingir esses objectivos em condições de máxima eficiência energética;
- Proporcionar uma eficaz renovação de ar, de acordo com a regulamentação vigente (SCE);
- Apresentar níveis de ruído admissíveis, mantendo a instalação dentro dos parâmetros regulamentares;
- Satisfazer critérios de sustentabilidade ecológica e ambiental;

- Ficar adaptada às características arquitectónicas interiores;
- Prever atravancamentos compatíveis com os espaços disponíveis para a montagem e posterior manutenção de todos os equipamentos que compõem o sistema;

Desta forma, e atendendo ao pedido do cliente para reutilizar ao máximo os equipamentos existentes, a solução apresentada para esta loja consistiu num sistema de climatização composto por duas unidades ventiloconvectoras de conduta, a 2 tubos, sendo uma (a maior) existente e a segunda nova.

Estas unidades irão servir uma rede de condutas de insuflação e difusores de ar, com ar tratado proveniente da mistura de retorno da loja com ar novo directo da rua.

Foi ainda utilizado um ventilador novo para a extracção de ar viciado através de válvulas de extracção de ar colocadas sobre cada provador da loja e um ventilador de insuflação existente.

Tanto as unidades de climatização como os ventiladores de extracção e insuflação foram projectados para serem instalados no tecto dentro da zona destinada a armazém.

### **5.4.3 Actividades desenvolvidas**

Este projecto foi totalmente elaborado por mim, juntamente com a ajuda da sala de desenho. Uma vez que se tratava de um pequeno projecto, foi-me dada a liberdade para conduzir todo o processo e elaborar todo o conceito e a documentação necessária.

Neste sentido, comecei por efectuar os cálculos, onde foram considerados os seguintes parâmetros:

- Condições térmicas interiores:  $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ;
- Carga térmica devido à ocupação:  $5 \text{ m}^2/\text{ocupante}$ ;
- Carga térmica devido à iluminação:  $45 \text{ W/m}^2$  na loja e provadores e  $70 \text{ W/m}^2$  na montra;
- Quantidade de ar novo mínima, comparando entre a legislação portuguesa em vigor (SCE 2013) e a norma europeia EN15251:  $1,7 \text{ l/s.m}^2$ .

Utilizando o software HAP 4.80 e colocando os parâmetros acima referidos, os resultados obtidos foram os seguintes:

- Potência total de arrefecimento: 16,4 kW;
- Potência sensível de arrefecimento: 15,0 kW;

- Potência total de aquecimento: 6,3 kW.

Com estes valores em mente, elaborei as fichas técnicas do projecto onde especifiquei os seguintes equipamentos:

- Equipamento de climatização existente e novo com as potências mínimas iguais às de cálculo. O equipamento existente dispõem de 13,0 kW de potência total de frio, 12 kW de potência sensível e 15 kW de potência de aquecimento e o equipamento novo dispõem de 5,2 kW de potência total de frio, 4,8 kW de potência sensível e 7,8 kW de potência de aquecimento;
- Ventilador de extracção: Caudal de 550 l/s e pressão estática disponível de 150 Pa (marca France Air, modelo Rectilys);
- Ventilador de insuflação (existente): Caudal de 815 l/s e pressão estática disponível de 250 Pa;
- Difusores de insuflação: Tipo swirl de placa 600 x 600 para integração nas placas de tecto falso (marca TROX, modelo VDW);
- Grelha de retorno: tamanho 825 x 625 com alhetas fixas a 45° (marca TROX, modelo AR);
- Válvulas de extracção: válvula em forma de disco, tamanho 200 (marca TROX, modelo LVS);
- Conduitas metálicas: condutas do tipo spiro de encaixe rápido, diversos diâmetros (marca Sandometal).

Quanto à rede de alimentação de água fria, uma vez que anteriormente já existia esta máquina, foi apenas necessário indicar o novo caudal de água, ficando a parte de tubagem a cargo do instalador.

## **5.5 Lisboa – Edifício na rua Saraiva de Carvalho**

### **5.5.1 Descrição do projecto**

Projecto referente à ventilação mecânica e desenfumagem de um edifício habitacional em Lisboa.

O edifício em questão é constituído pelas seguintes fracções:

- Pisos -3 a -1, enterrados: destinam-se a estacionamento e arrecadações;

- Piso 0 (térreo): compreende uma entrada para a zona de estacionamento, juntamente com uma zona de habitação. É o único piso com acesso directo ao exterior;
- Pisos 1 a 6 destinados a habitação;
- Cobertura ocupada por equipamentos técnicos.

O piso -3 terá 3 lugares de estacionamento; o piso -2 terá 3 lugares de estacionamento; e o piso -1 terá 2 lugares de estacionamento.

### **5.5.2 Soluções preconizadas**

A solução adoptada consiste na instalação de uma unidade responsável pela ventilação e pressurização dos SAS e escadas, uma unidade de ventilação para as arrecadações, uma unidade de ventilação para a extracção de ar poluente nas zonas de estacionamento e a instalação de uma grelha de fachada juntamente com um exutor na zona das escadas para providenciar a ventilação natural das mesmas.

Todos estes equipamentos foram projectados para serem controlados a partir de um sistema de monitorização central.

O correcto procedimento a efectuar no caso da necessidade de desenfumagem passará por introduzir ar novo nos diversos espaços ventilados e, em simultâneo, extrair o ar poluído do parque de estacionamento.

#### Sistema de Desenfumagem – Piso -3 a -1, Zona de Estacionamento

O sistema de ventilação e desenfumagem destina-se a, simultaneamente, limitar as taxas de concentração de CO e CO<sub>2</sub> durante o funcionamento normal do parque de estacionamento e, em caso de sinistro, proceder à necessária desenfumagem.

O controlo de poluição do ar por excesso de monóxido de carbono é realizado por meio de ventilação mecânica, renovando-se o ar, em cada piso, com caudais não inferiores a:

- 85 L/s por veículo, quando a concentração desse gás atinge 50 p.p.m. (partes por milhão);
- 170 L/s por veículo, quando a concentração desse gás atinge 200 p.p.m.

Do mesmo modo, e em qualquer um dos casos, as câmaras corta-fogo das escadas (SAS) são ventiladas com um caudal mínimo correspondente a 15 Ren/h (renovações por hora).

Em caso de incêndio em qualquer piso, o sistema irá controlar o fumo do seguinte modo:

- Extracção de ar (fumo) com um caudal não inferior a 170 l/s por veículo (para a totalidade dos pisos), apenas no piso sinistrado, conjugada com a introdução de ar novo através da porta do monta-cargas;
- Interrupção da extracção de ar nos pisos adjacentes, superiores e/ou inferiores;
- Ventilação dos SAS, conforme acima referido;
- Sobrepressão da caixa de escada, com um valor entre 20 e 80 Pa.
- Velocidade de passagem mínima em cada porta das escadas, quando aberta, de 0,5 m/s.

A solução passa por, em cada piso, fazer como que um “varrimento”, insuflando ar novo num extremo e extraíndo ar viciado no extremo oposto.

A compensação de ar é efectuada através da passagem de ar pelo poço do monta-cargas, tomando ar exterior na porta ou fachada principal no piso térreo, e alimentando cada piso através da respectiva porta.

Para que a passagem de ar seja eficaz, os portões dispõem de aberturas ou gradeamento, com uma área útil mínima de passagem de 0,5 m<sup>2</sup>. Do mesmo modo, a plataforma do monta-cargas dispõe de várias aberturas, resultando numa área útil mínima de passagem de 0,5 m<sup>2</sup>.

A extracção de ar viciado ou do fumo é feita no extremo oposto do estacionamento, em cada lugar de estacionamento, através de uma rede de condutas equipada com pontos de extracção junto ao tecto e junto ao chão.

O ventilador de extracção e desenfumagem é comum a todos os pisos.

A rede de condutas dispõe de um registo motorizado normalmente aberto por cada piso, que fechará de acordo com o regime explicado anteriormente.

A ventilação dos SAS é efectuada por uma unidade de ventilação instaladas no piso -1, distribuindo o caudal por cada zona através de condutas. A tomada de ar novo é obtida no terraço do piso térreo. O ar é posteriormente conduzido no sentido do estacionamento, em cada piso, por meio de grelhas intumescentes.

A caixa de escada, por sua vez, é pressurizada por meio de um ventilador de insuflação a instalar no piso -3, tomando ar novo directamente do exterior, no piso térreo.

O funcionamento do sistema é ditado por sinal (ou sinais) proveniente (ou provenientes) da central de detecção de incêndios (CDI ou SADI), no caso de incêndio.

#### Sistema de Desenfumagem – Piso -3 a -1, Arrecadações

Este sistema foi projectado para insuflar ar novo individualmente em cada arrecadação por meio de um ventilador dedicado, sendo a extracção efectuada por sobrepressão através das portas, no sentido dos SAS e estacionamento.

Neste caso, quando existir sinal de alarme de incêndio, uma vez que as arrecadações já se encontram em sobrepressão relativamente aos espaços adjacentes, não existirá qualquer perigo de entrada de fumos nas mesmas.

#### Sistema de Desenfumagem – Escadas dos Pisos de Habitação

O sistema de ventilação para esta zona é composto por uma grelha de fachada no piso térreo (com uma área útil de passagem mínima de 1,0 m<sup>2</sup>) que faz a ventilação natural tomando ar novo directamente do exterior.

A extracção é efectuada por meio de uma claraboia instalada na cobertura da caixa de escada, própria para desenfumagem, com uma área útil de passagem mínima de 1,0 m<sup>2</sup>.

O funcionamento do sistema é ditado por sinal (ou sinais) proveniente (ou provenientes) da central de detecção de incêndios (CDI ou SADI), no caso de incêndio.

Este sistema está ainda preparado para ser accionado no piso 0 através de 2 botoneiras instaladas na entrada principal, que originam a abertura da claraboia de desenfumagem anteriormente referida.

### **5.5.3 Actividades desenvolvidas**

Neste projecto, uma vez que se tratava de uma instalação de baixa complexidade, foi-me dada a liberdade para conduzir o seu desenvolvimento desde o início até à elaboração da memória descritiva e entrega do projecto.

Assim, os documentos entregues ao cliente, bem como todos os cálculos aeráulicos necessários para poder respeitar a legislação em vigor (para o caso DL n.º 220/2008 e Portaria n.º 1532/2008) foram elaborados por mim, finalizando este projecto com uma visita à obra ainda em fase de construção arquitetónica.

Em resumo, os cálculos desenvolvidos foram os seguintes:

### Caudal de ar de extracção na zona de estacionamento:

Pelo regulamento teremos  $600 \text{ m}^3/\text{h}/\text{veículo}$ . Considerando 3 veículos por cada piso, teremos um caudal de  $5400 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $1500 \text{ L/s}$ ).

### Caudal de ar insuflado nas zonas dos SAS:

Com uma área útil de  $6,33 \text{ m}^2$  e um pé direito de  $2,6 \text{ m}$ , teremos um volume de  $16,5 \text{ m}^3$  por cada câmara corta-fogo.

Sendo três câmaras corta-fogo e utilizando um critério de  $15 \text{ Ren/h}$ , teremos um caudal de  $740 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $210 \text{ L/s}$ ).

### Caudal de ar insuflado nas escadas:

Utilizando um perímetro de escadas de  $12,7 \text{ m}$  e uma altura total de  $9,5 \text{ m}$  teremos uma área de parede de  $120,65 \text{ m}^2$ . Juntando a área de cobertura de escadas do último piso ( $5 \text{ m}^2$ ) teremos uma área de parede de cerca de  $125 \text{ m}^2$ .

Apesar de o regulamento não o exigir, como regra de boa prática é sabido que a alvenaria constituinte destas escadas não é completamente estanque, sendo portanto utilizado um valor de fuga de  $7 \text{ m}^3/\text{h}.\text{m}^2$ , fazendo assim com que o caudal devido às fugas das paredes seja de  $900 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Tendo em conta que cada porta tem uma área útil de  $1,44 \text{ m}^2$  ( $1,8$  por  $0,8$  metros) e utilizando a velocidade mínima de passagem de  $0,5 \text{ m/s}$  exigida pelo regulamento, o caudal que passará por cada porta aberta serão.

Assim, em caso de fuga teremos os seguintes caudais:

- 1 Porta aberta:  $1,44 \times 0,5 \times 3600 = 2600 \text{ m}^3/\text{h}$ ;
- 2 Portas abertas:  $1,44 \times 0,5 \times 3600 \times 2 = 5200 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Juntando ao caudal de cada porta aberta com o caudal de fuga pelas porosidades das paredes teremos:

- 1 Porta aberta:  $2600 + 900 = 3500 \text{ m}^3/\text{h} = 1000 \text{ L/s}$ ;
- 2 Portas abertas:  $5200 + 900 = 6100 \text{ m}^3/\text{h} = 1700 \text{ L/s}$ .

A partir destes valores foram definidos todos os equipamentos de insuflação e extracção necessários, não esquecendo que alguns deles têm de resistir a  $400^\circ\text{C}$  durante 2 horas, tal como exigido na legislação em vigor.

Como forma de apresentação do projecto, tal como em todos os projectos elaborados na ACET, foi ainda necessário efectuar uma memória descritiva onde são explicados todos pressupostos seguidos, legislação aplicável, cálculos efectuados e resultados obtidos e exigências e indicações que o instalador deverá seguir ao apresentar proposta para a instalação do projecto.

## **5.6 Sintra, ESSILOR – Sala de produção**

### **5.6.1 Descrição do projecto**

Projeto das Instalações Especiais para a classificação de duas salas de produção da fábrica da ESSILOR, em Mem-Martins.

As salas em estudo eram as seguintes:

- Sala Tradicional, com cerca de 520 m<sup>2</sup> e uma altura de 5 m.
- Sala Coloração, com cerca de 115 m<sup>2</sup> e uma altura de 5 m.

O objectivo da intervenção foi poder classificar ambas as salas com a classe 100000 segundo a Federal Standard 209E, o que equivale à classe ISO 8 segundo a ISO 14644-1.

Aquando do início do projecto, os únicos equipamentos de AVAC existentes nas salas eram unidades do tipo “close control” que, apesar de conseguirem manter as condições de temperatura ideais, não estavam a conseguir efectuar uma filtração suficiente para conter as partículas necessárias à classificação que a ESSILOR queria obter.

Assim, o objectivo era dimensionar uma nova instalação que, juntamente com as máquinas existentes, conseguisse atingir os parâmetros exigidos. Para tal, o estudo foi desenvolvido de modo a que a instalação satisfaça os seguintes requisitos:

- Garantir uma classificação ISO 8 nas salas em estudo (segundo a ISO 14644-1 ou Classe 100000 segundo a, já descontinuada, Federal Standard 209E);
- Garantir condições estáveis de temperatura e humidade no interior dos recintos, que possibilitem a correta realização dos trabalhos de fabrico no seu interior e, simultaneamente, proporcione um adequado conforto aos seus trabalhadores;

- Apresentar níveis de ruído admissíveis, mantendo a instalação dentro dos parâmetros regulamentares;
- Obedecer a critérios rigorosos de consumo energético, adotando equipamentos com eficiências elevadas;
- Satisfazer critérios de sustentabilidade ecológica e ambiental;
- Ficar adaptada às características arquitetônicas interiores e exteriores;
- Prever avanços compatíveis com os espaços disponíveis para a montagem e posterior manutenção de todos os equipamentos que compõem o sistema, quer no exterior quer no interior do edifício.

### 5.6.2 Soluções preconizadas

Os projetos de salas limpas têm como fundamento o controle da concentração de partículas em suspensão, cuja origem provém de três fontes fundamentais, a saber: Ar insuflado a partir de climatizadores, unidades de tratamento de ar e ventiladores; Geração interna de partículas; e Infiltração a partir de espaços adjacentes.

Para limitar a concentração dessas partículas suspensas no ar, todas as três fontes devem ser controladas.

De modo a saber quais as quantidades de partículas geradas internamente nas salas em estudo para se poder aplicar na fórmula de cálculo de recirculações por hora exposta no capítulo 2.3.3 (equação 3), foi pedido à ESSILOR que realiza-se ensaios nesse sentido.

Infelizmente a quantidade de localizações onde foram efetuadas as colheitas não cumpriram o estipulado na norma, que indica a seguinte equação para o efeito:

$$N_L = \sqrt{A} \quad \text{Equação 20}$$

Onde:

- $N_L$  – quantidade mínima de localizações para amostras;
- $A$  – área da sala em  $m^2$ .

Assim, as amostragens deveriam ter sido efetuadas em 23 localizações no caso da sala Tradicional e 11 localizações na sala de Coloração.

Por outro lado, o volume das amostras, cujo valor mínimo deverá ser 2 litros, deve ser estabelecido pela aplicação da seguinte equação:

$$V_S = 20 / C_{nm} \cdot 1000 \quad \text{Equação 21}$$

Onde:

- $V_S$  – volume mínimo a adoptar em litros;
- $C_{nm}$  – concentração máxima de partículas para a dimensão máxima considerada para a classe em estudo em partículas/m<sup>3</sup>.

No caso presente o volume mínimo a adotar deveria ser de 2 litros, pois a resolução da equação 21, para a dimensão máxima de 1,0 micron, resulta num valor inferior a esse limite mínimo:  $V_S = 20 / 29300 \times 1000 = 0,68$  litros.

Por outro lado, os dados enviados não dispunham de indicação quanto ao tempo de amostragem, que deveria ser, no mínimo, 1 minuto por cada amostra.

Assim, optou-se por não efetuar quaisquer cálculos baseados nos resultados indicados pela ESSILOR deste estudo e, ao invés disso, utilizar valores típicos para este tipo de utilizações.

Tal como referido anteriormente, os ocupantes dos recintos são normalmente a fonte principal de partículas, mesmo que disponham de vestuário adequado. Neste caso foram desprezadas as outras fontes de poluição internas, pois considerou-se que o recinto irá continuar a ser limpo de um modo frequente e adequado.

Um operário vestido adequadamente pode produzir em média 356 000 partículas de 0,5 micron por segundo. No caso presente, considerou-se a permanência de 15 ocupantes na sala Tradicional e 3 ocupantes na sala Coloração. Assim, as taxas de emissão de partículas em cada sala foram estipuladas nos seguintes valores: 5 340 000 partículas/s para a sala Tradicional e 1 068 000 partículas/s para a sala Coloração.

Tendo em conta os volumes das salas, cerca de 2600 m<sup>3</sup> para a sala Tradicional e de 575 m<sup>3</sup> para a sala Coloração, podem estimar-se as emissões médias horárias para cada sala.

Assim, os valores de emissão chegados foram cerca de 7 400 000 partículas/m<sup>3</sup>/h para a sala Tradicional e cerca de 6 700 000 partículas/m<sup>3</sup>/h para a sala de Coloração.

No entanto, estes valores na prática 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 que circundam os operadores. Assim, aumentou-se em 7,5 vezes o valor, obtendo-se as seguintes taxas de emissão para cada sala:

- 55 500 000 partículas/m<sup>3</sup>/h para a sala Tradicional;
- 50 250 000 partículas/m<sup>3</sup>/h para a sala de Coloração.

Aplicando estes valores à equação 3 e tendo em conta que o cliente pediu a instalação de filtros F7 em todos os equipamentos (eficiência de 80%), os valores chegados de recirculações por hora foram:

- Sala Tradicional:  $v = 55\,500\,000 / (3\,520\,000 - (0,2 \times 3\,520\,000)) \approx 20$  RPH;
- Sala Coloração:  $v = 50\,250\,000 / (3\,520\,000 - (0,2 \times 3\,520\,000)) \approx 18$  RPH.

Para o cálculo de ar novo de cada sala é necessário que este verifique dois critérios: o seu balanceamento com os caudais de extração e de fugas terá de ser nulo, ou seja, todo o ar que é introduzido na sala terá de ser extraído; e o seu volume horário em combinação com o volume horário das unidades de “close control” terá de ser capaz de executar as recirculações/hora calculadas.

Assim, através da leitura das peças desenhadas, verificaram-se os seguintes caudais de extração e fugas existentes:

#### Sala Tradicional:

- Extração: 1315 l/s
- Fugas de Ar para o Interior da Sala: 75 l/s
- Fugas de Ar para o Exterior da Sala: 520 l/s

#### Sala Coloração:

- Extração: 2360 l/s
- Fugas de Ar para o Interior da Sala: 75 l/s
- Fugas de Ar para o Exterior da Sala: 95 l/s

Com o objetivo de saber o caudal nas unidades de “close control” foi necessário verificar o funcionamento do ventilador de insuflação com o acréscimo de queda de pressão introduzido pelo filtro final (filtro F7). Consultando as curvas de funcionamento destes mesmos é possível verificar que para o modelo Hiross M44 OC (presentes duas na sala tradicional e uma na sala coloração) o caudal é de 1850 l/s e para o modelo Himod 45 OC (presentes duas na sala tradicional) o caudal é de 1700 l/s.

Assim verificámos que o ar necessário a compensar é o seguinte:

### Sala Tradicional:

- Caudal total necessário:  $2600 \times 20 / 3,6 = 14440$  l/s;
- Caudal das unidades de “close control”:  $2 \times 1700 + 2 \times 1850 = 7100$  l/s;
- Caudal insuflado:  $14440 - 7100 = 7340$  l/s;
- Caudal de retorno:  $7340 - 1315 - 520 + 75 = 5580$  l/s;
- Caudal de ar novo:  $7340 - 5580 = 1760$  l/s.

### Sala Coloração:

- Caudal total necessário:  $575 \times 18 / 3,6 = 2875$  l/s;
- Caudal da unidade de “close control”: 1850 l/s;
- Caudal necessário na nova UTAN:  $2875 - 1870 = 1005$  l/s. Neste caso, uma vez que este caudal é inferior ao balanço das salas:  $2360 - 75 + 95 = 2380$ , o caudal utilizado para a UTAN serão 2380 l/s e não 1005 l/s. É ainda necessário somar o valor de 225 l/s num Airlock criado dentro da sala, o que perfaz um caudal total de 2605 l/s.

Assim, a zona da sala Tradicional foi projectada para incluir 4 unidades climatizadoras de “close control” (existentes) e uma unidade de tratamento de ar novo (UTA.TRAD) com vista a compensar as recirculações de ar em falta neste local; e a zona de sala Coloração foi dimensionada para 1 unidade climatizadora de “close control” (também existentes) e uma unidade de tratamento de ar novo (UTAN.COLOR), com o objetivo de compensar as extrações e/ou fugas de ar da sala para que deste modo sejam compridas em ambos os casos as recirculações de ar por hora necessárias.

Em ambas as zonas, as unidades de tratamento de ar novo foram equipadas com serpentinas de água a dois tubos (capacidade de arrefecer ou aquecer o ar), bem como de uma resistência elétrica para um reaquecimento do ar e um humidificador para compensação da humidade no ar a insuflar nas alturas do ano em que esta é reduzida.

Como forma de efectuar uma distribuição uniforme ao longo de toda a área das salas e respeitando também a instalação existente, a solução proposta para a difusão de ar foi através de condutas têxteis.

### **5.6.3 Actividades desenvolvidas**

Este foi um projecto desenvolvido por uma colega antes da minha chegada à ACET mas, devido à contenção de custos por parte da ESSILOR, foi adiado a sua finalização

para mais tarde, fazendo com que este projecto chega-se até mim já numa fase mais avançada do meu estágio.

Nessa altura, a tarefa que me foi solicitada foi a de revisão dos cálculos efectuados bem como a orçamentação da instalação do projecto.

Infelizmente o valor final do orçamento foi bastante mais elevado do que a ESSILOR esperava, principalmente devido à falta de informação interna na empresa que dificultava o conhecimento das instalações hidráulicas existentes, levando a ACET a aconselhar a instalação de uma nova unidade produtora de água fria e quente (chiller bomba de calor) dedicada às novas unidades de tratamento de ar.

Este equipamento, para além de toda a instalação nova necessária, acresceu bastante o preço final da obra, deixando de ser viável a sua instalação no entender da ESSILOR, ficando o projecto em fase de espera por melhor oportunidade de execução.

## **5.7 Angola, TPF – Projecto do novo centro tecnológico**

### **5.7.1 Descrição do projecto**

Projecto de instalações de AVAC e Fluidos Industriais no edifício Centro de Transferência Tecnológica, a edificar na Cidade de Caxito, e promovido pelo Gabinete de Estudo, Planeamento e Estatística do Ministério da Indústria, da República de Angola.

O edifício em questão está dividido em duas áreas distintas:

- Área de Produção, Preparação e Processo: Trata-se de um espaço com características fabris, para produção e preparação de produtos hortícolas, frutas e vegetais, com respectiva zona de recepção e controlo de mercadorias, armazéns para produtos alimentares, reagentes químicos e utensílios, sala de empacotamento, expedição e uma zona com características laboratoriais (Investigação Preliminar);
- Área Administrativa: Trata-se de um espaço sem um tipo de ocupação definida, uma vez que existem espaços administrativos, salas para formação de pessoal, instalações sanitárias, cozinha, copa e um laboratório com respectivas antecâmaras.

No projecto em questão, as instalações especiais a considerar foram:

- Aquecimento, Ventilação e Climatização de ambas as áreas;

- Vapor Industrial;
- Ar Comprimido Industrial;
- Dióxido de Carbono;
- Árgon;
- Acetileno;
- Azoto.

### **5.7.2 Soluções preconizadas**

A solução apresentada para este projecto dividiu-se em AVAC, Vapor Industrial, Ar Comprimido e Gases Industriais.

#### AVAC

Uma vez que, a nível de AVAC, as exigências eram diferentes entre as duas áreas do edifício, a solução apresentada para cada uma delas também foi diferente de modo a conseguir responder de acordo com as características específicas de cada espaço.

Assim, no caso da Área de Produção, Preparação e Processo, foi preconizado um sistema de climatização do tipo “Ar-Ar” através da instalação de uma unidade tipo Rooftop para tratamento do ar novo, com bateria de expansão directa. Esta unidade teve por objectivo servir toda a área de produção através de uma rede de condutas de insuflação têxtil e de uma rede de condutas metálicas com grelhas de extracção finais.

Este sistema é também apoiado por ventiladores de extracção, responsáveis por extrair ar poluído das zonas de Armazém.

Na sala “Investigação Preliminar” existe uma Hotte compensada que tem um ventilador de insuflação responsável pela sua compensação e um ventilador de extracção, com características adequadas à desenfumagem em caso de incêndio.

Ainda nesta área, para as zonas com ocupação permanente de pessoas, adotou-se a instalação de unidades de climatização autónomas do tipo “Split” para um controlo mais apertado da temperatura interior desses espaços.

No que diz respeito à Área Administrativa, foi previsto um sistema do tipo expansão directa de distribuição centralizada, com caudal variável de fluido frigorígeno R410A, normalmente designado por VRF.

Para tal, preconizou-se a instalação de duas unidades exteriores (a instalar na Zona Técnica da Cobertura) e diversas unidades interiores do tipo cassette, para instalação em tecto falso, que irão garantir as condições de temperatura exigidas pelo cliente.

O ar novo e o ar viciado desta zona ficou a cargo de uma Unidade de Tratamento de Ar Novo com Recuperação, apoiada por ventiladores de extracção localizada. Estes ventiladores serão responsáveis por extrair ar poluído das zonas de instalações sanitárias e Hotte da cozinha.

À semelhança da Hotte instalada na sala de Investigação Preliminar, esta também foi projectada como sendo compensada e com características específicas para a extracção do ar em caso de incêndio.

#### Vapor Industrial:

Para a central de Produção de Vapor e Recolha de Condensados foi projectada uma caldeira de vaporização rápida a gasóleo que ficou localizada na zona técnica do piso 0, a um nível inferior à recolha de condensados.

A sua selecção e dimensionamento não esteve a cargo da ACET mas foi projectada para alimentar os vários equipamentos existentes na zona de produção, a uma pressão de alimentação de 7 bar, pressão esta que se reduz nos conjuntos redutores de pressão localizados junto de cada equipamento. Essa redução será feita para uma pressão de 2 bar.

A alimentação de vapor industrial aos equipamentos termina nas válvulas de seccionamento do tipo globo, representadas nos diagramas de fluidos industriais.

Todos os equipamentos associados ao dimensionamento da linha de vapor e condensados, como o colector de vapor, o depósito de condensados, os conjuntos de purga de equipamentos, os conjuntos de purga de linha, os conjuntos de purga de fim de linha e juntas de dilatação, estão previstas e mencionadas nas partes escritas e desenhadas do projecto.

#### Ar Comprimido:

A central de produção de ar comprimido industrial ficou localizada na zona técnica do piso 1.

Esta tem, entre os seus componentes, um filtro de óleo capaz de reter elementos com tamanho maior ou igual a  $0,01 \text{ mg/m}^3$  e um filtro de partículas para captação de impurezas com um tamanho superior ou igual a 1 micron. O compressor dimensionado já inclui um secador de refrigeração, sendo capaz de produzir ar comprimido com um ponto de orvalho de  $3 \text{ }^\circ\text{C}$ , atingindo-se a classe de ar comprimido de “241”.

Devido à sua classe, este ar comprimido não deve ser aplicado directamente sobre os produtos hortícolas e frutos. Caso seja necessário a aplicação deste ar sobre o produto,

ficou prevista a instalação de um secador de adsorção com um ponto de orvalho inferior (-40 °C), que permite que o ar comprimido atinja a classe “121”.

Como solução para este caso, optou-se pelo encaminhamento de uma rede de tubagem em anel fechado, servindo os diversos pontos de utilização pelo meio de picagens equipadas com tomadas rápidas.

#### Gases Industriais:

O abastecimento dos vários fluídos industriais é efectuado a partir da central de garrafa de gases instalada na zona técnica no piso 0.

Esta central de garrafas está a cargo do cliente, sendo portanto o objectivo deste projecto o transporte dos diversos fluidos, desde a central até aos pontos de uso, em condições optimizadas de segurança, caudal e pressão.

As respectivas garrafas de Dióxido de Carbono e Árgon, ficaram instaladas no exterior ao nível do piso térreo, em local definido pelo cliente, num compartimento fechado e bem ventilado, com acesso para carga e descarga de garrafas.

As garrafas de Acetileno, por motivos de segurança, ficaram num compartimento, igualmente fechado e bem ventilado, separado do outro anteriormente descrito.

A área técnica está ainda equipada com um gerador de azoto, que aproveita parte do ar comprimido produzido na zona técnica do piso 1, separando os diversos gases contidos neste e gerando azoto industrial com uma pureza de 99,5%.

Toda a tubagem a que foi dimensionada nesta fase foi feita a partir da fórmula de Worthington em função da velocidade (equação 19 do capítulo 4.7) e não ultrapassando os 8 m/s.

### **5.7.3 Actividades desenvolvidas**

Este projecto foi desenvolvido em conjunto com o meu colega de estágio e por conseguinte, todas as actividades desenvolvidas foram elaboradas em parceria. De um modo geral, estive mais direccionado para a parte dos fluidos industriais, tentando perceber melhor como funcionavam os mecanismos das garrafas e como as iria interligar com a rede de distribuição por nós (ACET) determinada.

Juntamente com a parte das garrafas dos gases, estive também envolvido no cálculo e selecção do compressor de ar comprimido e no gerador de azoto, actividades que me levaram a desenvolver algumas pesquisas quanto às classes de ar comprimido e os equipamentos que são necessários para a sua obtenção (pesquisa mais pormenorizada no capítulo 4.5).

Assim de um modo geral, as actividades desenvolvidas passaram por:

- Elaboração da parte de fluidos industriais da lista de salas atendendo aos caudais, pressões e coeficientes de simultaneidade a utilizar;
- Fichas técnicas dos equipamentos de produção de ar comprimido e azoto e das tubagens e válvulas responsáveis pela distribuição dos fluidos industriais.

Apesar de a nível de documentação escrita ter contribuído pouco para este projecto, penso que foi um dos mais interessantes e importantes no meu estágio na ACET uma vez que tive contacto com duas áreas que não são tão estudadas durante o curso, o que fez com que aprendesse algo mais para além daquilo que me tinha proposto.

## 6. Conclusões

Este estágio foi bastante útil na minha formação e evolução uma vez que consegui, durante os 10 meses da sua duração, confrontar diversas realidades da engenharia, passando por os mais variados projectos.

Aqui fui capaz de trabalhar desde projectos habitacionais de pequena complexidade a grandes indústrias farmacêuticas onde a exigência das condições interiores de trabalho é a de maior rigor (com excepção da indústria da electrónica que, apesar de não ter a necessidade de contenção de contaminação de poluentes, existe a preocupação de retenção de partículas de muito pequenas dimensões e também a ausência de campos magnéticos).

Durante o estágio para além da participação técnica também evolui em outras áreas como a vertente orçamental, as reuniões de obra, a postura com o cliente e o modo de estar no mundo laboral.

Este estágio também me proporcionou a aprendizagem do trabalho em equipa, da camaradagem e amizade entre colegas de profissão.

Face ao período económico crítico em que o país se encontrava no decorrer deste estágio, foi ainda perceptível a dificuldade que as empresas, principalmente as responsáveis por projecto e construção, têm na condução de projectos de algum valor, sendo muitas vezes o projecto abandonado não por falta de boa execução ou de custo normalmente elevado mas sim pela dificuldade financeira e económica que pequenas e médias empresas apresentavam.

No que diz respeito ao desenvolvimento pessoal e profissional, o trabalho elaborado foi do mais enriquecedor possível, pois tive oportunidade de aplicar quase todos os conceitos adquiridos durante os 5 anos académicos no ISEL, podendo ainda desviar-me para outras áreas de menor foco desta instituição (como é normal, uma vez que existe um curto período de ensino para uma vasta área de aplicações), tal como o ar comprimido, o vapor e os gases industriais ou farmacêuticos.

Julgo que no âmbito geral do estágio, a minha prestação na empresa e nos projectos envolvidos foi boa, contribuindo positivamente para a realização dos mesmos e, sempre que possível, melhorando a capacidade e qualidade do trabalho desenvolvido na ACET, seja através de pesquisas de documentos técnicos de desenvolvimento de projecto, elaboração de folhas de cálculo, contacto com fabricantes e fornecedores das marcas mais utilizadas no mercado para ficar a par das novidades, diálogo e

esclarecimento de dúvidas (consultoria) com os clientes, ou outra qualquer actividade proposta.

## **Bibliografia**

### Livros:

1. ASHRAE (2012) “HVAC Systems and Equipment”, Capítulos 4, 19 e 20;
2. ASHRAE (2009) “Fundamentals”, Capítulos 9, 10, 16, 20, 21 e 22;
3. Carrier Air Conditioning Company (1972) “Manual de Aire Acondicionado”, Espanha: Marcombo, Parete 1, 2 e 3.
4. MACINTYRE, Archibald Joseph (2013) “Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais”, Rio de Janeiro: LTC, Capítulo 9 e 10;
5. NOVAIS, José (1995) “Ar Comprimido Industrial: Produção, Tratamento e Distribuição”, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 449-617;

### Documentos Técnicos:

6. ACSS – Especificações Técnicas para Instalações AVAC (2014);
7. ZHANG, John (Setembro de 2004) “Understanding Pharmaceutical Cleanroom Design”, ASHRAE Journal;
8. GRUNDFOS “Flow Thinking – Combinar Caudais Constantes e Variáveis”.

### Normas e Regulamentos:

9. DL n.º 118/2013 – Sistema de Certificação Energética;
10. EN 13779 2007e - Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems;
11. EN 15251/2008 - Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics.
12. EN 1822/2009 – Ensaio e classificação de filtros EPA, HEPA e ULPA;
13. EN 779/2012 – Ensaio e classificação de filtros grossos, médios e finos;
14. Portaria n.º 701-H/2008;

15. Regulamento (CE) n.º 640/2009 - Requisitos de concepção ecológica para os motores eléctricos;

# ANEXOS

**NOTA:** As peças desenhadas encontram-se apenas à escala real na cópia digital.



**Anexo A - Setúbal, PORTUCEL**  
**(diagrama tipo dos sistemas)**





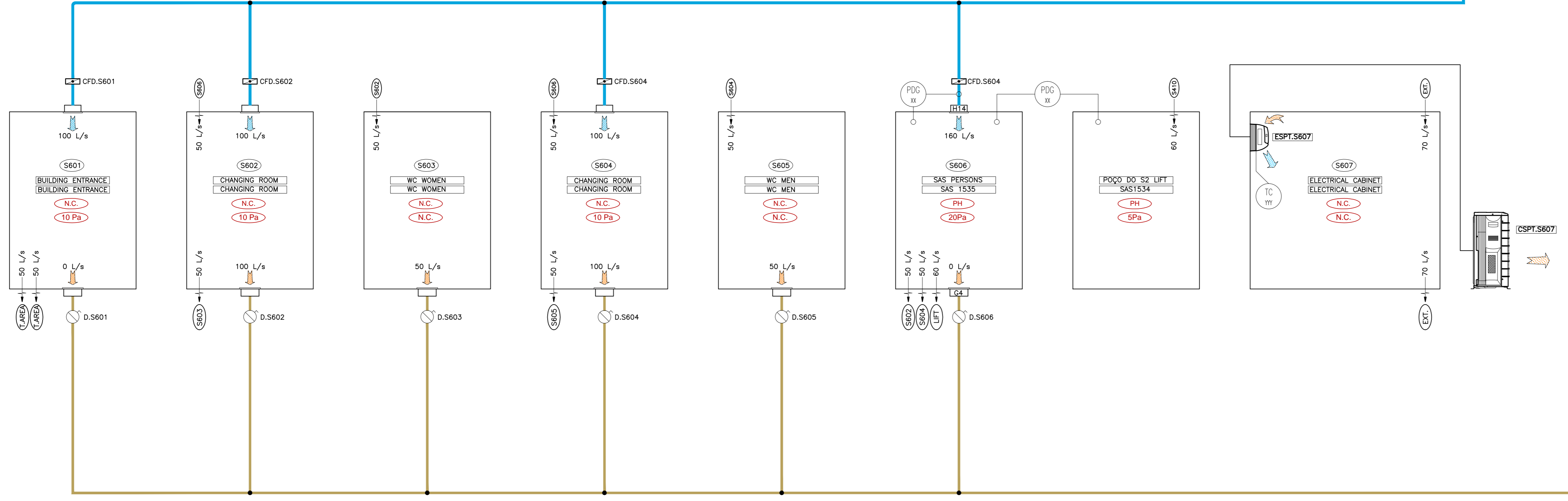
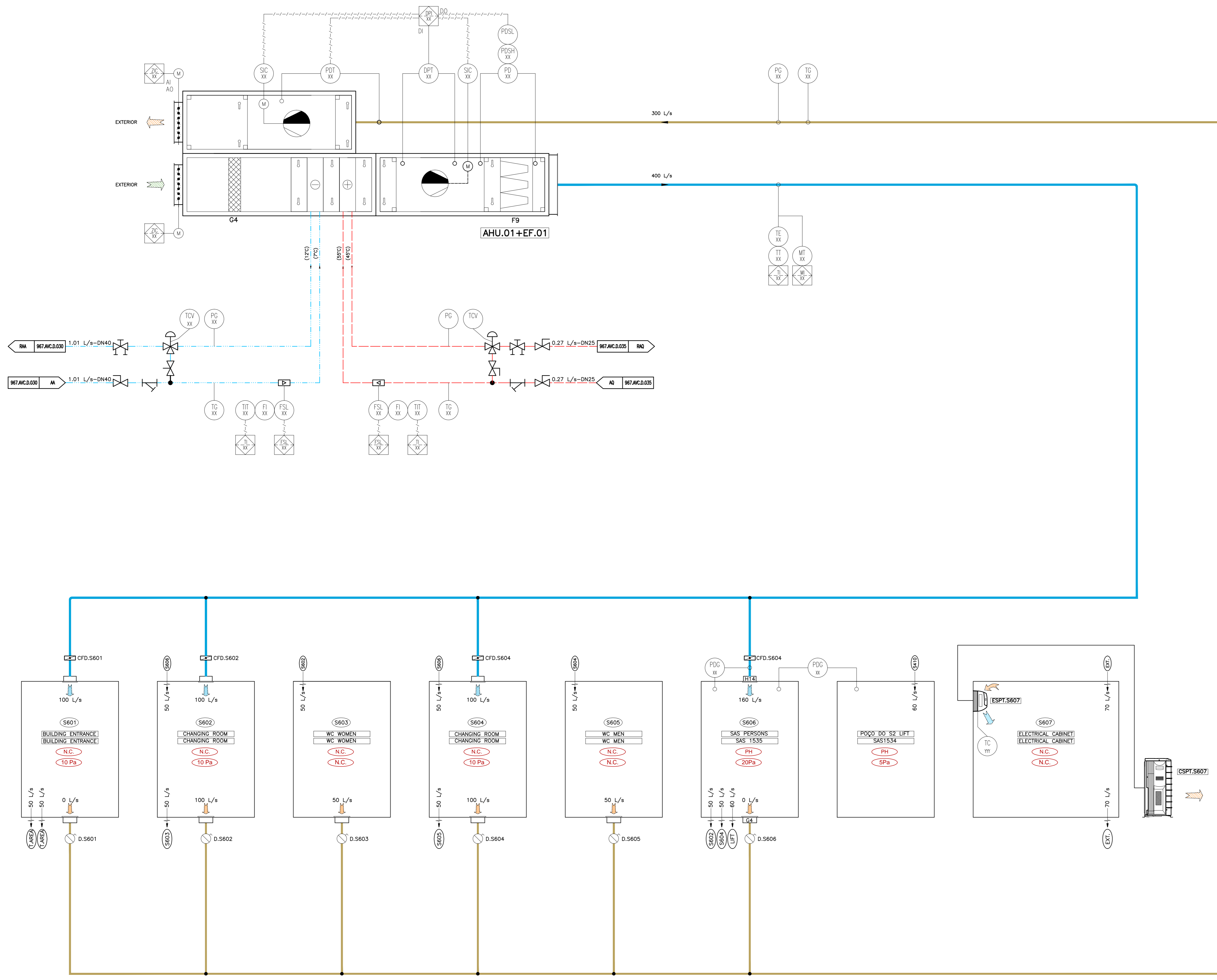
Anexo B - Odivelas,  
LUSOMEDICAMENTA (diagrama  
do sistema CL.08)





**Anexo C - Loures, HOVIONE  
(diagrama do sistema AHU.01)**





**SUMMARY OF SYMBOLS**


**VALVES**


**PIPE FITTINGS**


**OTHERS**

**REMARKS**

- 1) ALL THE ON/OFF VALVES WILL BE "TAIL CLOSED" UNLESS OTHERWISE INDICATED IN THE INSTRUMENTATION TAG THE FOLLOWING RULE SHOULD BE APPLIED:  
 1) IS IS REFERRED TO THE P&ID SECTION  
 2) IS IS REFERRED TO THE EQUIPMENT LINE  
 3) ON/OFF VALVE WITH ONE LIMIT SWITCH  
 4) ON/OFF VALVE WITH TWO LIMIT SWITCHES  
 5) MOTOR WITH A FREQUENCY CONVERTER
- 2) VALUE POSITION INPUT OR SOLENOIDE VALVE
- 3) CLOSED VALVE INDICATOR (CVI) PNEUMATIC ACTUATOR CONTROL SIGNAL OPENED BY A SMALL SOLENOIDE PILOT INSTALLED IN THE FIELD
- 4) CONTROL VALVE (DEFAULT POSITION)  
 CLOSED VALVE INDICATOR (CVI) MOULDING ACTUATOR ASSUMES A POSITION PROPORTIONAL TO AN ELECTRICAL SIGNAL FROM A CONTROLLER (E.I. SUPPLY AT INSTRUMENTATION AIR)
- 5) CONSTANT SPEED MOTOR

**NOTES**

- 0 - FOR FULL VERIFICATION OF THE SPECIFICATIONS PROJECT MUST CONSULT THE TECHNICAL SHEETS OF TENDER SPECIFICATIONS.
- 1 - SEE DRAWING WITH SYMBOLS N° 967.D.AVC.001
- 2 - WATER COOLED ADDUCTION PIPING AT 7"/12" IN THE EXISTING SYSTEM IN HOVIONE BE CARRIED OUT BY OTHERS.
- 3 - CONTRACT LIMITS WHEN APPLICABLE.  
 CONTRACT  
 ▲  
 ▼  
 OUT OF CONTRACT
- 4 - THE INSULATION OF WATER COOLED PIPING SHALL BE PERFORMED WITH A DESCRIPTION OF TECHNICAL DATA GE.01.
- 5 - TIME REFERENCE SHOULD BE CONSECUTIVE

SYMBOL	ABBREVIATION	DESCRIPTION
	ETA	EXTRACT AIR
	RCA	RECIRCULATION AIR
	SUP	SUPPLY AIR
	ODA	OUTDOOR AIR
	CONTROL	CONTROL
	PNEUMATIC	PNEUMATIC
	TOMADA DE PRESSÃO	TOMADA DE PRESSÃO
	SOFTWARE LINK	SOFTWARE LINK
	H	HUMIDIFIER
	RE	ELECTRICAL HEAT
	RCC	CONSTANT DUMPER
	R	DUMPER
	M	ACTUATOR
	VCM	CONTROL VALV
	RM	MOTORIZED DUMPER
	GRP	CONTROL GRID - TO DOORS
	SAF	COOLING COIL
	SAQ	HEATING COIL
	V	FAN
	VV	VARIABLE FLOW FAN

E5	Revisão das Crenhas e Registos	22.07.2014	J.P.
E4	Revisão Geral	26.06.2014	M.F.
E3	Revisão dos Caudais	05-2014	R.G.
E2	Revisão Geral	05-2014	R.G.

Índice Alterações Data Nome

Desenho	J.P.	Verificar	M.F./J.C.
Data	Maio 2014	Substituir	Olivia
Escalas	S/E	Substituir	HOVIONE

**ESPECIALIDADES**

Designação	AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO
Diagrama	DIAGRAMA P&ID - SISTEMA AHU.01 + EF.01
Projeto	HOVIONE
Execução	EXECUÇÃO

967.AVC.D.005

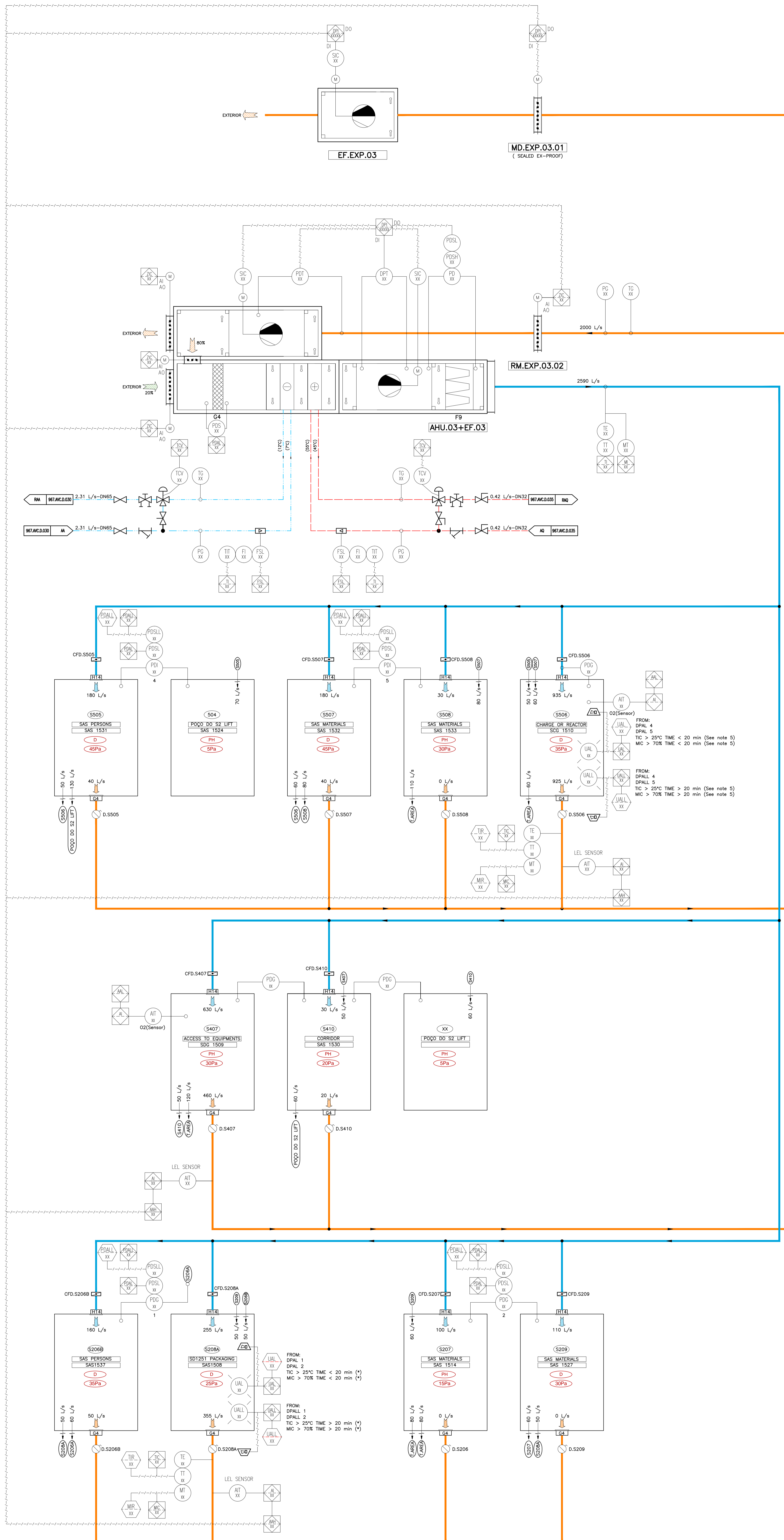
**Anexo D - Loures, HOVIONE  
(diagrama do sistema AHU.02)**





**Anexo E - Loures, HOVIONE  
(diagrama do sistema AHU.03)**





**SUMMARY OF SYMBOLS**

**INSTRUMENTATION**

LOCALLY MOUNTED INSTRUMENT	PACKAGE PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER NOT ACCESSIBLE TO THE OPERATOR	PLC BASED INSTRUMENT ACCESSIBLE TO OPERATOR
PANEL MOUNTED INSTRUMENT PROVIDER INTERFACE IN THE CONTROL ROOM	INSTRUMENT WITH COMPUTER BASED FUNCTIONS ACCESSIBLE TO THE OPERATOR	INTERLOCK
LOCAL PANEL MOUNTED INSTRUMENT ACCESSIBLE AT A LOCAL PANEL	INSTRUMENT WITH COMPUTER BASED FUNCTIONS NOT ACCESSIBLE TO THE OPERATOR	ELECTRICAL SIGNAL
		PNEUMATIC
		LOUPLIN
		SOFTWARE LINK

**VALVES**

VALVE (DEFAULT)	BALL VALVE	CONTROL VALVE	PRES. REL. VALVE	CHECK VALVE
THREADED VALVE	DIAPHRAGM VALVE	ON/OFF VALVE	SAFETY VALVE	BUTTERFLY VALVE
WELDED VALVE	GLOBE VALVE	PRESSURE RELIEF VALVE	FO "TALL OPEN" INDICATOR	SOLENOID VALVE

**PIPE FITTINGS**

REDUCER (CONCRETE)	STRAINER	INSTRUMENT TEE	SHORT GLASS	DRAIN
HOSE	BELLOW	MAN LINE CONNECTION	QUICK COUPLING	FLANGED CONNECTION
STOP TAP	SPRAY NOZZLE	LOW PRESSURE NITROGEN	MEDIAN PRESSURE NITROGEN	

**OTHERS**

- REMARKS**
- 1) ALL THE ON/OFF VALVES WILL BE THE CLOSE UNLESS OTHERWISE INDICATED IN THE INSTRUMENTATION FOR THE FOLLOWING RULE SHOULD BE APPLIED:
    - a) S IS REFERRED TO THE P&ID SECTION
    - b) IS IS REFERRED TO THE EQUIPMENT UNIT
  - 2) ON/OFF VALVE WITH ONE LIMIT SWITCH
    - 1) CLOSED VALVE INDICATION (SIS)
    - 2) CLOSED VALVE INDICATION (SIS) PNEUMATIC ACTUATOR CONTROL SIGNAL DRIVEN BY A SMALL SOLENOID PILOT INSTALLED IN THE FIELD
  - 3) ON/OFF VALVE WITH TWO LIMIT SWITCHES
    - 1) CLOSED (SIS) AND OPENED (TODS) VALVE INDICATION PNEUMATIC ACTUATOR CONTROL SIGNAL DRIVEN BY A SMALL SOLENOID PILOT INSTALLED IN THE FIELD
    - 2) CLOSED VALVE INDICATION (SIS) ASSIGNS A POSITION PROPORTIONAL TO AN ELECTRICAL SIGNAL FROM A CONTROLLER (4-20 mA) AS AIR SUPPLY IN INSTRUMENTATION AND
  - 4) CONTROL VALVE (DEFAULT SITUATION)
    - 1) CLOSED VALVE INDICATION (SIS)
    - 2) WOLUATING ACTUATOR ASSIGNS A POSITION PROPORTIONAL TO AN ELECTRICAL SIGNAL FROM A CONTROLLER (4-20 mA) AS AIR SUPPLY IN INSTRUMENTATION AND
  - 5) WORK WITH A FREQUENCY CONVERTER
    - 1) ON/OFF VALVE WITH TWO LIMIT SWITCHES
    - 2) CLOSED VALVE INDICATION (SIS)
    - 3) CLOSED VALVE INDICATION (SIS) PNEUMATIC ACTUATOR CONTROL SIGNAL DRIVEN BY A SMALL SOLENOID PILOT INSTALLED IN THE FIELD
  - 6) ON/OFF VALVE WITH TWO LIMIT SWITCHES
    - 1) CLOSED VALVE INDICATION (SIS)
    - 2) CLOSED VALVE INDICATION (SIS) PNEUMATIC ACTUATOR CONTROL SIGNAL DRIVEN BY A SMALL SOLENOID PILOT INSTALLED IN THE FIELD

- NOTES**
- 0 - FOR FULL VERIFICATION OF THE SPECIFICATIONS PROJECT MUST CONSULT THE TECHNICAL SHEETS OF TENDER SPECIFICATIONS.
  - 1 - SEE DRAWING WITH SYMBOLS N° 967.D.AVC.001
  - 2 - WATER COOLED ADDUCTION PIPING AT 7"/12" IN THE EXISTING SYSTEM IN HOVIONE BE CARRIED OUT BY OTHERS.
  - 3 - CONTRACT LIMITS WHEN APPLICABLE.
    - CONTRACT
    - OUT OF CONTRACT
  - 4 - THE INSULATION OF WATER COOLED PIPING SHALL BE PERFORMED WITH A DESCRIPTION OF TECHNICAL DATA GE.01.
  - 5 - TIME REFERENCE SHOULD BE CONSECUTIVE

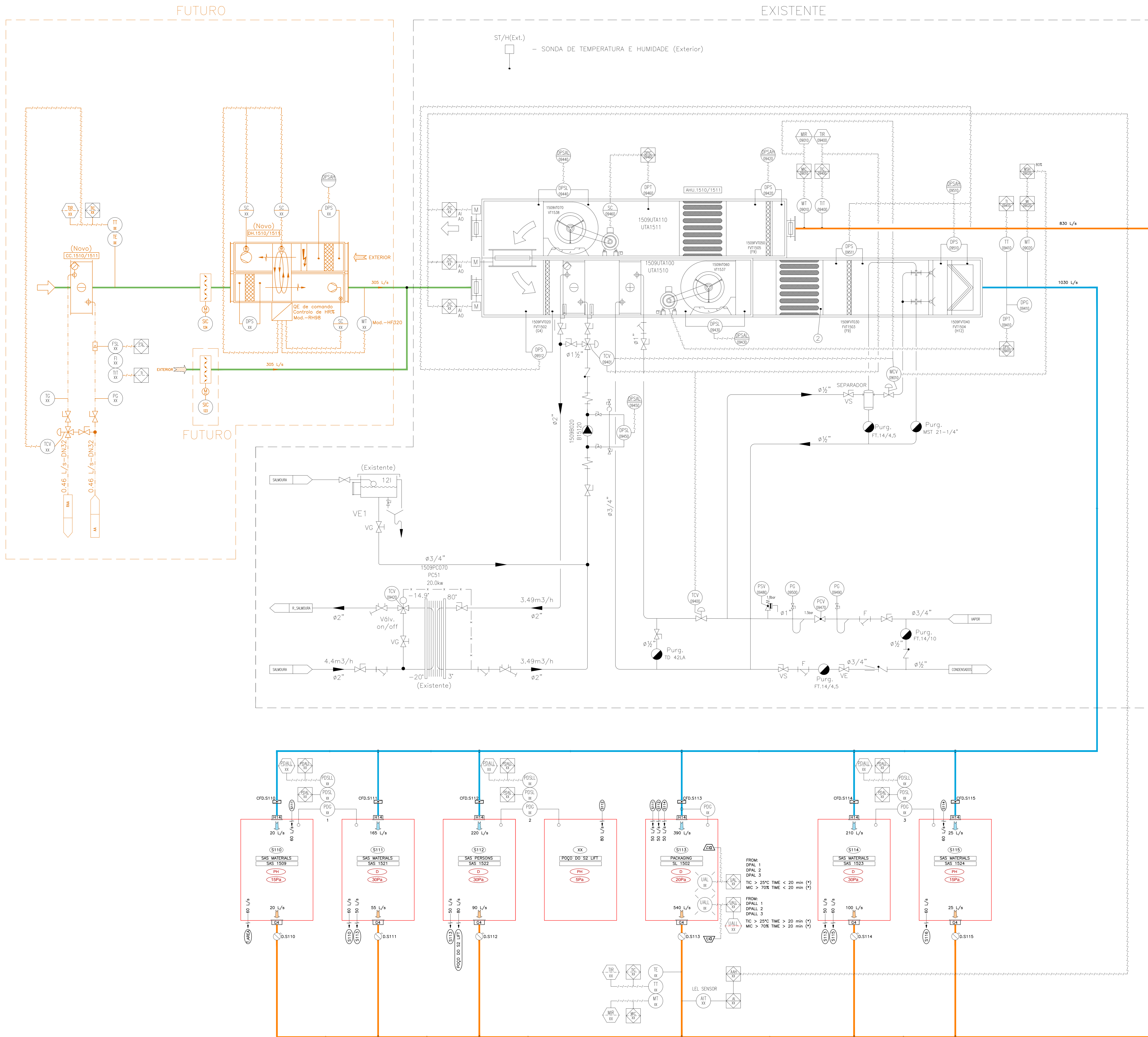
SYMBOL	ABBREVIATION	DESCRIPTION
	ETA	EXTRACT AIR
	RCA	RECIRCULATION AIR
	SUP	SUPPLY AIR
	ODA	OUTDOOR AIR
	CONTROL	CONTROL
	PNEUMATIC	PNEUMATIC
	TOMADA DE PRESSÃO	TOMADA DE PRESSÃO
	SOFTWARE LINK	SOFTWARE LINK
	H	HUMIDIFIER
	RE	ELECTRICAL HEAT
	RCC	CONSTANT DUMPER
	R	DUMPER
	M	ACTUATOR
	VCM	CONTROL VALVE
	RM	MOTORIZED DUMPER
	GRP	CONTROL GRID - TO DOORS
	SAF	COOLING COIL
	SAQ	HEATING COIL
	V	FAN
	VV	VARIABLE FLOW FAN

E5	Inclusão de EF.EXP.03 e Registos de caudal MD.EXP.03.01 e RM.EXP.03.02	11.07.2014	M.F.
E4	Revisão Geral	26.06.2014	M.F.
E3	Revisão de Caudais	05-2014	R.G.
E2	Revisão Geral	05-2014	R.G.
E1	Revisão Geral	05-2014	R.G.

Especialidades		Alterações	Designação
		<b>AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO</b>	
Desenho: J.P. Verificação: M.F./J.C.		Designação: <b>DIAGRAMA P&amp;ID - SISTEMA AHU.03 + EF.03</b>	
Data: Maio 2014 Substituição:		Cliente: <b>HOVIONE</b>	
Escala: S/E		Fase do Projeto: <b>EXECUÇÃO</b>	
		Desenho nº: <b>967.AVC.D.015</b>	

Anexo F - Loures, HOVIONE  
(diagrama do sistema  
AHU.1510/1511)





**SUMMARY OF SYMBOLS**

LOCALLY MOUNTED INSTRUMENT	PACKAGE PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER NOT ACCESSIBLE TO OPERATOR	PIC BASED INSTRUMENT ACCESSIBLE TO OPERATOR
PANEL MOUNTED INSTRUMENT OPERATOR INTERFACE IN THE CONTROL ROOM	INSTRUMENT WITH COMPUTER BASED FUNCTIONS ACCESSIBLE TO THE OPERATOR	INTERLOCK
LOCAL PANEL MOUNTED INSTRUMENT ACCESSIBILITY AT A LOCAL PANEL	INSTRUMENT WITH COMPUTER BASED FUNCTIONS NOT ACCESSIBLE TO THE OPERATOR	ELECTRICAL SIGNAL
		PNEUMATIC
		CAPILAR
		SOFTWARE LINK

**VALVES**

VALVE (DEFAULT)	BALL VALVE	CONTROL VALVE	PRES. REL. VALVE	CHECK VALVE
THREADED VALVE	DIAPHRAGM VALVE	ON/OFF VALVE	SAFETY VALVE	BATTERY VALVE
WELDED VALVE	CLAMP VALVE	PRESSURE RELIEF VALVE	TAIL OPEN INDICATOR	SOUNDING VALVE

**PIPE FITTINGS**

REDUCER (CONICAL OR CONCRETE)	STRAINER	INSTRUMENT TEE	SIGHT GLASS	DRAIN
HOSE	BELLOW	WAVE LINE CONNECTION	QUICK COUPLING	FLANGED CONNECTION
STEAM TRAP	SPRAY NOZZLE	LOW PRESSURE NITROGEN	MEDIUM PRESSURE NITROGEN	

**OTHERS**

- REMARKS**
- 1) ALL THE ON/OFF VALVES WILL BE TAIL CLOSED UNLESS OTHERWISE INDICATED IN THE INSTRUMENTATION TAG THE FOLLOWING RULE SHOULD BE APPLIED:  
 a) IS IS REFERRED TO THE PANEL SECTION  
 b) IS IS REFERRED TO THE EQUIPMENT UNIT
  - 2) ON/OFF VALVE WITH ONE LIMIT SWITCH
  - 3) ON/OFF VALVE WITH TWO LIMIT SWITCHES
  - 5) MOTOR WITH A FREQUENCY CONVERTER
- NOTES**
- 0 - FOR FULL VERIFICATION OF THE SPECIFICATIONS PROJECT MUST CONSULT THE TECHNICAL SHEETS OF TENDER SPECIFICATIONS.
  - 1 - SEE DRAWING WITH SYMBOLS N° 967.D.AVC.001
  - 2 - WATER COOLED ADDUCTION PIPING AT 7"/12" IN THE EXISTING SYSTEM IN HOVIONE BE CARRIED OUT BY OTHERS.
  - 3 - CONTRACT LIMITS WHEN APPLICABLE. CONTRACT OUT OF CONTRACT
  - 4 - THE INSULATION OF WATER COOLED PIPING SHALL BE PERFORMED WITH A DESCRIPTION OF TECHNICAL DATA GE.01.
  - 5 - TIME REFERENCE SHOULD BE CONSECUTIVE

SYMBOL	ABBREVIATION	DESCRIPTION
→	ETA	EXTRACT AIR
→	RCA	RECIRCULATION AIR
→	SUP	SUPPLY AIR
→	ODA	OUTDOOR AIR
○	CONTROL	CONTROL
○	PNEUMATIC	PNEUMATIC
○	TOMADA DE PRESSÃO	TOMADA DE PRESSÃO
○	SOFTWARE LINK	SOFTWARE LINK
H	HUMIDIFIER	HUMIDIFIER
RE	ELECTRICAL HEAT	ELECTRICAL HEAT
RCC	CONSTANT DUMPER	CONSTANT DUMPER
R	DUMPER	DUMPER
M	ACTUATOR	ACTUATOR
VCM	CONTROL VALVE	CONTROL VALVE
RM	MOTORIZED DUMPER	MOTORIZED DUMPER
GRP	CONTROL GRID - TO DOORS	CONTROL GRID - TO DOORS
SAF	COOLING COIL	COOLING COIL
SAQ	HEATING COIL	HEATING COIL
V	FAN	FAN
VV	VARIABLE FLOW FAN	VARIABLE FLOW FAN

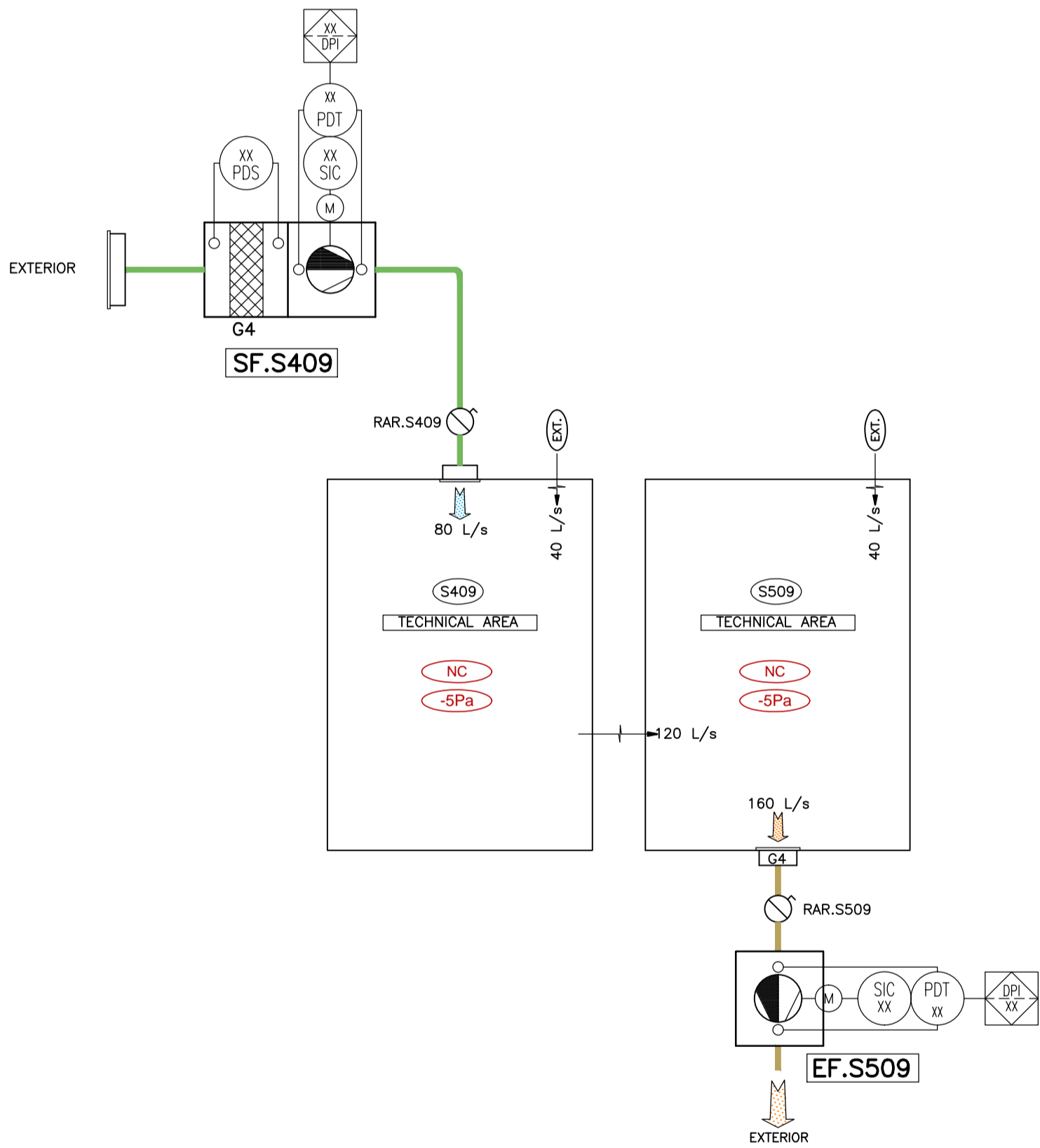
E4	Revisão Geral	22.07.2014	M.F.
E3	Revisão Geral	28.06.2014	M.F.
E2	Revisão Geral	05-2014	R.G.
Índice	Alterações	Data	Nome
Especialidades		Designação	
		<b>AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO</b> DIAGRAMA P&ID - SISTEMA AHU.1510/1511	
Desenho	J.P.	Verificação	M.F./J.C.
Data	Maio 2014	Substituído	Cliente
Escrito	S/E	Substituído	Nome
		Projeto	HOVIONE
		Execução	EXECUÇÃO
		Desenho nº	967.AVC.D.020

Anexo G - Loures, HOVIONE  
(diagrama do sistema de ventilação  
da área técnica P4 e P5)



SYMBOL	ABBREVIATION	DESCRIPTION
	ETA	EXTRACT AIR
	RCA	RECIRCULATION AIR
	SUP	SUPPLY AIR
	ODA	OUTDOOR AIR
		CONTROL
		PNEUMATIC
		TOMADA DE PRESSÃO
		SOFTWARE LINK
	H	HUMIDIFIER
	RE	ELECTRICAL HEAT
	RCC	CONSTANT DUMPER
	R	DUMPER
	M	ACTUATOR
	VCM	CONTROL VALV
	RM	MOTORIZED DUMPER
	GRP	CONTROL GRID - TO DOORS
	SAF	COOLING COIL
	SAQ	HEATING COIL
	V	FAN
	W	VARIABLE FLOW FAN

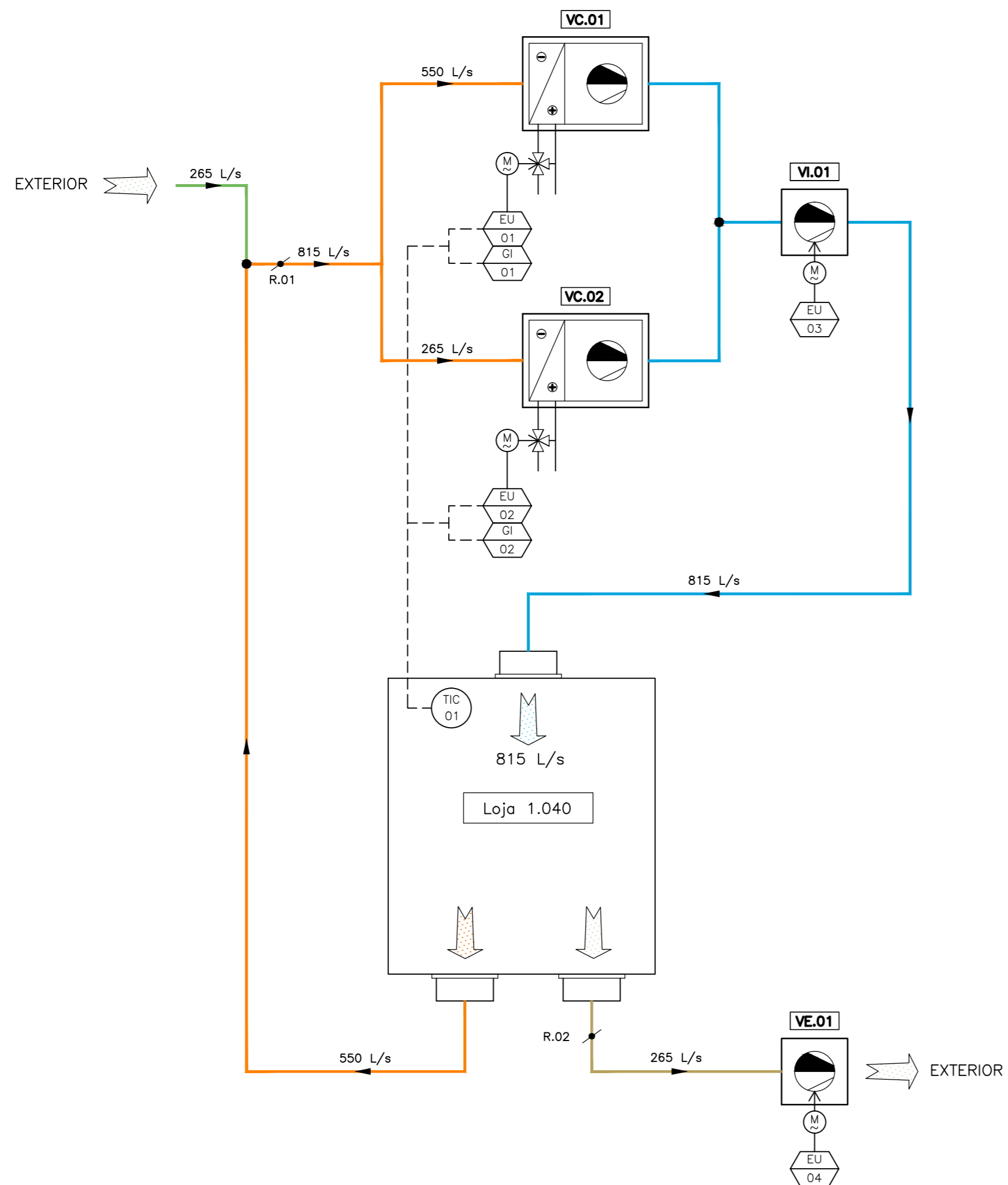
SYMBOL	ABBREVIATION	DESCRIPTION
	-	INSTRUMENT WITH COMPUTER BASED FUNCTIONS ACCESSIBLE TO THE OPERATOR
	-	INSTRUMENT WITH COMPUTER BASED FUNCTIONS NOT ACCESSIBLE TO THE OPERATOR
	-	LOCAL PANEL MOUNTED INSTRUMENT ACCESSIBILITY AT A LOCAL PANEL
	-	PANEL MOUNTED INSTRUMENT OPERATOR INTERFACE IN THE CONTROL ROOM
	-	LOCALLY MOUNTED INSTRUMENT
	-	PACKAGE PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER NOT ACCESSIBLE TO OPERATOR
	-	PLC BASED INSTRUMENT ACCESSIBLE TO OPERATOR
	-	INTERLOCK



Indice	Alterações	Data	Nome
Especialidades		Designação	
		<b>AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO</b> DIAGRAMA P&ID - SISTEMA DE VENTILAÇÃO DA ÁREA TÉCNICA DO PISO 4 E PISO 5	
Desenhou	Verificou	Cliente	
J.P.	M.F./J.C.	<b>HOVIONE</b>	
Data	Substituiu	Fase do projecto	Desenho n°
Agosto 2014		<b>EXECUÇÃO</b>	<b>967.AVC.D.022</b>
Escalas	Substituído		Índice
S/E			<b>EO</b>

## Anexo H - Fogueteiro, Rio Sul Shopping (diagrama de princípio)





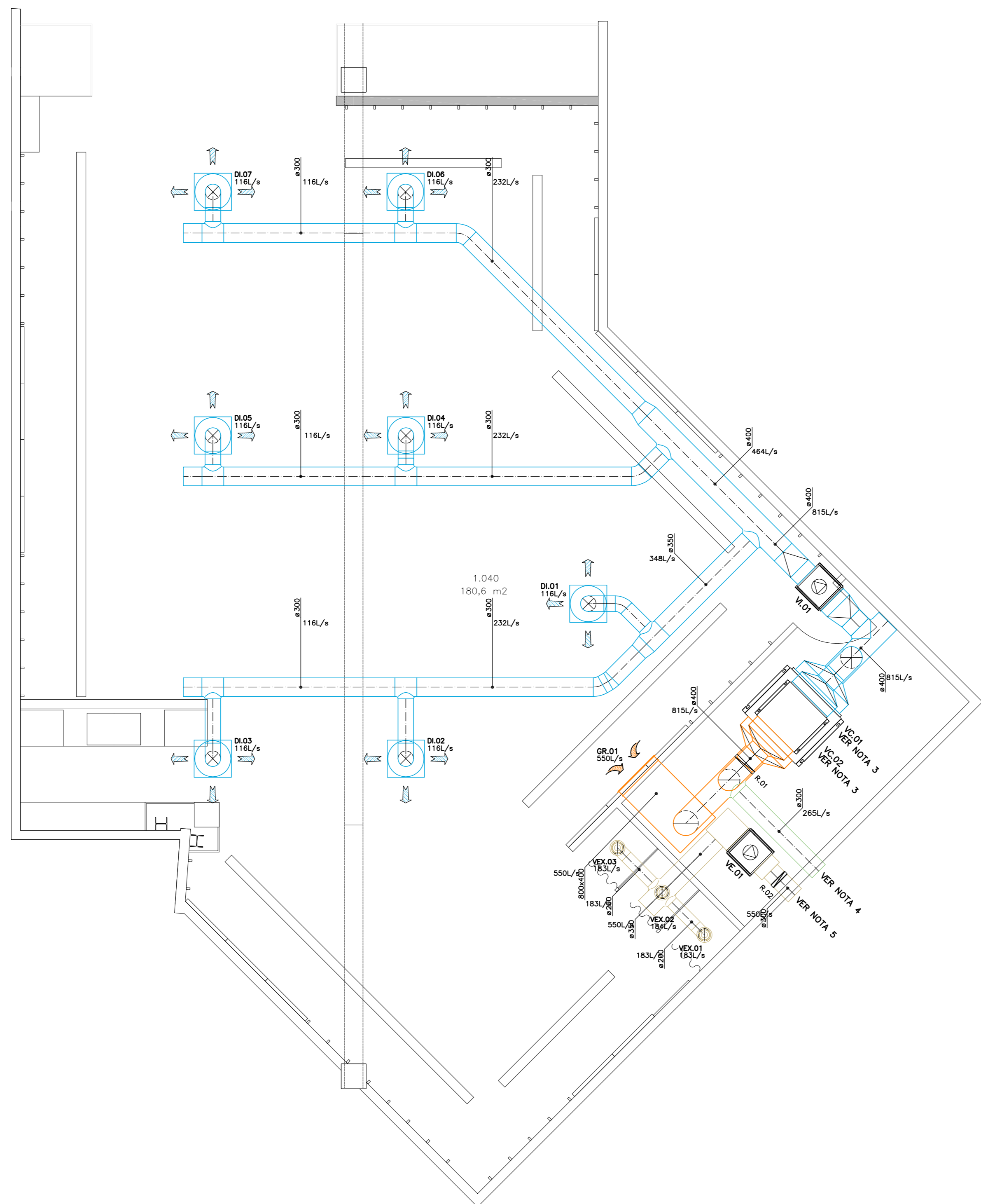
Code letter	Group 1: Measurements or other input parameter		Group 2: handling of sequence numbering: I, R, C
	First Code letter	Complement code letter	
A			Alarm
B			
C	Conductivity / PH		Automatic Control
D	Density	Difference	
E	Electrical Parameter		Reader Function
F	Flow	Proportion	
G	Distance, Length, Position, Strain, Amplitude		
H	Manual Input		High Limit
I			Indication
J		Parameter Request	
K	Time		Free Choice
L	Stand, Level		Low Limit
M	Moisture		Free Choice
N	Free Choice		
O	Free Choice		Yes/No Indication
P	Pressure		
Q	Material property, quality parameter Analysis (except D,M,V)	Integral sum	
R	Speed, Rotatiom Speed, Frequency		Recording – Trending
S	Speed, Rotatiom Speed, Frequency		Switch, Process Control, Logic Control
T	Temperature		Transducer
U			Combined Engine Functions
V			
W	Weigth, Bulk		
Y			Function Calculation
Z			Emergency, Security by Trigger, Safety Equipment, Security Events

SÍMBOLO	ABREVIATURA	DESCRIÇÃO
	ETA	AR DE EXTRACÇÃO
	RCA	AR DE RETORNO
	SUP	AR DE INSUFLAÇÃO
	ODA	AR NOVO
	SEC	RECIRCULAÇÃO
	-	PONTO DE MEDIÇÃO
	-	LINHA DE REFERÊNCIA
	-	LINHA DE COMANDO
	-	SETA DE CONTROLO
	-	PONTO DE CONTROLO
	-	ELEMENTO MOTOR, GERAL (COM ENERGIA NORMAL OU AUTOMÁTICA)
	-	ELEMENTO MOTOR, EM CASO DE FALHA DE ENERGIA O EQUIPAMENTO IRÁ ABRIR
	-	ELEMENTO MOTOR, EM CASO DE FALHA DE ENERGIA O EQUIPAMENTO IRÁ FECHAR
	-	COMANDO MANUAL E LOCAL
	-	ELEMENTO MOTOR, EM CASO DE FALHA DE ENERGIA O EQUIPAMENTO MANTERÁ A POSIÇÃO
	-	ELEMENTO MOTOR, EM CASO DE FALHA DE ENERGIA O EQUIPAMENTO IRÁ FECHAR
	-	VALVULA DE 3 VIAS
	-	VALVULA DE SECCIONAMENTO MANÓMETRO
	-	PONTO DE CONTROLO OU MONITORIZAÇÃO COM VISUALIZAÇÃO NA GTC
	-	PONTO DE CONTROLO OU MONITORIZAÇÃO COM VISUALIZAÇÃO NO EQUIPAMENTO LOCAL
	-	PONTO DE CONTROLO OU MONITORIZAÇÃO COM VISUALIZAÇÃO NO QUADRO LOCAL

Indice	Alterações	Data	Nome
Especialidades		Designação	
		<b>AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO</b> <b>DIAGRAMA P&amp;ID</b>	
Desenhou	Verificou	Loja 1.040	
J.P.	J.C.	Cliente	
Data	Substitui	<b>RIO SUL SHOPPING</b>	
Maio 2014		Fase do projecto	Desenho n°
Escolas	Substituído	<b>EXECUÇÃO</b>	<b>973.AVC.D.005</b>
S/E			<b>EO</b>

Anexo I - Fogueteiro, Rio Sul  
Shopping (implantação de  
equipamento)





POSIÇÃO	DESIGNAÇÃO	QT.	MARCA DE REF.	MODELO DE REF.	OBS.
VC.01	UNIDADE VENTILCONVECTORA	1	CARRIER	(EXISTENTE)	
VC.02	UNIDADE VENTILCONVECTORA	1	CARRIER	-	
VI.01	VENTILADOR DE INSUFLAÇÃO	1	FRANCE AIR	-	
VE.01	VENTILADOR DE EXTRACÇÃO	1	FRANCE AIR	-	
DI.01	DIFUSOR DE INSUFLAÇÃO	1	TROX	VDW 600x24	
DI.02	DIFUSOR DE INSUFLAÇÃO	1	TROX	VDW 600x24	
DI.03	DIFUSOR DE INSUFLAÇÃO	1	TROX	VDW 600x24	
DI.04	DIFUSOR DE INSUFLAÇÃO	1	TROX	VDW 600x24	
DI.05	DIFUSOR DE INSUFLAÇÃO	1	TROX	VDW 600x24	
DI.06	DIFUSOR DE INSUFLAÇÃO	1	TROX	VDW 600x24	
DI.07	DIFUSOR DE INSUFLAÇÃO	1	TROX	VDW 600x24	
GR.01	GRELHA DE RETORNO	1	TROX	AR-AG 825x425	
VEX.01	VÁLVULA DE EXTRACÇÃO	1	TROX	LVS 200	
VEX.02	VÁLVULA DE EXTRACÇÃO	1	TROX	LVS 200	
VEX.03	VÁLVULA DE EXTRACÇÃO	1	TROX	LVS 200	
R.01	REGISTO DE CAUDAL DE AR MANUAL	1	SANDOMETAL	ø400	
R.02	REGISTO DE CAUDAL DE AR MANUAL	1	SANDOMETAL	ø300	

**NOTAS**

0-PARA VERIFICAÇÃO COMPLETA DAS ESPECIFICAÇÕES DO PROJECTO CONSULTAR OBRIGATORIAMENTE AS FICHAS TÉCNICAS DO CADERNO DE ENCARGOS.

1-A DISTÂNCIA ENTRE SUPORTES E SUSPENSÕES DAS CONDUTAS NÃO DEVERÁ EXCEDER 3 METROS, SENDO A SUA EXECUÇÃO EFECTUADA COM PERFS NORMALIZADOS, RÍGIDOS DO TIPO "MUPRO" OU EQUIVALENTE

2-MATERIAL A APLICAR NO ISOLAMENTO DAS CONDUTAS:




- AR TRATADO INSUFLAÇÃO NO INTERIOR - ESPUMA ELASTOMÉRICA DO TIPO "EUROBATEX OU EQUIVALENTE" COM 30mm DE ESPESURA.
- AR TRATADO INSUFLAÇÃO NO EXTERIOR - ESPUMA ELASTOMÉRICA DO TIPO "EUROBATEX OU EQUIVALENTE" COM 30mm DE ESPESURA E PROTECÇÃO COM CH. 24 DE ALUMÍNIO
- AR TRATADO RETORNO NO INTERIOR - SEM ISOLAMENTO
- AR TRATADO RETORNO NO EXTERIOR - ESPUMA ELASTOMÉRICA DO TIPO "EUROBATEX OU EQUIVALENTE" COM 30mm DE ESPESURA E PROTECÇÃO COM CH. 24 DE ALUMÍNIO
- AR DE EXTRACÇÃO NO INTERIOR - SEM ISOLAMENTO
- AR DE EXTRACÇÃO NO EXTERIOR - SEM ISOLAMENTO

3-AS LIGAÇÕES HIDRÁULICAS AO VENTILCONVECTOR SERÃO EFECTUADAS EM OBRA SEGUNDO INFRA ESTRUTURAS EXISTENTES

4-LIGAR A INFRA ESTRUTURA DE AR NOVO EXISTENTE

5-LIGAR A INFRA ESTRUTURA DE EXTRACÇÃO EXISTENTE

**SIMBOLOGIA**

	- AR DE INSUFLAÇÃO
	- AR DE RETORNO
	- AR DE EXTRACÇÃO
	- AR NOVO TRATADO

E2	INCLUSÃO DE DIFUSORES JUNTO DA ENTRADA DA LOJA	2014.05.30	Marco A.
E1	INCLUSÃO DO VC.02	2014.05.28	Marco A.
Índice	Alterações	Data	Nome
Especialidades	Designação		
 Engenharia Termodinâmica		<b>AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO</b> IMPLANTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E CONDUTAS - NÍVEL ALTO	
		LOJA L1.040	
Desenhou	Verificou	Cliente	
MAF/J.P.	M.F.	RIO SUL SHOPPING	
Data	Substitui	Fase do projecto	Desenho n°
MAIO 2014	Substituído	<b>EXECUÇÃO</b>	<b>973.AVC.D.100</b>
Escalas			Índice
1:50			<b>E2</b>

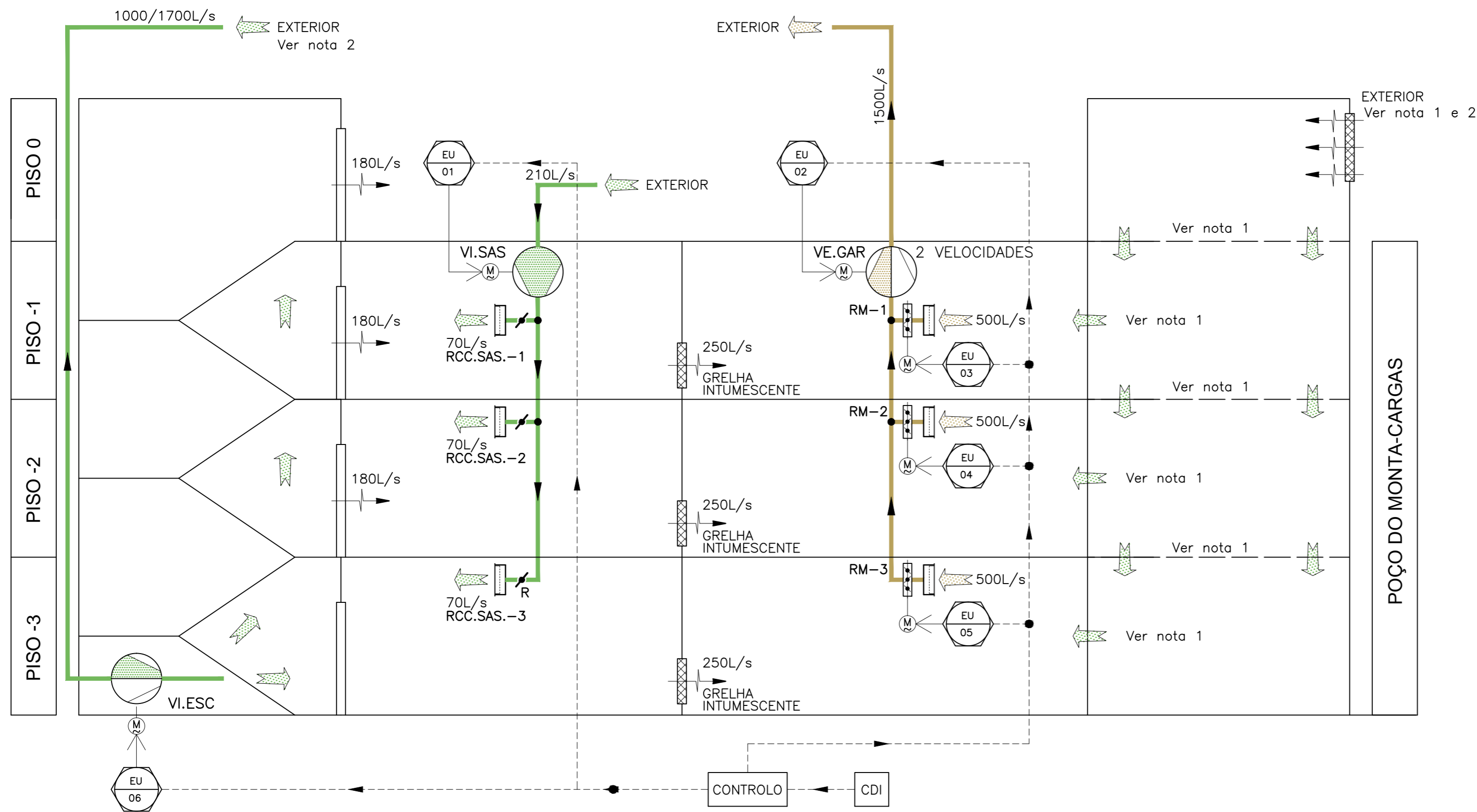
## Anexo J - Lisboa, Ed. Rua Saraiva de Carvalho (diagrama de princípio)



# DIAGRAMA P&ID DE DESENFUMAGEM

## NOTAS

- 1 - Área de Passagem Mínima de 0,5 m<sup>2</sup>
- 2 - Grelha Anti-pássaro



SÍMBOLO	ABREVIATURA	DESCRIÇÃO
	EHA	AR DE EXTRACÇÃO/DESENFUMAGEM
	ODA	AR NOVO/PRESSURIZAÇÃO
	H	HUMIDIFICADOR
	RE	RESISTÊNCIA ELÉCTRICA
	RCC	REGISTO DE CAUDAL CONSTANTE
	R	REGISTO MANUAL
	M	ACTUADOR
	-	MONOTORIZAÇÃO DE TEMPERATURA, HUMIDADE E PRESSÃO
	VCM	VÁLVULA DE CONTROLO MOTORIZADA
	RM	REGISTO MOTORIZADO
	GRP	GRELHA DE REGULAÇÃO - PARA PORTA
	SAF	SERPENTINA DE ÁGUA FRIA
	SAQ	SERPENTINA DE ÁGUA QUENTE
	V	VENTILADOR
	W	VENTILADOR COM VARIAÇÃO DE CAUDAL
	-	PONTO DE CONTROLO OU MONITORIZAÇÃO COM VISUALIZAÇÃO NA GTC
	-	PONTO DE CONTROLO OU MONITORIZAÇÃO COM VISUALIZAÇÃO NO EQUIPAMENTO LOCAL
	-	PONTO DE CONTROLO OU MONITORIZAÇÃO COM VISUALIZAÇÃO NO QUADRO LOCAL

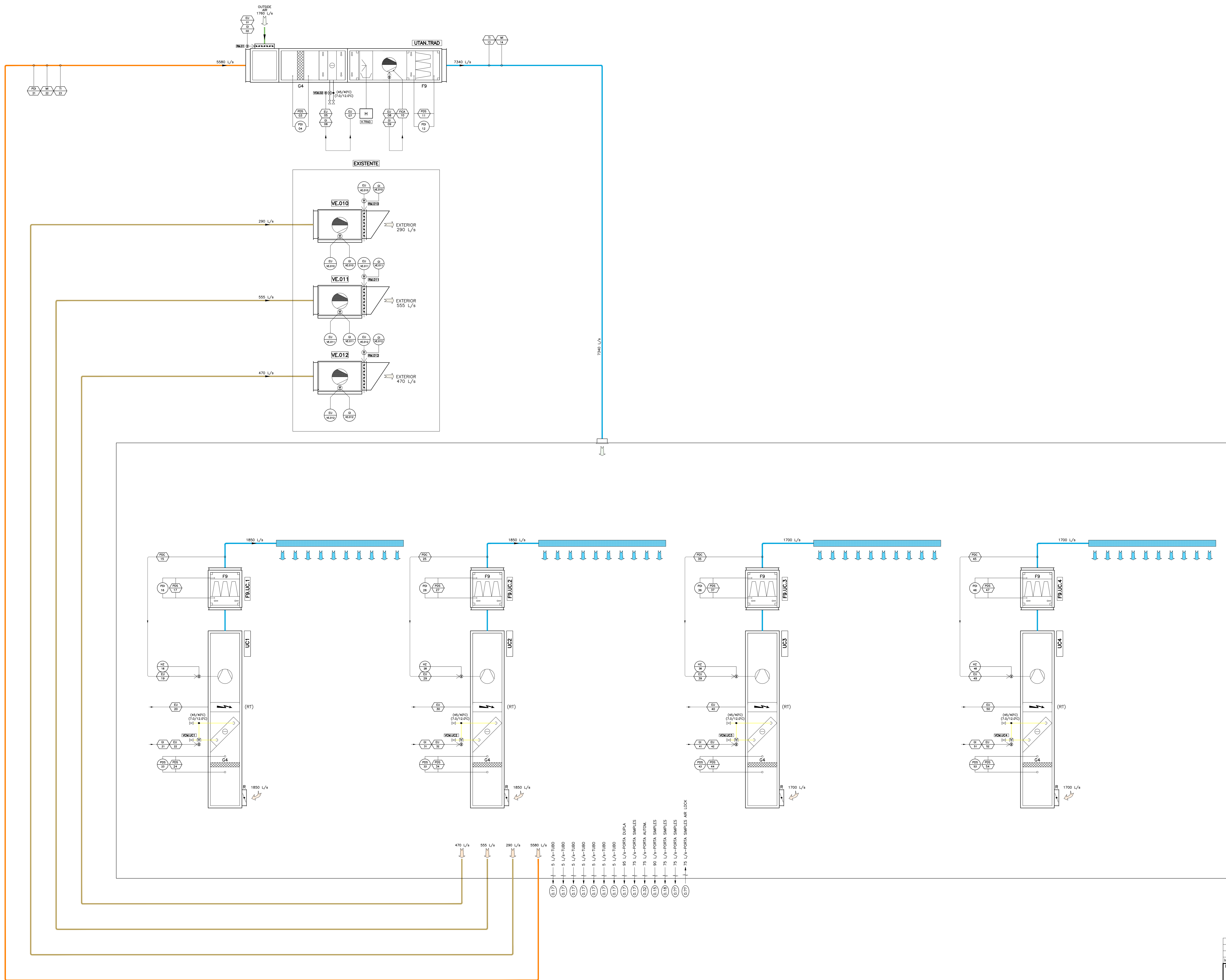
Code letter	Group 1: Measurements or other input parameter		Group 2: handling of sequence numbering: I.R.C
	First Code letter	Complement code letter	
A			Alarm
B			
C	Conductivity / PH		Automatic Control
D	Density	Difference	
E	Electrical Parameter		Reader function
F	Flow	proportion	
G	Distance, length, Position, Strain, Amplitude		
H	Manual Input		High limit indication
I			
J		Parameter request	
K	Time		Free choice
L	Stand, Level		Low limit
M	Moisture		Free choice
N	Free Choice		
O	Free Choice		Yes/no indication
P	Pressure		
Q	Material property, quality parameter Analysis (except D,M,V)	Integral sum	
R			Recording - trending
S	Speed, rotation speed, frequency		Switch, process control, logic control
T	Temperature		transducer
U			Combined engine functions
V			
W	Weighth, bulk		
Y			Function calculation
Z			Emergency, security by trigger, safety equipment, security events

Indice	Alterações	Data	Nome
Especialidades		Designação	
		<b>VENTILAÇÃO MECÂNICA E DESENFUMAGEM</b> <b>DIAGRAMA P&amp;ID DE DESENFUMAGEM</b>	
Desenhou	Verificou	EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR-RUA SARAIVA DE CARVALHO-LISBOA	
Marco A.	M.F./J.C.	Ciente	<b>BSSM - SOCIEDADE DE INVESTIMENTOS IMOBILIÁRIOS E CONSTRUÇÕES S.A.</b>
Data	Substitui	Fase do projecto	Desenho n°
Abril 2013		<b>EXECUÇÃO</b>	<b>920.VMD.D.001</b>
Escolas	Substituído	Indice	
S/E			<b>E0</b>

**Anexo K - Sintra, ESSILOR**  
**(diagrama da sala Tradicional)**



DIAGRAMA P&ID DO SISTEMA TRADICIONAL



SÍMBOLO	ABREVATURA	DESCRIÇÃO
[Symbol]	AE	AR DE EXTRAÇÃO
[Symbol]	AR	AR DE INTENÇÃO
[Symbol]	AI	AR DE INSUFLAÇÃO
[Symbol]	AN	AR NOVO
[Symbol]	H	HUMIDIFICADOR
[Symbol]	HE	RESISTÊNCIA ELÉTRICA
[Symbol]	REC	REGISTO DE CAUDAL CONSTANTE
[Symbol]	R	REGISTO MANUAL
[Symbol]	H	HUMIDIFICADOR
[Symbol]	H	HUMIDIFICADOR
[Symbol]	-	HUMIDIFICADOR
[Symbol]	-	MONITORIZAÇÃO DE TEMPERATURA, HUMIDADE E PRESSÃO
[Symbol]	VCM	VALVULA DE CONTROLO MOTORIZADA
[Symbol]	RM	REGISTO MOTORIZADO
[Symbol]	GRP	GRELHA DE REGULAÇÃO - PARA PORTA
[Symbol]	SAF	SERPIENTINA DE AGUA FRIA
[Symbol]	SAG	SERPIENTINA DE AGUA QUENTE
[Symbol]	V	VENTILADOR
[Symbol]	W	VENTILADOR COM VARIAÇÃO DE CAUDAL
[Symbol]	XXX TTY	PONTO DE CONTROLO OU MONITORIZAÇÃO COM VISUALIZAÇÃO NA UIC
[Symbol]	XXX TTY	PONTO DE CONTROLO OU MONITORIZAÇÃO COM VISUALIZAÇÃO NO EQUIPAMENTO LOCAL
[Symbol]	XXX TTY	PONTO DE CONTROLO OU MONITORIZAÇÃO COM VISUALIZAÇÃO NO QUADRO LOCAL
[Symbol]	XXX TTY	PONTO DE CONTROLO DE SEGURANÇA COM VISUALIZAÇÃO NO QUADRO LOCAL

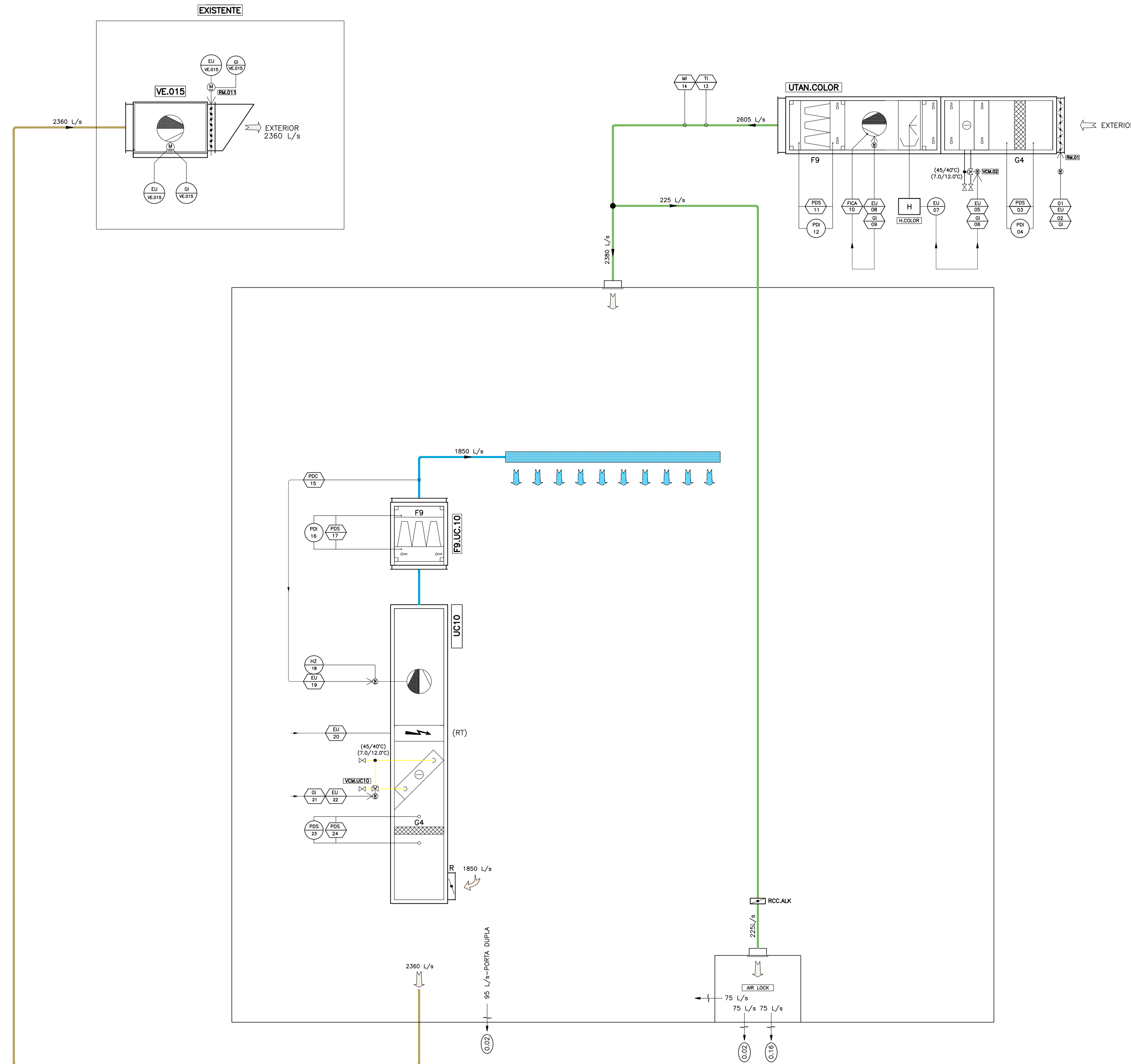
Code letter	Group 1: Measurements or other input parameter		Group 2: handling of sequence numbering, I.R.C.	
	First Code letter	Complement code letter	First Code letter	Complement code letter
A				Alarm
B				
C	Conductivity / PH			Automatic Control
D	Density	Difference		Reader function
E	Electrical Parameter			
F	Flow	proportion		
G	Distance, length, Position, Strain, Ampl/Bude			
H	Manual input			High lim18 indication
I				
J		Parameter request		
K	Time			Free choice
L	Stand, Level			Low lim18
M	Moisture			Free choice
N	Free Choice			
O	Free Choice			Yes/no indication
P	Pressure			
Q	Material property, quality parameter Analysis (except D.M.V)	Integral sum		
R				Recording - trending
S	Speed, rotation speed, frequency			Sw/Bch, process control, logic control
T	Temperature			Transducer Combined engine functions
V				
W	Weight, bulk			
Y				Function calculation
Z				Emergency security by trigger, safety equipment security events

Índice	Alterações	Data	Nome
<b>AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO</b> <b>DIAGRAMA P&amp;ID DO SISTEMA COLORAÇÃO</b>			
Desenho:	Verifica:	Projeto:	
Marco A.	Mário F.	ESSILOR-SALA DE PRODUÇÃO	
Data:	Substitui:	Cliente:	
Julho 2014		ESSILOR Portugal - Sintra	
Escala:	Substitui:	Nome do projeto:	Índice:
S/E		EXECUÇÃO	934.AVC.D.005

Anexo L - Sintra, ESSILOR  
(diagrama da sala Coloração)



# DIAGRAMA P&ID DO SISTEMA DE COLORAÇÃO



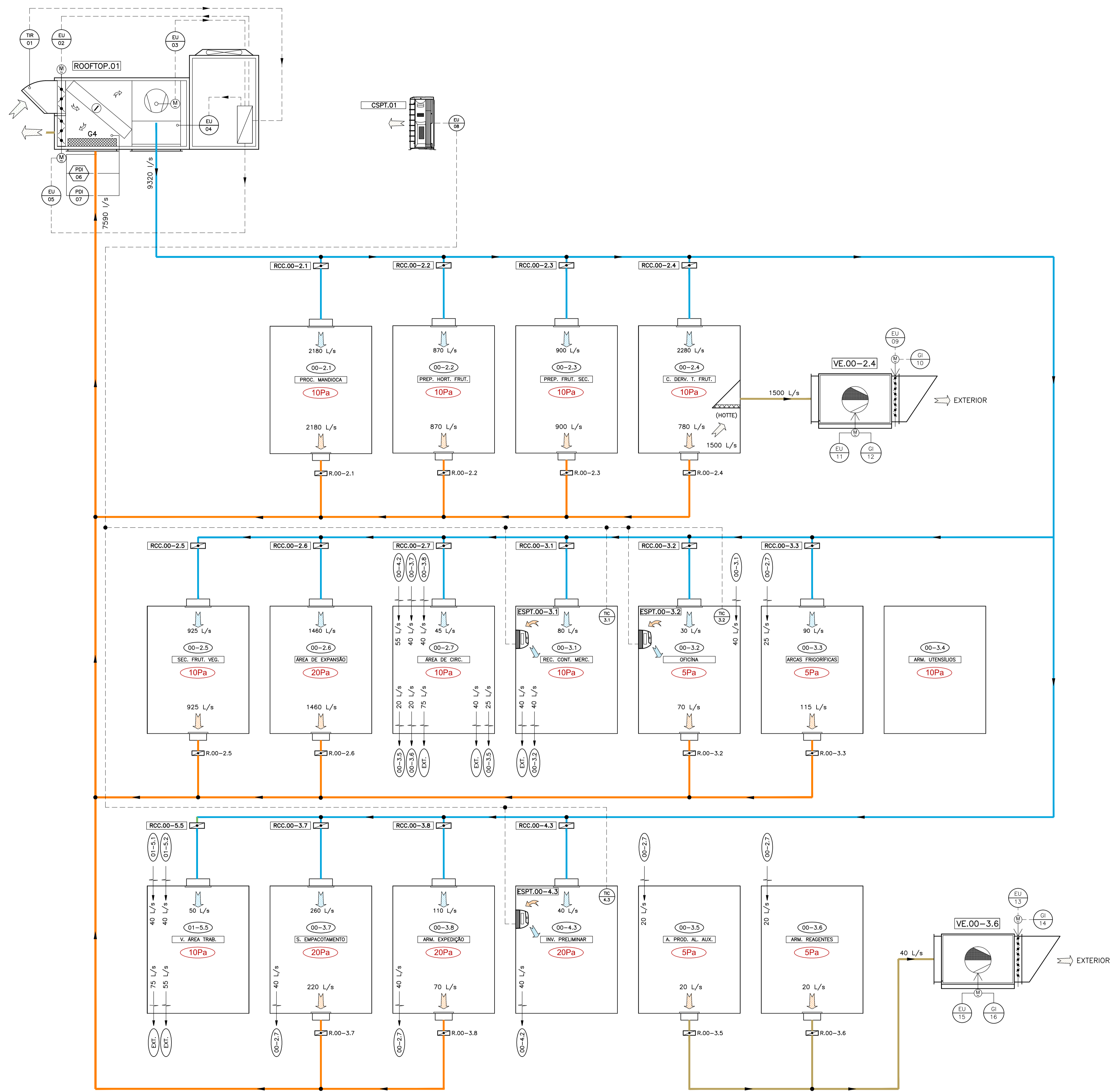
SÍMBOLO	ABREVIATURA	DESCRIÇÃO
→	AE	AR DE EXTRAÇÃO
←	AR	AR DE RETORNO
→	AI	AR DE INSUFLAÇÃO
→	AN	AR NOVO
→	H	HUMIDIFICADOR
→	RE	RESISTÊNCIA ELECTRICA
→	RCC	REGISTO DE CAUDAL CONSTANTE
→	R	REGISTO MANUAL
→	M	HUMIDIFICADOR
→	H	HUMIDIFICADOR
→	PT	MONITORIZAÇÃO DE TEMPERATURA, HUMIDADE E PRESSÃO
→	VCM	VALVULA DE CONTROLO MOTORIZADA
→	RM	REGISTO MOTORIZADO
→	GRP	GRELHA DE REGULAÇÃO - PARA PORTA
→	SAF	SERPENTINA DE AGUA FRIA
→	SAQ	SERPENTINA DE AGUA QUENTE
→	V	VENTILADOR
→	W	VENTILADOR COM VARIAÇÃO DE CAUDAL
→	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
→	XXX YYY	PONTO DE CONTROLO DE SEGURANCA COM VISUALIZAÇÃO NO QUADRO LOCAL

Code letter	Group 1: Measurements or other input parameter		Group 2: handling of sequence numbering: I.R.C
	First Code letter	Complement code letter	
A			Alarm
B			
C	Conductivity / PH		Automatic Control
D	Density	Difference	
E	Electrical Parameter		Reader function
F	Flow	proportion	
G	Distance, length, Position, Strain, Amplitude		
H	Manual input		High limit
I			indication
J		Parameter request	
K	Time		Free choice
L	Stand, Level		Low limit
M	Moisture		Free choice
N	Free Choice		
O	Free Choice		Yes/no indication
P	Pressure		
Q	Material property, quality parameter Analysis (except D,M,V)	Integral sum	
R			Recording - trending
S	Speed, rotation speed, frequency		Sw18ch, process control, logic control
T	Temperature		transducer
U			Combined engine functions
V			
W	Weight, bulk		
Y			Function calculation
Z			Emergency, security by trigger, safety equipment, security events

Índice	Alterações	Data	Nome
Especialidades			
		Designação <b>AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO</b> DIAGRAMA P&ID DO SISTEMA COLORAÇÃO	
Desenhado	Verificado	ESSILOR - SALAS DE PRODUÇÃO	
Marco A.	Mário F.	Cliente <b>ESSILOR Portugal - Sintra</b>	
Data	Substituído	Fase do projecto	
Julho 2014		Desenho nº <b>EXECUÇÃO</b>	
Escalas	Substituído	Índice	
S/E		<b>934.AVC.D.010</b>	

## Anexo M - Angola, TPF (diagrama da Rooftop)





SÍMBOLO	ABREVIATURA	DESCRIÇÃO
—	AE	AR DE EXTRAÇÃO
—	AR	AR DE RETORNO
—	AI	AR DE INSUFLAÇÃO
—	AN	AR NOVO
—	H	HUMIDIFICADOR
—	RE	RESISTÊNCIA ELÉCTRICA
—	RCC	REGISTO DE CAUDAL CONSTANTE
—	R	REGISTO MANUAL
—	M	ACTUADOR
—	—	MONITORIZAÇÃO DE TEMPERATURA, HUMIDADE E PRESSÃO
—	VCM	VÁLVULA DE CONTROLO MOTORIZADA
—	RM	REGISTO MOTORIZADO
—	GRP	GRELHA DE REGULÇÃO - PARA PORTA
—	SAF	SERPENTINA DE AGUA FRIA
—	SAQ	SERPENTINA DE AGUA QUENTE
—	V	VENTILADOR
—	WV	VENTILADOR COM VARIAÇÃO DE CAUDAL

Code letter	Group 1: Measurements or other input parameter		Group 2: handling of sequence numbering: I,R,C
	First Code letter	Complement code letter	
A			Alarm
B			Automatic Control
C	Conductivity / PH		Difference
D	Density		Reader function
E	Electrical Parameter		proportion
F	Flow		
G	Distance, length, Position, Strain, Amplitude		
H	Manual Input		High limit indication
I			Parameter request
J			
K	Time		Free choice
L	Stand, Level		Low limit
M	Mixture		Free choice
N	Free Choice		
O	Free Choice		Yes/no indication
P	Pressure		
Q	Material property, quality parameter Analysis (except D,M,V)		Integral sum
R			Recording - trending
S	Speed, rotation speed, frequency		Switch, process control, logic control
T	Temperature		transducer
U			Combined engine functions
V			
W	Weight, bulk		
Z			Function calculation Emergency, security equipment, security events

REV.	REVISÃO GERAL	R.G.	23/05/2014
REV.	DESCRIÇÃO	ASSINATURA	DATA

PROJECTISTAS:



CLIENTE:

  
 REPÚBLICA DE ANGOLA  
 MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA  
 GABINETE DE ESTUDO PLANEAMENTO E ESTATÍSTICA  
 NOME DO PROJECTO / LOCALIZAÇÃO:  
 CENTRO DE TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA  
 CAXITO - ANGOLA

FASE:	ESPECIALIDADE:
<b>PROJECTO DE EXECUÇÃO</b>	<b>CLIMATIZAÇÃO</b>
TÍTULO DO DESENHO: CENTRO DE TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA	

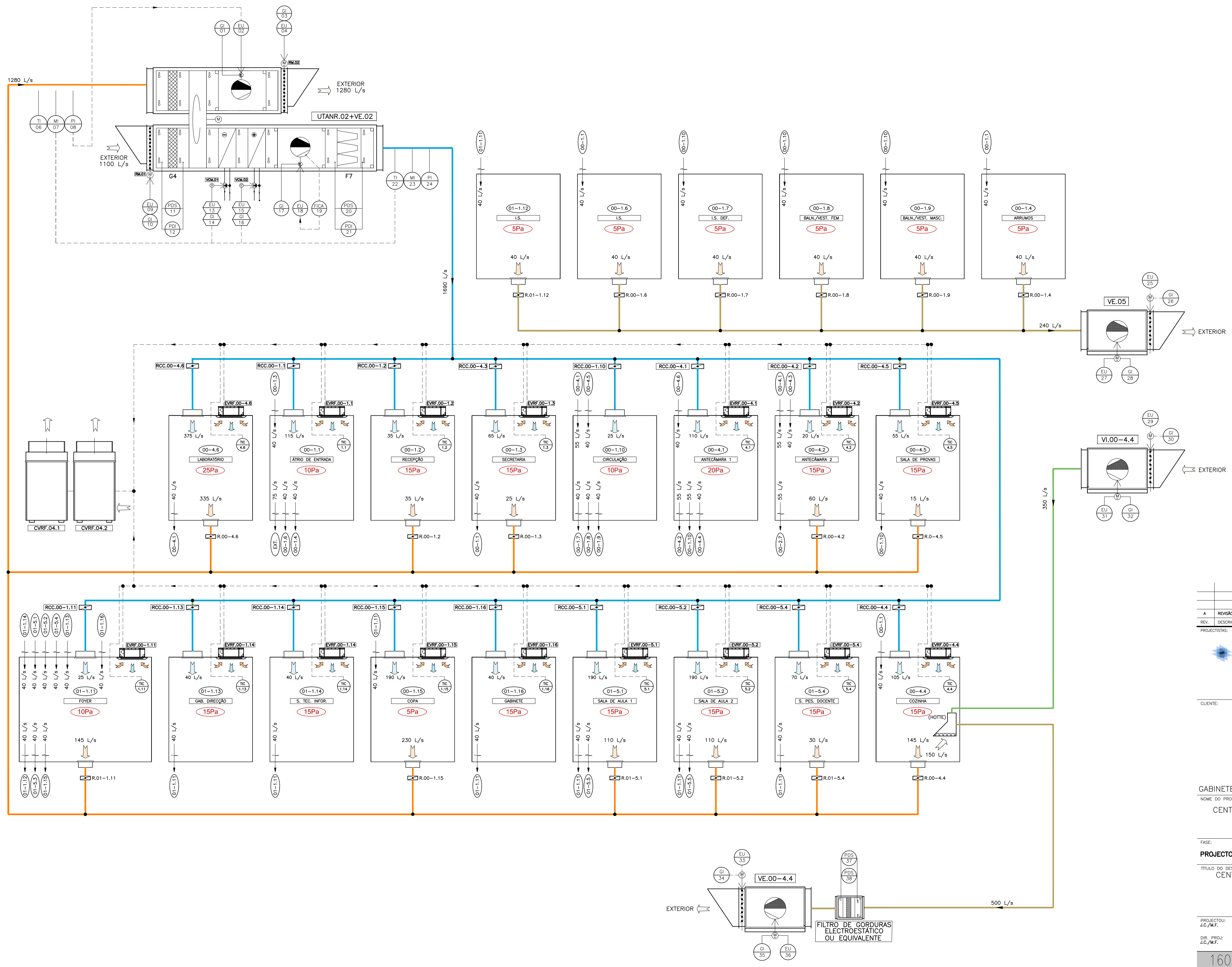
**DIAGRAMA P&ID - ROOFTOP.01**

PROJECTO:	DESENHO:	APROVOU:	ESCALAS:
J.C./M.F.	R.S.	J.C./M.F.	S/E
DIR. PROJ.:	VERIFICOU:	LEVANTOU:	DATA:
J.C./M.F.	J.C./M.F.	-	MAIO, 2014

<b>16018-2014-PE-CLM-100-A</b>			
N.º DE PROCESSO	ANO	FASE	ESPECIALIDADE
-	-	-	-
SUBSTITUI:	FICHEIRO:	FOLHA:	REVISÃO
-	-	1/1	-

## Anexo N - Angola, TPF (diagrama do VRF)





SÍMBOLO	ABREVIATURA	DESCRIÇÃO
—	AE	AR DE EXTRAÇÃO
—	AR	AR DE RETORNO
—	AI	AR DE INSUFLAÇÃO
—	AN	AR NOVO
—	H	HUMIDIFICADOR
—	RE	RESISTÊNCIA ELÉCTRICA
—	RCC	REGISTO DE CAUDAL CONSTANTE
—	R	REGISTO MANUAL
—	M	ACTUADOR
—	—	MONITORIZAÇÃO DE TEMPERATURA, HUMIDADE E PRESSÃO
—	VCM	VÁLVULA DE CONTROLO MOTORIZADA
—	RM	REGISTO MOTORIZADO
—	GRP	GRELHA DE REGULAÇÃO - PARA PORTA
—	SAF	SERPENTINA DE ÁGUA FRIA
—	SAQ	SERPENTINA DE ÁGUA QUENTE
—	V	VENTILADOR
—	VV	VENTILADOR COM VARIAÇÃO DE CAUDAL

Code letter	Group 1: Measurements or other input parameter		Group 2: handling of sequence numbering: I,R,C
	First Code letter	Complement code letter	
A			Alarm
B			Automatic Control
C	Conductivity / PH		Difference
D	Density		Reader function
E	Electrical Parameter		proportion
F	Flow		
G	Distance, length, Position, Strain, Amplitude		High limit indication
H	Manual Input		Parameter request
I			Free choice
J			Low limit
K	Time		Free choice
L	Stand, Level		Free choice
M	Moisture		Yes/no indication
N	Free Choice		
O	Free Choice		
P	Pressure		
Q	Material property, quality parameter Analysis (except D,M,V)		Integral sum
R			Recording - trending
S	Speed, rotational speed, frequency		Switch, process control, logic control
T	Temperature		transducer
U			Combined engine functions
V			
W	Weight, bulk		
Y			Function calculation
Z			Emergency, security equipment, security events

A	REVISÃO GERAL	R.G.	23/05/2014
REV.	DESCRIÇÃO	ASSINATURA	DATA



CLIENTE:

REPÚBLICA DE ANGOLA  
 MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA  
 GABINETE DE ESTUDO PLANEAMENTO E ESTATÍSTICA  
 NOME DO PROJECTO / LOCALIZAÇÃO:  
 CENTRO DE TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA  
 CAXITO - ANGOLA

FASE: **PROJECTO DE EXECUÇÃO** ESPECIALIDADE: **CLIMATIZAÇÃO**

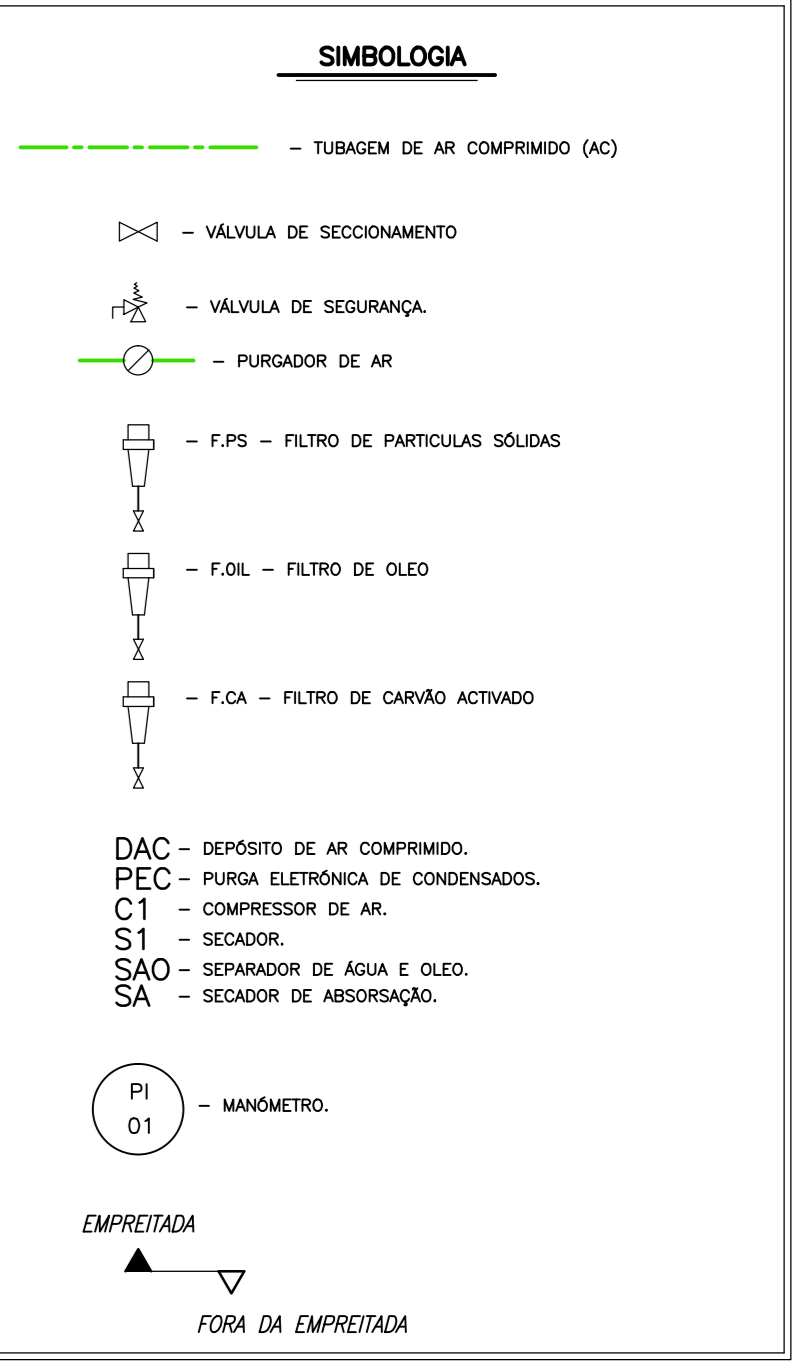
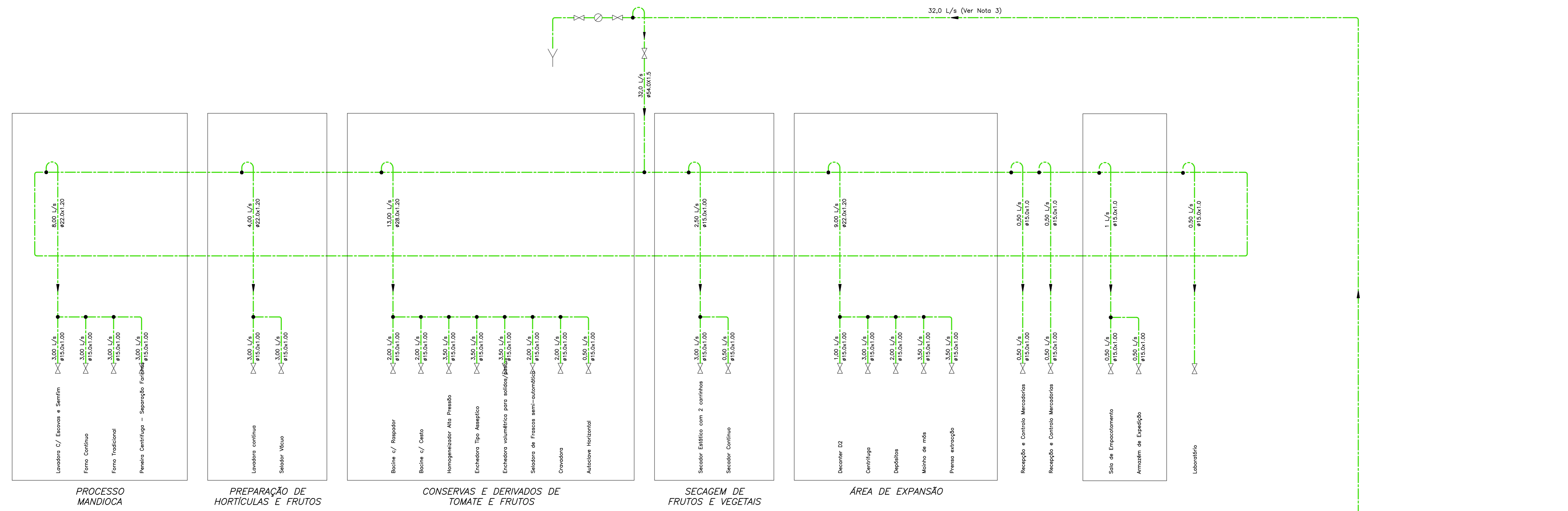
TÍTULO DO DESENHO: **CENTRO DE TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA**

DIAGRAMA P&ID - VRF.04+UTANR.02+VE.02

PROJECTOUI: J.C./M.F.	DESENHOUI: R.S.	APROVÓUI: J.C./M.F.	ESCALAS: S/E
DIR. PROJ: J.C./M.F.	VERIFICÓUI: J.C./M.F.	LEVANTÓUI: —	DATA: MAIO, 2014

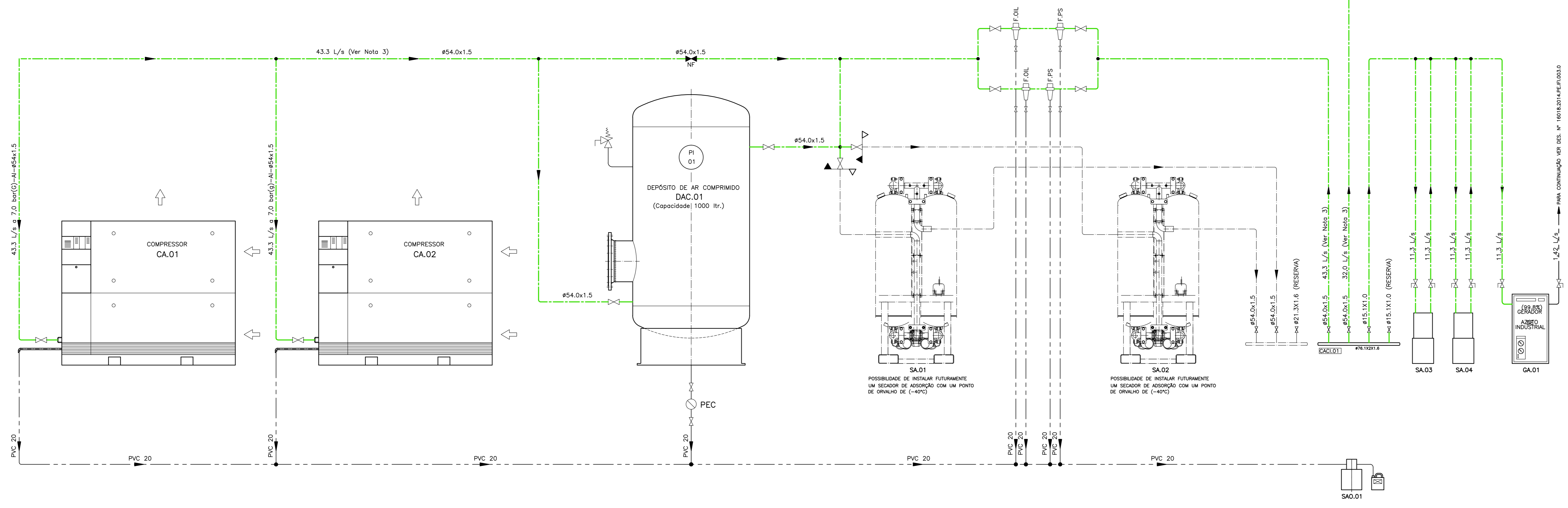
## Anexo O - Angola, TPF (diagrama do ar comprimido)





**NOTAS**

- 0 - PARA VERIFICAÇÃO COMPLETA DAS ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO CONSULTAR OBRIGATORIAMENTE AS FICHAS TÉCNICAS DO CADERNO DE ENCARGOS.
- 1 - VER DESENHO COM SIMBOLOGIA Nº1618.2014/IFI.100.A
- 2 - LIMITES DE EMPREITADA
- 3 - CAUDAL COM FACTOR DE DIVERSIDADE.



REVISÃO	DATA
A	23.05.2014
REV. 01	ASSINATURA



CLIENTE:

REPÚBLICA DE ANGOLA  
 MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA  
 GABINETE DE ESTUDO PLANEAMENTO E ESTATÍSTICA  
 CENTRO DE TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA  
 CAXITO - ANGOLA

FASE: **PROJECTO DE EXECUÇÃO**  
 ESPECIALIDADE: **INSTALAÇÃO DE FLUIDOS INDUSTRIAIS**

TÍTULO DO DESENHO: **CENTRO DE TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA**

DIAGRAMA P&ID - AR COMPRIMIDO

PROJECTO: J.C./M.F.	DESENHO: J.C./M.F.	APPROVAÇÃO: J.C./M.F.	ESCALA: S/E
REV. 01	VERIFICAÇÃO: J.C./M.F.	LEVANTAMENTO: J.C./M.F.	DATA: MARÇO 2014

16018-2014-PE-IFI-101-A

NO. DE PROCESSO	NO. DE FICHA	OPERAÇÃO	DIÁRIO DE OBRA	REV. 01

## Anexo P - Angola, TPF (diagrama dos gases industriais)

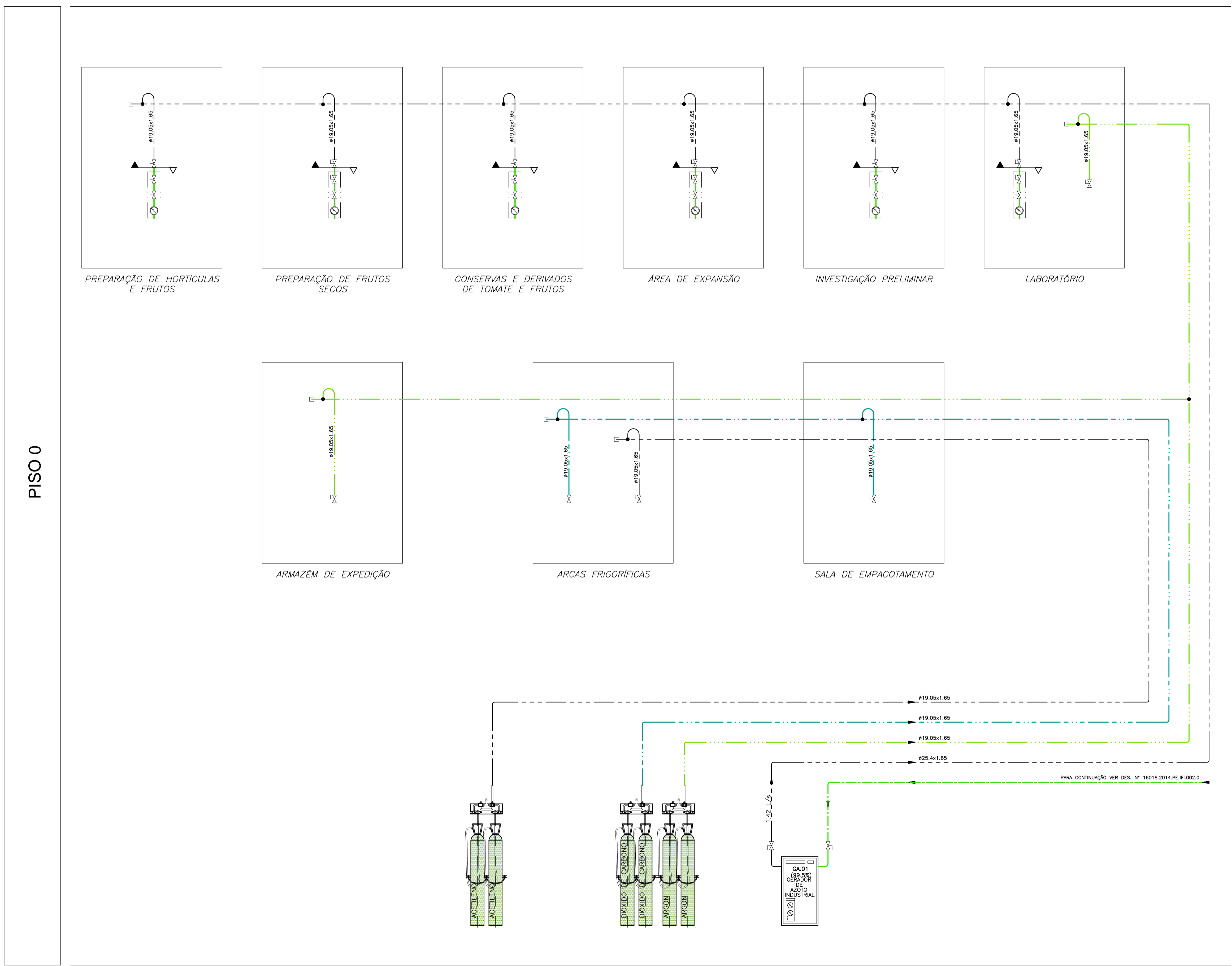


# DIAGRAMA DE GASES FÁRMACOS

**SIMBOLOGIA:**

- - DÍOXIDO DE CARBONO (CO2)
- - ARGON (AR)
- - ACETILENO (C2O2)
- - AZOTO INDUSTRIAL (N2)
- - AR COMPRIMIDO (AC)

EMPRESA: **EPF**  
 FORMA DA EMPRESA: **EPF**



PISO 0

A	REVISÃO GERAL	M.F./R.G.	23.05.2014
REV.	DESCRIÇÃO	ASSINATURA	DATA



CLIENTE:

REPÚBLICA DE ANGOLA  
 MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA  
 GABINETE DE ESTUDO PLANEAMENTO E ESTATÍSTICA

NOME DO PROJECTO / LOCALIZAÇÃO:  
 CENTRO DE TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA  
 CAXITO - ANGOLA

FASE: **PROJECTO DE EXECUÇÃO** ESPECIALIDADE: **INSTALAÇÃO DE FLUIDOS INDUSTRIAIS**

TÍTULO DO DESENHO:  
 CENTRO DE TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA

DIAGRAMA P&ID - GASES FARMACOS

PROJECTO: J.C./M.F.	DESENHO: M.F.	APROVOU: J.C./M.F.	ESCALAS: S/E
DIR. PROJ. J.C./M.F.	VERIFICOU: J.C./M.F.	LEVANTOU: -	DATA: MAIO.2014

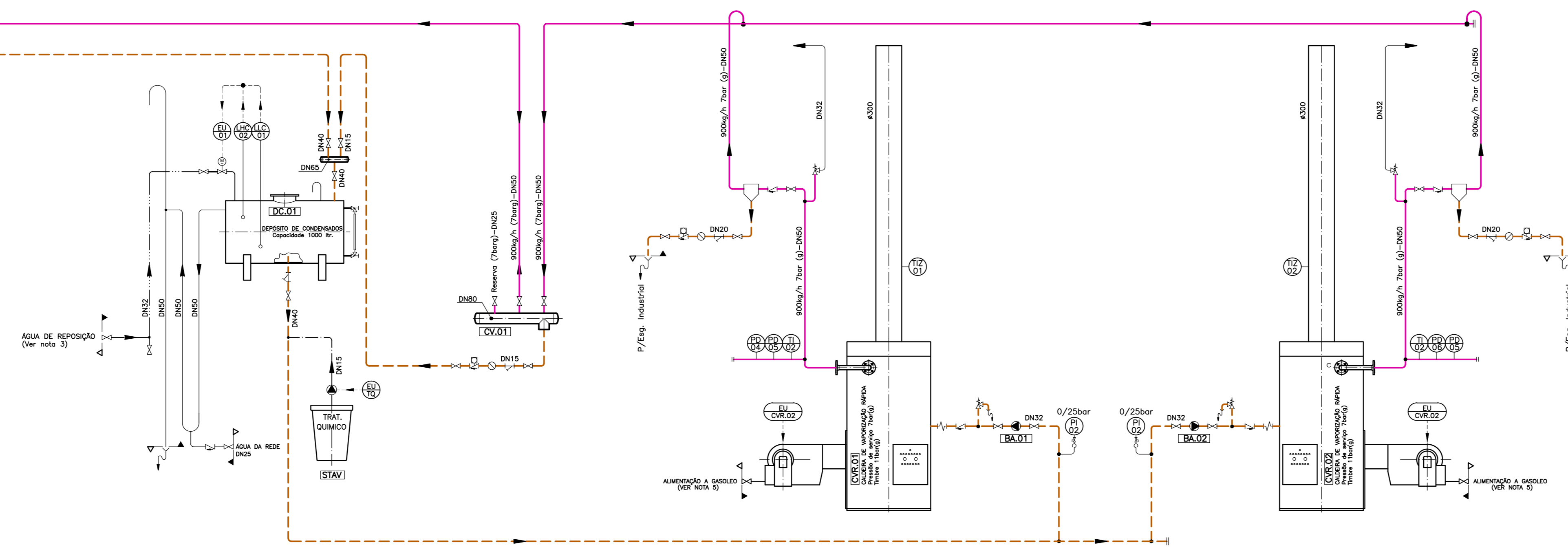
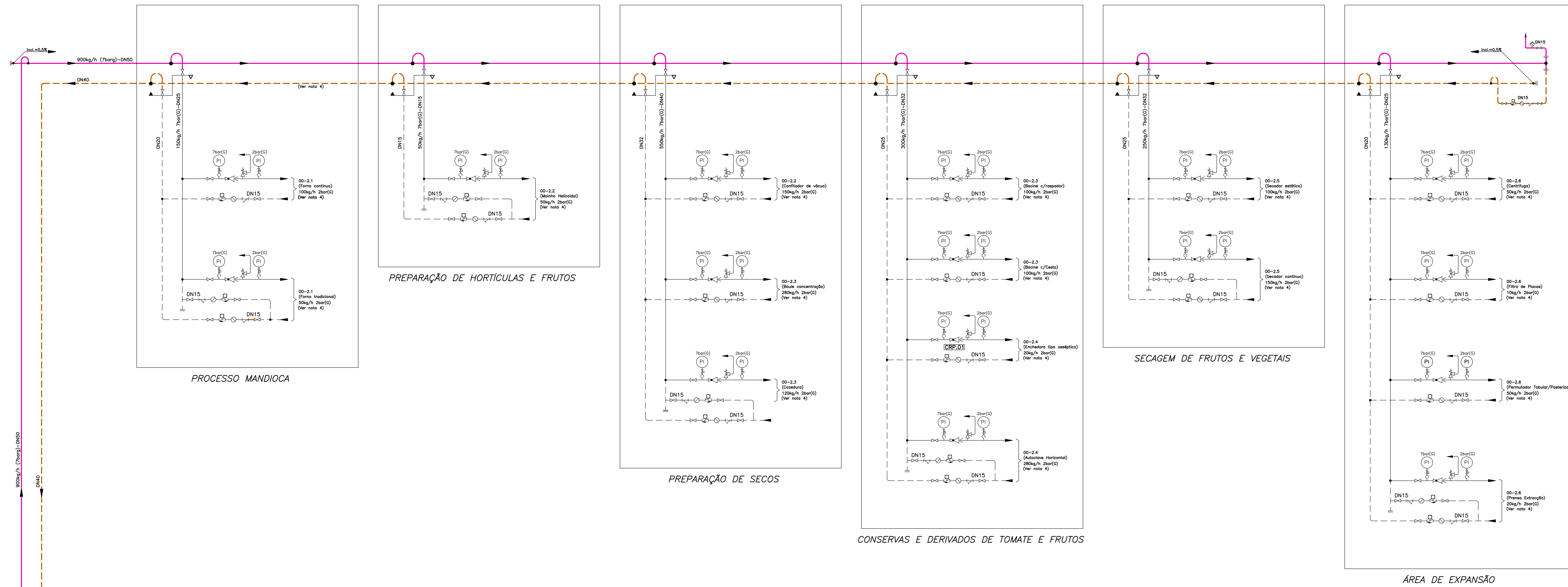
16018-2014-PE-IFI-102-A	
NO. DE PROCESSO	NO. DE FOLHA
SUBSTITUI:	FICHEIRO:
-	-
FOLHA: 1/1	

## Anexo Q - Angola, TPF (diagrama do vapor industrial)



**NOTAS**

- 0 - PARA VERIFICAÇÃO COMPLETA DAS ESPECIFICAÇÕES DO PROJECTO CONSULTAR OBRIGATORIAMENTE AS FICHAS TÉCNICAS DO CÁLULO DE ENCHORES.
- 1 - VER DESENHO COM SIMBOLOGIA Nº 968.FI.D.100.A
- 2 - LIMITES DE EMPREITADA.  
EMPREITADA  
—+—  
FORA DA EMPREITADA
- 3 - ÁGUA DESCALCIFICADA, PREVISTA NO PROJECTO DE ÁGUAS
- 4 - OS CALULANTOS REDUTORES DE PRESSÃO, FILTRAGEM E PURIFICA REPRESENTADOS NÃO FAZEM PARTE DA EMPREITADA DE VAPOR, SENDO ESTES FORNECIDOS COM O EQUIPAMENTO DE PRODUÇÃO.
- 5 - A ALIMENTAÇÃO DE GASÓLEO DAS CALDEIRAS NÃO FAZ PARTE DESTA EMPREITADA SENDO PREVISTA NA EMPREITADA DE VAPOR INDUSTRIAL MAS SIM PRO PROJECTO DOS GRUPOS GERADORES.



A	REVISÃO GERAL	M.F./P.E.C.	23.05.2014
REV.	DESCRIÇÃO	ASSINATURA	DATA
PROJECTISTAS:			



CLIENTE:



REPÚBLICA DE ANGOLA  
MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA  
GABINETE DE ESTUDO PLANEAMENTO E ESTATÍSTICA  
NOME DO PROJECTO / LOCALIZAÇÃO:  
CENTRO DE TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA  
CAXITO - ANGOLA

FASE: <b>PROJECTO DE EXECUÇÃO</b>	ESPECIALIDADE: INSTALAÇÃO DE FLUIDOS INDUSTRIAIS
TÍTULO DO DESENHO: CENTRO DE TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA	

DIAGRAMA P&ID - VAPOR INDUSTRIAL

PROJECTO: J.C./M.F.	DESENHO: M.F.	APPROVAÇÃO: J.C./M.F.	ESCALAS: S/E
REV. Nº01: J.C./M.F.	VERIFICAÇÃO: J.C./M.F.	LEVANTADO: M.F.	DATA: MAG.2014

16018-2014-PE-IFI-103-A

Nº DE PROCESSO	NO	REV	OPERAÇÃO	DATA DE REV	REVIZ
SUBSTITUIÇÃO					