

**PROMOTORIAS DE RIBEIRÃO DAS NEVES  
RUA VERA LÚCIA DE OLIVEIRA ANDRADE S/Nº, VILA ESPLANADA  
RIBEIRÃO DAS NEVES – MINAS GERAIS**

**MEMORIAL DESCRITIVO**

**PROJETO COMPLEMENTAR:**

**CLIMATIZAÇÃO**

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
1.1.Objetivo.....	3
1.2.Normas Aplicáveis.....	3
<b>2. DESCRIÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>3. FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS .....</b>	<b>4</b>
3.1.Sistemas de Ar Condicionado .....	4
3.2.Sistemas de Renovação de Ar .....	4
3.3.Sistemas de Exaustão .....	5
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>5</b>
4.1.Parâmetros.....	5
4.2.Carga Térmica.....	5
<b>5. ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS .....</b>	<b>8</b>
5.1.Sistema VRF .....	8
5.1.1.    Unidades evaporadoras de ambiente .....	8
5.1.2.    Unidades condensadoras.....	10
5.2.Sistema de Ventilação/Exaustão .....	12
5.3.Rede de dutos.....	13
5.4.Grelhas de Insuflamento .....	13
5.5.Registros de Regulagem de Vazão .....	14
<b>6. CIRCUITO FRIGORÍFICO .....</b>	<b>14</b>
6.1.Tubulação .....	14
6.2.Conexões .....	14
6.3.Válvula de Esfera (GBC).....	15
6.4.Isolamento Térmico .....	16
6.5.Solda .....	18
6.5.1.    Cuidados Especiais Para Trabalho Com Gás Refrigerante R-410-A .....	18
<b>7. BASES DOS EQUIPAMENTOS .....</b>	<b>19</b>
<b>8. CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO, APROVAÇÃO E RECEBIMENTO DA OBRA. ....</b>	<b>19</b>
8.1.Ligações elétricas, teste, balanceamentos .....	19
8.2.TESTE, AJUSTE E BALANCEAMENTO (TAB) .....	20
8.3.Desenhos “AS BUILT” .....	21

## 1. INTRODUÇÃO

O objeto em questão é a nova unidade do Ministério Público de Minas Gerais na Cidade de Ribeirão das Neves, com 3.915,46 m<sup>2</sup> de área construída, situado na Rua Vera Lúcia de Oliveira Andrade, S /Nº, Vila Esplanada.

### 1.1. Objetivo

A presente especificação tem como finalidade definir os requisitos técnicos mínimos adotados no Projeto do Sistema de Ar Condicionado e Ventilação Mecânica, conforme recomendações das normas específicas.

O foco da especificação é garantir o nível mínimo de qualidade, confiabilidade e eficiência energética, determinando parâmetros mínimos aceitáveis para aquisição dos equipamentos e materiais de instalação que serão utilizados.

### 1.2. Normas Aplicáveis

Os projetos foram elaborados obedecendo as Normas Técnicas da ABNT vigentes e as diretrizes básicas definidas no projeto arquitetônico.

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- ASHRAE - *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*;
- SMACNA - *Sheet Metal and Air Conditioning Contractor National Association, Inc*;
- AMCA - *Air Moving & Conditioning Association*;
- ANVISA – Consulta Pública número 38 de 26-05-2004.

## 2. DESCRIÇÃO

Trata-se de condicionamento de ar para verão proporcionando condições de conforto térmico nos recintos beneficiados pela filtragem, resfriamento, desumidificação e recirculação do ar, com limites previamente fixados de:

- Temperatura de bulbo seco do ar;
- Temperatura de bulbo úmido ou umidade relativa do ar;
- Velocidade do ar;
- Pressão diferencial entre os ambientes;
- Níveis admissíveis de ruído;
- Número mínimo de trocas de ar;

- Simplicidade de operação;
- Custos de manutenção.

Optou-se por sistema de expansão direta com o emprego de unidades condicionadoras de ar tipo "VRF" micro processado, de fluxo de refrigerante variável, com condensação a ar. Todos os condicionadores fornecidos e instalados, serão do tipo projetado e desenvolvido para operar com refrigerante não agressor a camada de ozônio (ecológico) R 410A.

Obs.: Adotaram-se para efeito de projeto e especificações os modelos de fabricação Midea/Carrier, no entanto os modelos de fabricação, Mitsubishi, Daikin, Toshiba, ou equivalente, poderão ser usados, desde que atendam as especificações.

### **3. FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS**

#### **3.1. Sistemas de Ar Condicionado**

Foram projetados equipamentos com evaporadoras do tipo Hi Wall e Piso-Teto. Nestes tipos de evaporadoras o ar é captado no próprio ambiente, resfriado e desumidificado e reinsuflado no ambiente sem rede de dutos. O ar exterior para renovação será fornecido por sistemas de ventilação auxiliares compostos de ventiladores, filtros, dutos, veneziana de captação de ar e grelhas para insuflamento.

Durante o funcionamento do sistema, as condições dos ambientes deverão ser mantidas através de sensores de temperatura instalados nos próprios gabinetes dos climatizadores.

As unidades externas de climatização (condensadoras) ficarão localizadas na Cobertura do prédio, conforme indicado nos desenhos.

As tubulações frigoríferas partirão das condensadoras, na cobertura, até o Shaft destinado as instalações de climatização, conforme indicado em projeto. Quando a tubulação chega ao seu pavimento de destino elas percorrem no forro até as evaporadoras.

#### **3.2. Sistemas de Renovação de Ar**

O sistema de ventilação deverá ser composto por gabinetes de ventilação equipados com baterias de filtros G4+F5 (NBR) redes de dutos e grelhas para insuflamento, conforme indicado nos desenhos. Neste sistema, o ar é captado do exterior através dos gabinetes de ventilação filtrado, e conduzido aos ambientes através de redes de dutos. Então o ar é insuflado através de grelhas equipadas com registro.

Os ventiladores serão posicionados nas salas destinadas para este fim, conforme previsto pela arquitetura. Serão duas salas por pavimento.

A partir dos ventiladores foram projetadas as redes de dutos, instaladas no entreferro, para conduzir o ar externo até os ambientes.

É necessário que as salas indicadas para instalação dos gabinetes possuam janelas para captação do ar externo. É necessário que essas janelas sejam do tipo veneziana para possibilitar a entrada do ar externo.

### **3.3. Sistemas de Exaustão**

Foi verificado a necessidade de executar um sistema de exaustão no I.S.A. 2 do 3º, 4º e 5º pavimento. Por ser um ambiente pequeno, serão adotados exaustores compactos axiais com duto flexível.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Parâmetros**

#### **Condições Psicrométricas:**

- Temperatura de bulbo seco – 32,0°C
- Temperatura de bulbo úmido – 24,0°C
- Altitude - 808 m.
- Latitude – 19°45' S
- Longitude – 44°5' O

#### **Condições Internas:**

- Temperatura de bulbo seco – 23+ 1°C
- Umidade relativa – 50% (sem controle)

#### **Fontes internas de calor:**

- Iluminação - NBR 16401
- Número de pessoas – Conforme Leiaute
- Taxa de ar exterior – NBR 16401.

### **4.2. Carga Térmica**

Na elaboração do cálculo de carga térmica foi utilizado o programa E20-II HVAC Design Programs – Versão HAP 4.5 – Carrier.

CARGA TÉRMICA MINISTÉRIO PÚBLICO DE RIBEIRÃO DAS NEVES																			
PAVTO	TAG	AMBIENTE	PD (m)	ÁREA (m²)	AR EXTERNO (m³/h)	ILUM (W/m²)	EQUIP. (W)	OCUP.	CALOR SENS. (BTU/h)	CALOR LAT. (BTU/h)	C.TOTAL (BTU/h)	C.ADOTADO TOTAL (BTU/h)	C.ADOTADO POR EV. (BTU/h)	QUANT. EVAP.	TIPO EVAP.	MOD. EVAP.	TOTAL CT. SISTEMA (BTU/h)	TOTAL EV. SISTEMA (BTU/h)	UN. COND. ADOTADA (BTU/h)
1º PAV	UE-02-A	HALL ENTRADA / PORTARI	3,4	55,0	0	15	900	6	19.577	4.936	24.513	47.800	47.800	1	PISO-TETO	MI-90DL/DHN1-CA	176.786	203.245	MV5- X18W/V2DN1A 170.600 BTU/h
1º PAV	UE-01-A	SALA DE EQUIPAMENTOS	3,4	14,3	0	15	1200	2	10.702	1.481	12.183	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
1º PAV	EU-03-A	SALA ELÉTRICA	3,4	6,9	0	15	2000	0	9.345	0	9.345	9.345	9.600	1	HI WALL	MI-28G/DHN1-MA			
2º PAV	UE-A-06 UE-A-07	AUDITÓRIO	2,7	61,5	720	15	900	56	39.629	30.407	70.036	76.400	38.200	2	PISO-TETO	MI-112DL/DHN1-CA			
2º PAV	UE-A-06	FOYER	2,7	48	612	15	600	36	33.209	19.547	52.756	47.800	47.800	1	PISO-TETO	MI-140DL/DHN1-CA	232.593	297.100	MV5- X26W/V2DN1A 249.086 BTU/h
2º PAV	UE-A-04	SALA TÉCNICA	2,7	6,5	0	15	1200	2	6.472	1.481	7.953	9.600	9.600	1	HI WALL	MI-28G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-01	ESPERA	2,7	31,2	0	15	400	8	11.083	5.923	17.006	19.100	19.100	1	HI WALL	MI-56G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-02	RECEPÇÃO/ATEND.	2,7	26,8	108	15	620	4	13.753	2.962	16.715	19.100	19.100	1	HI WALL	MI-56G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-03 UE-B-04	SECRETARIA	2,7	45,8	150	15	1550	10	21.711	7.404	29.115	30.800	15.400	2	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-05	EQUIPE 1	2,7	15,0	50	15	500	4	6.978	2.962	9.940	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-16	EQUIPE 2	2,7	15,0	50	15	500	4	7.198	2.962	10.160	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-15	EQUIPE 3	2,7	15,0	50	15	500	4	7.015	2.962	9.977	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-14	EQUIPE 4	2,7	15,2	50	15	500	4	7.027	2.962	9.989	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-13	EQUIPE 5	2,7	15,2	50	15	500	4	7.027	2.962	9.989	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-12	EQUIPE 6	2,7	15,2	50	15	500	4	7.796	2.962	10.758	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-06	GABINETE 1	2,7	15,0	50	15	500	4	6.978	2.962	9.940	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-07	GABINETE 2	2,7	15,0	50	15	500	4	6.978	2.962	9.940	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-08	GABINETE 3	2,7	15,0	50	15	500	4	6.978	2.962	9.940	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-09	GABINETE 4	2,7	15,0	50	15	500	4	6.978	2.962	9.940	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-10	GABINETE 5	2,7	15,0	50	15	500	4	6.978	2.962	9.940	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-11	GABINETE 6	2,7	15,0	50	15	500	4	7.747	2.962	10.709	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-17 EU-E-03	SALA TÉCNICA	2,7	7,2	0	15	1000	2	7.050	1.481	8.531	9.600	9.600	1	HI WALL	MI-28G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-18	ATEND. 1	2,7	14,3	50	15	500	4	6.911	2.962	9.873	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-19	ATEND. 2	2,7	14,3	50	15	500	4	6.564	2.962	9.526	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-20	REUNIÕES	2,7	15,0	70	15	600	8	9.052	5.923	14.975	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
3º PAV	UE-B-21	ARQUIVO	2,7	15,3	50	15	0	2	4.031	1.599	5.630	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			



4ª PAV	UE-C-01	ESPERA	2,7	31,2	0	15	400	8	11.083	5.923	17.006	19.100	19.100	1	HI WALL	MI-56G/DHN1-MA	232.593	297.100	MV5- X26W/V2DN1A 249.086 BTU/h
4ª PAV	UE-C-02	RECEPÇÃO/ATEND.	2,7	26,8	108	15	620	4	13.753	2.962	16.715	19.100	19.100	1	HI WALL	MI-56G/DHN1-MA			
4ª PAV	UE-C-03 UE-C-04	SECRETARIA	2,7	45,8	150	15	1550	10	21.711	7.404	29.115	30.800	15.400	2	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
4ª PAV	UE-C-05	EQUIPE 1	2,7	15,0	50	15	500	4	6.978	2.962	9.940	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
4ª PAV	UE-C-16	EQUIPE 2	2,7	15,0	50	15	500	4	7.198	2.962	10.160	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
4ª PAV	UE-C-15	EQUIPE 3	2,7	15,0	50	15	500	4	7.015	2.962	9.977	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
4ª PAV	UE-C-14	EQUIPE 4	2,7	15,2	50	15	500	4	7.027	2.962	9.989	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
4ª PAV	UE-C-13	EQUIPE 5	2,7	15,2	50	15	500	4	7.027	2.962	9.989	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
4ª PAV	UE-C-12	EQUIPE 6	2,7	15,2	50	15	500	4	7.796	2.962	10.758	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
4ª PAV	UE-C-06	GABINETE 1	2,7	15,0	50	15	500	4	6.978	2.962	9.940	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
4ª PAV	UE-C-07	GABINETE 2	2,7	15,0	50	15	500	4	6.978	2.962	9.940	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
4ª PAV	UE-C-08	GABINETE 3	2,7	15,0	50	15	500	4	6.978	2.962	9.940	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
4ª PAV	UE-C-09	GABINETE 4	2,7	15,0	50	15	500	4	6.978	2.962	9.940	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
4ª PAV	UE-C-10	GABINETE 5	2,7	15,0	50	15	500	4	6.978	2.962	9.940	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
4ª PAV	UE-C-11	GABINETE 6	2,7	15,0	50	15	500	4	7.747	2.962	10.709	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
4ª PAV	UE-C-17 EU-E-04	SALA TÉCNICA	2,7	7,2	0	15	1000	2	7.050	1.481	8.531	9.600	9.600	1	HI WALL	MI-28G/DHN1-MA			
4ª PAV	UE-C-18	ATEND. 1	2,7	14,3	50	15	500	4	6.911	2.962	9.873	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
4ª PAV	UE-C-19	ATEND. 2	2,7	14,3	50	15	500	4	6.564	2.962	9.526	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
4ª PAV	UE-C-20	REUNIÕES	2,7	15,0	70	15	600	8	9.052	5.923	14.975	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
4ª PAV	UE-C-21	ARQUIVO	2,7	15,3	50	15	0	2	4.031	1.599	5.630	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-01	ESPERA	2,7	31,2	0	15	400	8	13.148	5.923	19.071	19.100	19.100	1	HI WALL	MI-56G/DHN1-MA	258.607	301.400	MV5- X26W/V2DN1A 249.086 BTU/h
5ª PAV	UE-D-02	RECEPÇÃO/ATEND.	2,7	26,8	108	15	620	4	14.612	2.962	17.574	19.100	19.100	1	HI WALL	MI-56G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-03 UE-D-04	SECRETARIA	2,7	45,8	150	15	1550	10	24.742	7.404	32.146	38.200	19.100	2	HI WALL	MI-56G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-05	EQUIPE 1	2,7	15,0	50	15	500	4	8.004	2.962	10.966	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-16	EQUIPE 2	2,7	15,0	50	15	500	4	8.223	2.962	11.185	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-15	EQUIPE 3	2,7	15,0	50	15	500	4	8.040	2.962	11.002	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-14	EQUIPE 4	2,7	15,2	50	15	500	4	8.066	2.962	11.028	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-13	EQUIPE 5	2,7	15,2	50	15	500	4	8.066	2.962	11.028	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-12	EQUIPE 6	2,7	15,2	50	15	500	4	8.835	2.962	11.797	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-06	GABINETE 1	2,7	15,0	50	15	500	4	8.004	2.962	10.966	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-07	GABINETE 2	2,7	15,0	50	15	500	4	8.004	2.962	10.966	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-08	GABINETE 3	2,7	15,0	50	15	500	4	8.004	2.962	10.966	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-09	GABINETE 4	2,7	15,0	50	15	500	4	8.004	2.962	10.966	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-10	GABINETE 5	2,7	15,0	50	15	500	4	8.004	2.962	10.966	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-11	GABINETE 6	2,7	15,0	50	15	500	4	8.772	2.962	11.734	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-17 EU-E-05	SALA TÉCNICA	2,7	7,2	0	15	1000	2	7.248	1.481	8.729	9.600	9.600	1	HI WALL	MI-28G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-18	ATEND. 1	2,7	14,3	50	15	500	4	10.029	2.962	12.991	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-19	ATEND. 2	2,7	14,3	50	15	500	4	9.307	2.962	12.269	12.300	12.300	1	HI WALL	MI-36G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-20	REUNIÕES	2,7	15,0	70	15	600	8	8.941	5.923	14.864	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			
5ª PAV	UE-D-21	ARQUIVO	2,7	15,3	50	15	0	2	5.794	1.599	7.393	15.400	15.400	1	HI WALL	MI-45G/DHN1-MA			

A partir dos cálculos e seleção das máquinas, serão necessários aproximadamente 80 TR (toneladas de refrigeração) para climatização dos ambientes, conforme projeto.

## **5. ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**

### **5.1. Sistema VRF**

#### **5.1.1. Unidades evaporadoras de ambiente**

Onde indicado em projeto, será empregado unidades evaporadoras (piso-teto e hi-wall) de fabricação MIDEA ou equivalente, com as características e componentes a seguir:

##### **5.1.1.1. Estrutura**

Deverá ser em aço galvanizado, ou polímeros, conforme o tipo e aplicação em projeto. Deverão estar inseridos nesta estrutura, filtro, ventilador, motor elétrico, trocador de calor, sensores de temperatura, quadro de força e comando, e válvula de expansão eletrônica.

##### **5.1.1.2. Filtragem**

Deverá possuir filtro para proteção da serpentina e diluição do particulado em suspensão no ar ambiente, conforme especificações da norma ABNT 16401.

##### **5.1.1.3. Ventilador**

Deverá ser construído com chapas de aço galvanizada ou polímero injetado, perfeitamente balanceados. Sua construção específica dependerá do tipo da unidade, podendo ser do tipo tangencial ou centrífugo.

##### **5.1.1.4. Motor**

O motor elétrico deverá capaz de emular diversas velocidades para ajuste de pressão ou ruído. Preferencialmente deverão ser do tipo controlado por inversor com ajuste linear de rotação.

##### **5.1.1.5. Trocador de calor**

Deverá ser do tipo ar / refrigerante, fabricado em tubos de cobre com aletas de alumínio.

##### **5.1.1.6. Sensores de temperatura**

Deverão ser do tipo termistor (resistência variável em função da temperatura), instalados no retorno de ar, entrada e saída de refrigerante do trocador de ar. Deverão desempenhar o controle de temperatura ambiente em relação à temperatura selecionada pelo usuário e garantir o balanceamento

R. Dr. Jarbas Vidal Gomes | 30 conj. 314 | Cidade Nova | Belo Horizonte. MG | (31) 3484.3443 | CEP 31.170-070



do fluxo de refrigerante no trocador de calor, através de monitoração e controle do superaquecimento do refrigerante e proteção contra congelamento.

#### 5.1.1.7. Válvula de expansão eletrônica

Deverá ser construída em cobre, bronze e latão, com atuador rosqueado ou encaixado. Deverá ser do tipo duas vias. Dependendo da capacidade, mais de uma válvula poderá ser utilizada para obter o fluxo total de refrigerante necessário ao trocador de calor, instaladas em paralelo. O atuador deverá ser um motor de passo, com funcionamento bidirecional, com ajuste da abertura progressivo para alteração da perda de carga, ou fechamento para bloqueio da passagem de refrigerante quando a unidade estiver desligada.

A modulação de ajuste de abertura deverá ser feita em função do desvio de temperatura do ambiente condicionado e alvo de superaquecimento para obtenção da capacidade calculada pelo algoritmo de controle da unidade.

#### 5.1.1.8. Quadro de força e comando

A unidade deverá possuir um quadro integrado com placas micro processadas de força e comando para gerenciamento da operação do ventilador e válvulas de expansão. Estas placas deverão possuir capacidade de comunicação serial com as unidades externas e sistema de gerenciamento centralizado, assim como comunicação com controle remoto com fio ou sem fio local.

#### 5.1.1.9. Controle

Deverá permitir retorno automático ou memória, que restabelece os condicionadores em caso de queda de energia.

#### 5.1.1.10. Critérios de desempenho mínimos

Deverão possuir nível de ruído inferior a 55dB (A) para unidades instaladas em ambientes de circulação. Deverão possuir nível de ruído inferior a 50dB (A) para unidades instaladas em ambientes coletivos de trabalho ou estudo. Deverão possuir nível de ruído inferior a 45dB (A), para unidades instaladas em ambientes individuais. Para ambientes como salas de computadores, salas com instrumentação ruidosa ou locais de esporte e espetáculo o ruído poderá ser de até 60dB (A).

#### 5.1.1.11. Controle remoto individual

Deverá ser fornecido um controle remoto para cada unidade interna. Para unidades instaladas no ambiente com painel de acabamento original de fábrica (evaporadores de instalação aparente) os controles serão sem fios. Cada controle terá suporte individual a ser fixado no ambiente.

#### 5.1.1.12. Controle sem fio

Deverá ter receptor encaixado no painel decorativo da unidade interna, com display para indicação de códigos de manutenção. O controle sem fio de mão deverá utilizar sinal IR ou RF para comunicação com o receptor e ser provido com tela de cristal líquido para visualização dos ajustes. Deverão ser providas as seguintes funções básicas: Liga/Desliga, velocidade do ventilador, direcionamento do fluxo de ar, ajuste de temperatura, seleção de modo de operação.

### 5.1.2. *Unidades condensadoras*

As unidades condensadoras serão compostas dos seguintes componentes:

#### 5.1.2.1. Estrutura

Deverá ser composta por estrutura metálica, trocador de calor, ventilador, motor, quadro de comando e força, compressor, dispositivos de controle e proteção do circuito frigorífico. Descarga de ar vertical, para instalação modular em fileiras alinhadas separadas por corredores técnicos para ventilação e acesso de manutenção.

Construção robusta em chapas de aço galvanizado, com pintura eletrostática epóxi, protetores de ventiladores em aço galvanizado ou polímero injetado. Largura máxima de 800mm e altura máxima de 1800mm, para passagem por portas de acesso durante o transporte horizontal e vertical na obra.

#### 5.1.2.2. Compressores

Cada módulo de unidade externa deverá possuir no máximo 2 compressores, sendo que todos devem ter controle de capacidade individual por inversor de frequência. Os compressores deverão ser do tipo espiral (“scroll”), com rotor de imã permanente em neodímio (“DC inverter”), com controle vetorial e controle de torque para controle linear da capacidade e máximo aproveitamento da energia. Deverão ser dotados de cintas de aquecimento de cárter ou recurso de indução de corrente do bobinado para manter o aquecimento mínimo do óleo durante os períodos de compressor desligado.

O fluido refrigerante deverá ser R410A.

#### 5.1.2.3. Controle

O quadro elétrico deverá ser constituído por um conjunto de placas micro processadas, com firmware gravado em fábrica padronizado, que permitam troca rápida (“plug & play”) em caso de defeito. A placa principal deverá possuir conjunto de display alfanumérico, teclas ou chaves de seleção, para ajustes de funções especiais de comando e monitoramento dos parâmetros de operação que permitam o diagnóstico do funcionamento dos equipamentos e exibição de códigos de alarme.

Os compressores e módulos devem possuir recurso de revezamento automático por tempo de operação acumulado, onde pelo menos a cada dia seja alterada a ordem de acionamento durante a execução da rampa incremento de capacidade do sistema. Deve possuir recurso operação em emergência, onde de modo automático ou manual seja possível desativar compressores, módulos ou ventiladores defeituosos.

Os inversores deverão ser constituídos de módulos inteligentes de potência integrados a placas de controle, de fácil substituição, sem necessidade de configurações e ajustes em campo. O sistema comando deverá possuir proteções para compressor: temperatura de descarga, pressão alta e baixa e corrente máxima. O sistema de comando deverá possuir proteção contra falta de fase, inversão de fase, sub e sobre tensão.

#### 5.1.2.4. Trocador de calor

O trocador de calor principal deverá ser do tipo ar/refrigerante, construído em serpentina de tubos de cobre, com aletas de alumínio protegidas por película anticorrosiva “blue fin” ou “gold fin”. Deverá existir sub resfriador de líquido, construído em trocador “tube-in-tube” ou de placas soldadas, com controle de capacidade ajustado pela modulação de válvula de expansão eletrônica.

O trocador principal deverá estar dimensionado, para que os condensadores possam operar em temperaturas externas acima de 50o Celsius externas, sem risco de desarme. As unidades externas devem possuir em sua especificação de catalogo a indicação da faixa de operação garantida definida no item “critérios de desempenho mínimos”.

#### 5.1.2.5. Ventilador

Deverá ser construído em polímero injetado e perfeitamente balanceado; com desenho aerodinâmico e silencioso, do tipo axial, resistente a corrosão.

O motor deverá ser acionado por inversor de frequência integrado as placas micro processadas do equipamento, com variação da velocidade rotacional de 0 a 100%, para o controle preciso da temperatura de condensação do fluido refrigerante, garantido a máxima eficiência e a operação estável na faixa de temperaturas externas, especificadas no item “critérios de desempenho mínimos”.

O inversor de frequência deverá permitir ajustar a rotação final dos ventiladores para até 6 mmca ou 60Pa, para utilização de dutos de descarga de ar.

A alimentação de energia deverá ser em corrente alternada para conexão de fonte de energia convencional da rede elétrica, em corrente alternada trifásica 220Vac.

#### 5.1.2.6. Critérios de desempenho mínimos

Deverão possuir nível de ruído inferior a 70 dB (A). Deverão estar em conformidade com a portaria INMETRO 299:2013 e 372:210 que definem os valores mínimos de eficiência energética para categoria “A” de eficiência energética. Deverão ser atendidos os critérios de mínima eficiência energética EER ou COP para cada unidade externa (condensador).

Peso máximo por módulo de unidade externa (condensadora) 300kg.

Faixa de operação garantida entre as temperaturas de 0 a 48oC.

Não deverá exigir utilização de sifões na tubulação para retorno de óleo nos trechos verticais de tubulação.

### 5.2. **Sistema de Ventilação/Exaustão**

Deverão ser fornecidos e instalados gabinetes de ventilação equipados com ventilador centrífugo e motor alimentado em 220V/3F/60Hz.

Os gabinetes deverão ser confeccionados e estrutura em perfis reforçados e tampas de acesso ao motor e transmissão. Os gabinetes deverão ser equipados com ventiladores tipo sirocco acoplados aos motores através de correias e polias.

Os ventiladores deverão ser acionados por timer e possuir interruptores localizados próximos aos ventiladores para acionamento manual e/ou garantir a segurança durante a manutenção, conforme indicado nos desenhos.

Os acionamentos dos ventiladores de renovação de ar deverão ser feitos por meio de programador horário diário.

### 5.3. Rede de dutos

Os dutos deverão ser do tipo convencional confeccionados com chapas de aço galvanizado e nas espessuras recomendadas, segundo a ABNT, NBR 16.401 conforme abaixo:

Lado maior	Chapa
até 30 cm	# 26
de 31 a 75 cm	# 24
de 76 a 140 cm	# 22
de 141 a 210 cm	# 20

Deverão obedecer aos padrões normais de serviço descritos nos manuais especializados para o caso. As interligações dos dutos deverão ser por juntas TDC;

Os joelhos e curvas deverão ser dotados de veias defletoras, segundo a boa técnica de colocação das mesmas para atenuar as perdas de carga (ver detalhe anexo). Deverão ser apoiados diretamente na estrutura, por meio de pendurais resistentes, nunca se apoiando em luminárias ou forros. Todos os pendurais, braçadeiras e suportes deverão ser confeccionados com o mesmo material do duto e pintados com tinta protetora anticorrosiva.

Nos pontos onde forem detectadas vibrações, os dutos deverão ser providos, a posteriori, de apoios de borracha. As interligações dos dutos com as unidades, no insuflamento e retorno, deverão ser através de conexões de lonas sanfonadas, isoladas. Nas derivações de ramais e dutos é obrigatório o uso de splitter.

Após a montagem, os dutos deverão ser limpos a vácuo com aspirador de pó industrial e selados até serem usados.

Todas as aberturas de dutos deverão permanecer fechadas durante a construção.

Para dimensionamento da rede de dutos foi utilizado o método de Perda de Carga Constante, que pode ser observado no Anexo A deste documento.

Também para seleção de grelhas e ventiladores.

### 5.4. Grelhas de Insuflamento

O insuflamento do ar exterior nos ambientes condicionados deverá ser feito por meio de grelhas modelo AT-AG e VAT-AG, ref. Trox ou equivalente.

As grelhas foram selecionadas a partir da vazão, perda de carga, nível de ruído e alcance.



### 5.5. Registros de Regulagem de Vazão

Na descarga dos gabinetes, deverão ser instalados registros de lâminas convergentes, modelos RL-B e JN-B, conforme o caso, ref. Trox ou equivalente.

## 6. CIRCUITO FRIGORÍFICO

As interligações entre as unidades evaporadoras com a unidade condensadora serão feitas através de tubulação cobre fosforoso sem costura, desoxidados, recozidos e brilhantes com liga C-122 com 99% de cobre, com características conforme norma ABNT-NBR 7541:2004. A tubulação deverá ter especificação para resistir a uma pressão máxima de 50 bar no mínimo.

### 6.1. Tubulação

Cobre rígido - (Tipo 1/2H) - Cobre rígido, fornecidos em barras.

#### Espessuras Recomendadas:

Bitola	Espessuras
1/4"	0.8mm (1/32")
3/8"	0.8mm (1/32")
1/2"	0.8mm (1/32")
5/8"	1.0mm (1/16")
3/4"	1.2mm (1/16")
3/4"	1.0mm (1/16")
7/8"	1.0mm (1/16")
1"	1.0mm (1/16")
1.1/8"	1.0mm (1/16")
1.1/4"	1.1mm (1/16")
1.3/8"	1.5mm (1/16")
1.1/2"	1.5mm (1/16")
1.5/8"	1.5mm (1/16")
1.3/4"	1.5mm (1/16")

Obs.: (Nunca utilizar tubos com espessura inferior a 0.7mm).

### 6.2. Conexões

As curvas e conexões deverão ser soldadas e não será aceita a utilização de curvadores.

As curvas deverão ser do tipo conectores cotovelo 45° ou 90° para tubos de cobre.

Todas as derivações deverão ser feitas por meio de "refnets" com capa de isolamento e classificação B1 de proteção contra fogo. Não deverão ser utilizados "T".

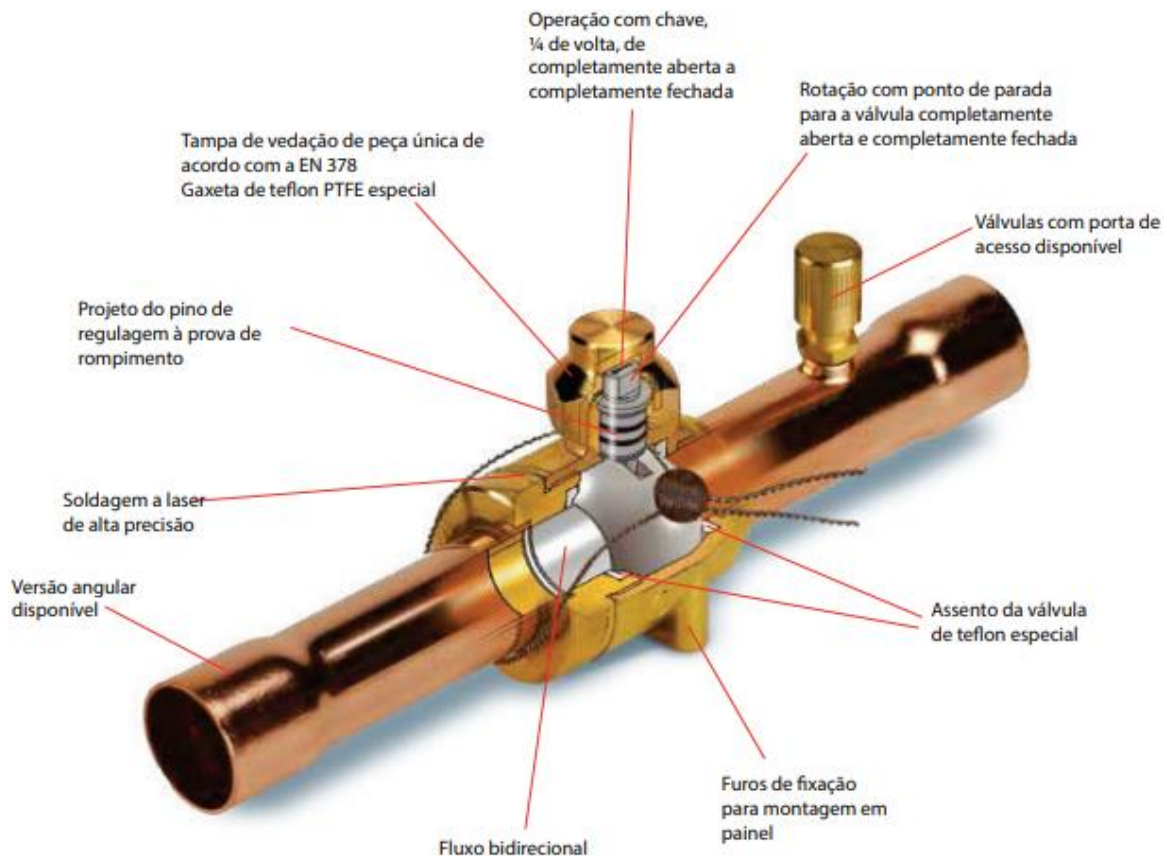


### **6.3. Válvula de Esfera (GBC)**

As válvulas de esfera tipo GBC. (Ref. Danfoss) são apropriadas para o bi direcionamento de fluídos e deverão ser operadas manualmente. Usadas especialmente nas linhas de refrigeração e nos sistemas de condicionamento de ar, pois oferecem segurança e sua construção é soldada laser. As válvulas de esfera dão o fluxo máximo na posição inteiramente aberta. Projetadas para a operação dentro de uma escala de temperatura larga. Devem ser equipadas com um tampão de selo de uma peça só e seladas para impedir a remoção involuntária do tampão ou alteração entre os serviços.

Instalar um conjunto de válvulas interna na rede de liquido e sucção para cada evaporadora.

A isolamento das válvulas deverá ser feita com a utilização de fita adesiva elastomérica 50 mm x 3 mm (ou equivalente técnico), observando o não impedimento da operação da mesma.



#### 6.4. Isolamento Térmico

A tubulação deverá receber ainda isolamento térmico por toda sua extensão sendo do tipo Espuma Elastomérica marca Armaflex AF (ou equivalente técnico) com coeficiente de transmissão de 0,038w/k (à 0°C ), com espessura “M” ou conforme tabela abaixo, o que for maior:

Ø dos Tubos POL.-mm	Locais Normais		Locais Úmidos		Locais Críticos	
	Líquido	Gás	Líquido	Gás	Líquido	Gás
1/4" - 6,35mm	9mm	-	9mm	-	9mm	-
3/8" - 9,52mm	12mm	18mm	14mm	19mm	14mm	25mm
1/2" - 12,7mm	13mm	19mm	14mm	20mm	14mm	25mm
5/8" - 15,88mm	13mm	20mm	15mm	22mm	14mm	25mm
3/4" - 19,05mm	14mm	22mm	16mm	23mm	14mm	25mm
7/8" - 22,20mm	-	23mm	-	25mm	-	32mm
1" - 25,40mm	-	24mm	-	25mm	-	34mm
1.1/8" - 28,58mm	-	24mm	-	26mm	-	35mm
1.1/4" - 31,75mm	-	25mm	-	26mm	-	35mm
1.3/8" - 34,93mm	-	25mm	-	27mm	-	36mm
1.1/2" - 38,10mm	-	26mm	-	27mm	-	38mm
1.5/8" - 41,28mm	-	27mm	-	28mm	-	38mm
1.3/4" - 44,45mm	-	27mm	-	29mm	-	38mm

Os tubos isolantes deverão ser vestidos evitando-se corta-los longitudinalmente. Quando isto não for possível, deverá ser aplicada cola adequada indicada pelo fabricante e aplicada fita autoadesiva elastomérica 50x30mm em toda a extensão do corte. Em todas as emendas deverá ser aplicada a fita adesiva de acabamento de forma a não deixar os pontos de união dos trechos de tubo isolante que possam com o tempo permitir a infiltração de umidade. Para garantir a perfeita união das emendas recomenda-se uso de cinta de acabamento exemplo: Cinta Armaflex ou equivalente.

Quando a espessura não puder ser atendida por apenas uma camada de isolante, deverá ser utilizado outro tubo com diâmetro interno compatível com o externo da segunda camada, no caso de corte longitudinal para encaixe do tubo as emendas coladas deverão ser contrapostas em 180° e a emenda externa selada com cinta de acabamento. As espessuras deverão ser similares de ambas as camadas utilizadas.

Uma vez colado o isolamento, a instalação não deverá ser utilizada pelo período de 36h. Recomenda-se o uso da cola indicada pelo fabricante exemplo: Armaflex 520 ou equivalente.

Os trechos do isolamento expostos ao sol ou que possam sofrer esforços mecânicos deverão possuir acabamento externo de proteção, através de pintura com tinta Armafinish branca com no mínimo 3 demãos, ou similar.

Os suportes deverão ser confeccionados em perfilado perfurado galvanizado 38x38mm em chapa #18. A tubulação deverá ser fixada sobre a parte perfurada do perfilado com duas abraçadeiras plásticas por ponto, amarradas de forma cruzada, e apoiada em suportes do tipo Armafix (ou equivalente técnico). O espaçamento entre os suportes não poderá ser superior a 1,50m.

O isolante e tubo de cobre não deverão possuir folgas internas de forma a evitar a penetração de ar e condensação. Os trechos finais do isolante deverão ter acabamento que impeça a entrada de ar entre o tubo de cobre e tubo isolante.

Toda a infraestrutura deverá ser soldada em suas conexões com solda do tipo Prata e serão totalmente desidratadas e pressurizadas com Nitrogênio, a fim de garantir maior limpeza na linha sem borras de solda, preservando a vida do compressor que será instalado.

Em pontos em que a tubulação passar por alvenaria, ou outro material deverão ser utilizados tubos de PVC com diâmetro superior ao da tubulação isolada, e o espaço excedente preenchido com espuma de poliuretano expandido. Equivalente, de forma a não esmagar o material isolante ou corta-lo com o tempo.

## 6.5. Solda

Não realizar soldas em locais externos durante dias chuvosos.

Aplicar solda não oxidante.

A tubulação deverá permanecer selada, enquanto instalada, até a conexão com os equipamentos.

Para evitar a formação de óxidos e fuligem no interior da tubulação, que dissolvidos pelo refrigerante irão provocar entupimento de orifícios, filtros, capilares e válvulas, é obrigatório que seja injetado nitrogênio no interior da tubulação durante o processo de solda e até o esfriamento da junção. O nitrogênio substitui o oxigênio no interior da tubulação evitando a carbonização e ajudando a remover a umidade. Procedimento: tampe todas as pontas da tubulação onde não está sendo feito o serviço. Pressurize a tubulação com 0,02MPa (0,2kg/cm<sup>2</sup> - 3psi) tampando a ponta onde se trabalhará com a mão. Quando a pressão atingir o ponto desejado remova a mão e inicie o trabalho. Após a instalação deixar as pontas protegidas para evitar entrada de elementos estranhos no interior da tubulação.

Os procedimentos de start up deverão contemplar: testes de pressão de 600 psig por 72 horas, acompanhado e liberado pelo Engenheiro Mecânico da obra do Ministério Público, devendo ser mantido o manômetro no ponto de leitura por todo o período do teste. Após o teste de pressão, deverá ser iniciado o vácuo a ser realizado em 3 etapas. A primeira etapa deve atingir 1500 microns e deverá ser realizada a quebra com nitrogênio. A segunda etapa deverá atingir 1000 microns, completar a carga de óleo (se necessário) e realizar a quebra com nitrogênio. A terceira etapa deverá atingir 500 microns, a bomba deverá ser desligada e então após 1 h faz-se uma nova leitura (não pode exceder 700 microns). Da mesma forma que os procedimentos dos testes de pressão, o vácuo também deverá ser acompanhado e liberado pelo Engenheiro Mecânico da obra, devendo o mesmo proceder a liberação, por escrito, para a carga de gás.

### 6.5.1. Cuidados Especiais Para Trabalho Com Gás Refrigerante R-410-A

#### 6.5.1.1. Ferramentas exclusivas para trabalho com R410A

Ferramentas	uso	Nota
Manifold	Evacuar, carregar refrigerante	5.09Mpa no lado de alta Pressão
Mangueiras	Evacuar, carregar refrigerante	Diametro da mangueira diferente das convencionais



Ferramentas	uso	Nota
Recolhedora de Gás	Recolhedora de carga do sistema	
Cilindro do refrigerante	Carregar refrigerante	Diametro de conexão diferente dos convencionais
Bomba de Vácuo	Secagem à vácuo	Caso não possua válvula de bloqueio automática

As ferramentas como mangueiras, manifold, e etc. que tenha contato com o óleo mineral e fluídos CFC ou HCFC (R22, R11, R12) não poderão ser utilizados para carga e medição de pressões do refrigerante R410A e R407C (HFC) sob risco de contaminação do sistema com cloro e óleo mineral, os quais provocam reações químicas de degradação do óleo lubrificante sintético POE utilizado nestes sistemas e ocorrência de formação de pastas ácidas que podem obstruir ou corroer, o sistema levando ao travamento ou queima do compressor.

As mangueiras e manifolds para conexão com as portas de serviço do equipamento devem ser adquiridas especificamente para uso com R410A, pois tem diâmetro diferente das utilizadas tradicionalmente e classe admissível de pressão superior.

## 7. BASES DOS EQUIPAMENTOS

Os equipamentos deverão ser instalados sobre calços antivibratorios da linha ARC ref. Isochoc ou equivalente. O instalador deverá dimensionar os calços de acordo com peso e rotação dos equipamentos ofertados. Opcionalmente poderão ser utilizados calços de borracha neoprene com 5 cm de espessura e o instalador deverá comprovar que os calços fornecidos são realmente de neoprene.

## 8. CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO, APROVAÇÃO E RECEBIMENTO DA OBRA.

Qualquer proposta de modificação deverá seguir as normas e deverão ser fornecidos desenhos, que deverão ser submetidos a aprovação do engenheiro fiscal da obra.

### 8.1. Ligações elétricas, teste, balanceamentos

Ficará a cargo da construtora da obra todas as ligações dos pontos de força, até os motores e demais equipamentos elétricos, bem como as interligações de controle, comando e proteção, inclusive o intertravamento no circuito elétrico que permitirá a entrada dos equipamentos em funcionamento, dentro de uma sequência preestabelecida (o compressor só liga com os ventiladores dos condensadores e evaporadores ligados).

É exigência mínima para que a FISCALIZAÇÃO proceda o acompanhamento dos testes e recebimentos de cada etapa da instalação, que a CONTRATADA disponha dos equipamentos e instrumentos, aferidos no local dos serviços, como por exemplo:

- Cilindros de Refrigerante e Nitrogênio;
- Bomba de vácuo;
- Manifold;
- Alicates amperímetro;
- Termômetro eletrônico, com 3 termopares;
- Psicrômetro;
- Anemômetro.

O instalador fará os testes de ajuste e balanceamento do sistema. Deverá fornecer relatório de start up com o preenchimento das correntes elétricas, tensões elétricas, pressões, superaquecimentos e subresfriamento, vazões de ar, temperaturas de insuflamento e retorno, quantidade de gás instalado em cada sistema, etc.

## **8.2. TESTE, AJUSTE E BALANCEAMENTO (TAB)**

Após a conclusão da instalação de um sistema de ar condicionado, este deverá ser testado e ajustado dentro dos padrões exigidos nas normas técnicas da ANSI/ ASHRAE 111 -2008 (*Measurement, Testing, Adjusting, and Balancing of Building Heating, Ventilation, Air-Conditioning, and Refrigeration Systems*). Esse procedimento visa obter o melhor desempenho do sistema instalado.

- **Testes, Balanceamento e Regulagens dos Sistemas:** Além dos testes de rendimento dos equipamentos, todos os sistemas que compõe a instalação de climatização deverão ser testados e ter suas vazões de ar reguladas e balanceadas. Tal procedimento é fundamental para que os sistemas operem dentro das condições previstas em projeto.
- **Balanceamento de Vazões de Ar:** Deverão ser realizadas medições de vazões de ar em cada equipamento (unidades condicionadoras, exaustoras e ventiladoras) através de medida de velocidade do ar de entrada, por exemplo nos filtros de ar, com utilização de anemômetro. Uma primeira medição deverá ser efetuada com todos os dampers ou registros abertos. A partir do último dispositivo de insuflamento deverão

ser feitos ajustes de vazão através de registros e captadores de forma a serem obtidas as vazões de projeto, respeitando-se os níveis de ruído admissíveis para os ambientes. Se no término do balanceamento a vazão total for menor que a de projeto, deverá se proceder ao ajuste de rotação do ventilador. Polias de ventiladores e outros elementos de regulação deverão ser considerados como passíveis de substituição, sem qualquer ônus para o Contratante, até que sejam alcançadas as condições previstas em projeto.

- **Testes das Condições Operacionais:** Todo o sistema deverá ser testado quanto à sua capacidade térmica. Além dos testes de capacidade o sistema deverá ser verificado quanto ao nível de ruído e vibração. Cada unidade condicionadora deverá ser regulada de forma que se tenha em cada ambiente ou grupo de ambientes as condições de temperatura requeridas. Esta regulação deverá ser feita pelo ajuste dos sensores de temperatura.
- **Relatórios de Teste e Balanceamento:** Deverão ser enviados relatórios com todos os dados medidos, comparando-os aos parâmetros de projeto.
- **Aceitação:** A aceitação dos sistemas será efetuada pelo Contratante, a partir dos relatórios fornecidos pela construtora contratada.

Após o primeiro funcionamento do sistema, start up, deve ser fornecido relatório contendo a pressão de gás e de líquido de toda a tubulação frigorífica.

### **8.3. Desenhos “AS BUILT”**

Na entrega da instalação deverá ser fornecido um jogo completo de plantas, memoriais e demais documentos, atualizados com todas as eventuais modificações, bem como um caderno contendo todas as instruções de operação e manutenção da instalação.

No projeto As-built deverá constar marcas, modelos de todos os equipamentos e de todos os acessórios utilizados. Deverão ser indicadas também a posição exata de todas as válvulas gbc previstas para eventuais testes de vazamento, bem como os pontos onde foram realizadas brasagens a fim de facilitar futuras manutenções corretivas. Além disso, deverão ser entregues os relatórios dos testes de pressão e vácuo.

Deverão ser fornecidos esquemas eletroeletrônicos, mecânicos e de interligação, manuais de operação/manutenção dos acessórios mais complexos (sensores de temperatura, pressão, umidade) e seus parâmetros de calibragem de fábrica e de projeto.

Deverão ser fornecidos os desenhos de esquema elétrico dos quadros e suas interligações elétricas com os equipamentos.

Todas as rotinas de manutenção que constam nos manuais de instalação dos equipamentos deverão ser incorporadas ao PMOC.

Belo Horizonte, 19 de maio de 2021.

Eng. Athos Pena Barros  
CREA-MG 195.174/D  
Eficácia Projetos e Consultoria