



**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
COMISSÃO REGIONAL DE OBRAS 5
(Comissão General Plínio Tourinho)**

ANEXO VII – PROJETOS

7 – CADERNO DE MECÂNICA

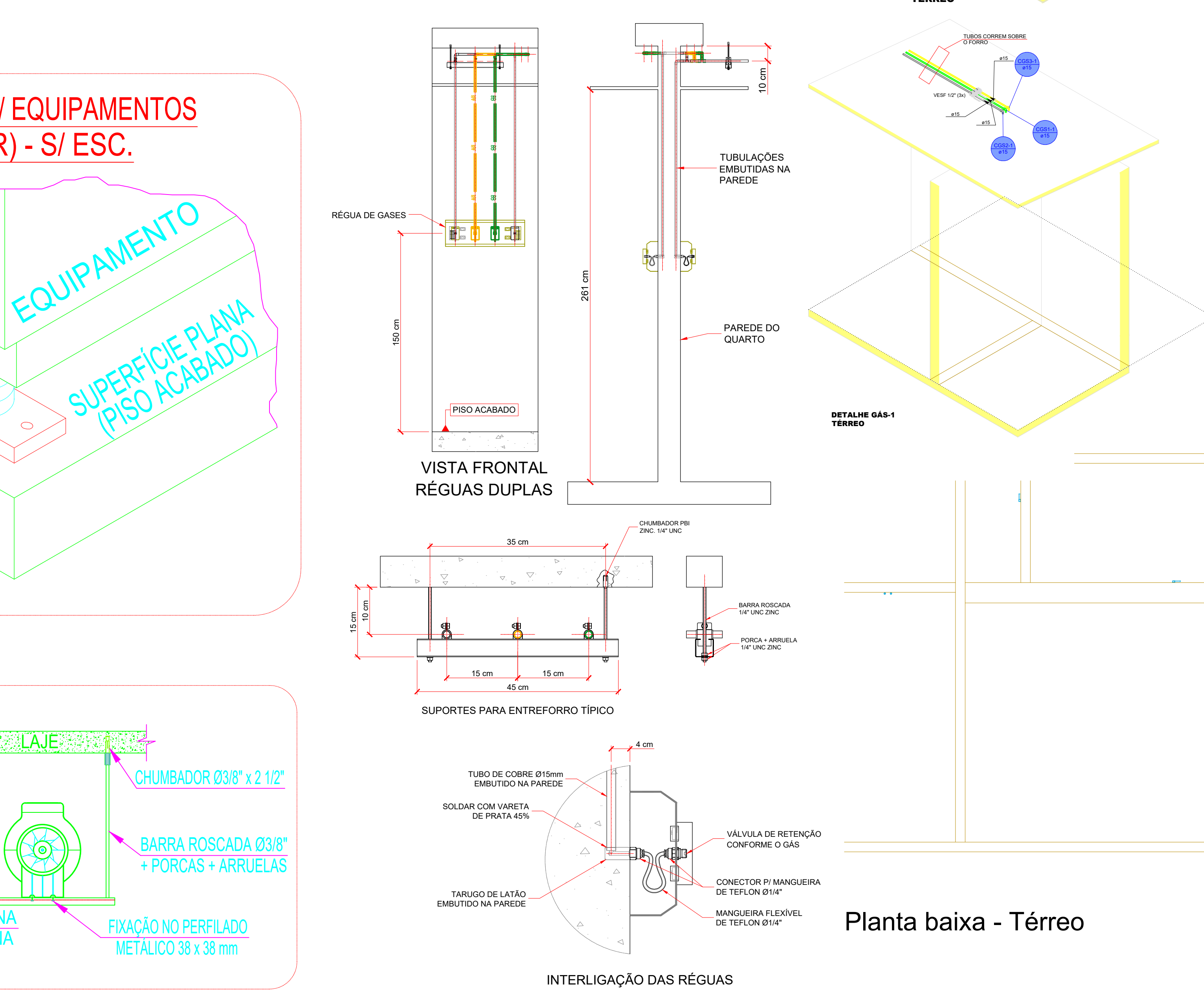
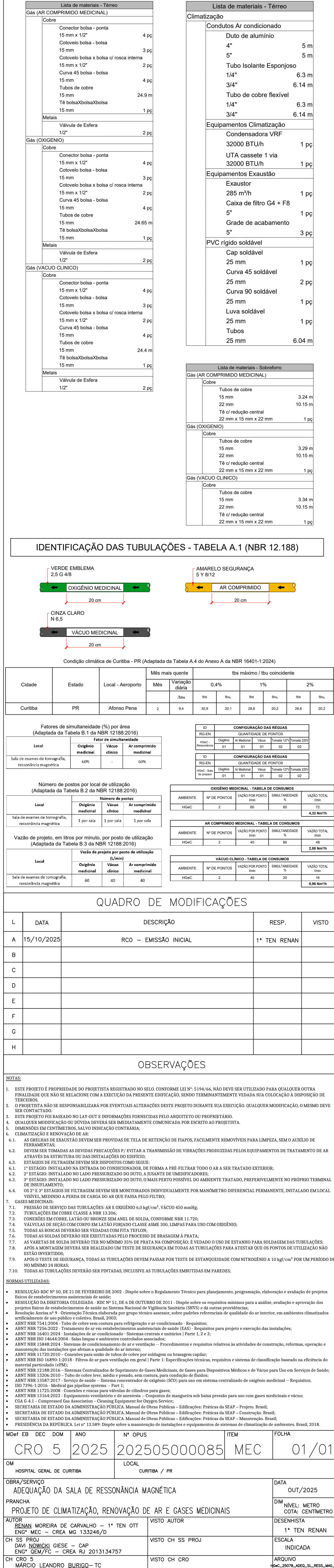
DISCIPLINA	ARQUIVO	Nº	DESCRIÇÃO
MECÂNICA	HGeC_25078_ADEQ_SL_RESS_MAG_MEC_RC0	01	PLANTA DE SITUAÇÃO
	HGeC_25078_ADEQ_SL_RESS_MAG_MEC_Mem_Tec	02	Memorial Técnico

Curitiba, 11 de dezembro de 2025.

Autor:



RENAN MOREIRA DE CARVALHO – 1º Tenente
Adjunto da Seção Técnica da CRO5





**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
COMISSÃO REGIONAL DE OBRAS 5
(Comissão General Plínio Tourinho)**

MEMORIAL TÉCNICO

PROJETO DE CLIMATIZAÇÃO E GASES MEDICINAIS DA ADEQUAÇÃO DA SALA DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA DO HOSPITAL GERAL DE CURITIBA EM CURITIBA - PR

1. OBJETIVO

O presente documento tem por finalidade descrever as características, apresentar as especificações técnicas e normas para orientar a elaboração do PROJETO DE CLIMATIZAÇÃO E GASES MEDICINAIS DA ADEQUAÇÃO DA SALA DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA DO HOSPITAL GERAL DE CURITIBA, em Cascavel – Paraná.

2. LOCALIZAÇÃO E DADOS DA EDIFICAÇÃO

Endereço: Praça Mal. Alberto Ferreira de Abreu, S/n – Batel – Curitiba/PR.

CEP 80420-020

Área total: 27,29 m².

3. REFERÊNCIA

- HGeC_25078_ADEQ_SL_RESS_MAG_AR1.rvt - Projeto de Arquitetura, de 1º OUT 25;
- SECRETARIA DE ESTADO DA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA. Manual de Obras Públicas - Edificações: Práticas da SEAP - Projeto. Brasil;
- SECRETARIA DE ESTADO DA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA. Manual de Obras Públicas - Edificações: Práticas da SEAP - Construção. Brasil;
- SECRETARIA DE ESTADO DA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA. Manual de Obras Públicas - Edificações: Práticas da SEAP - Manutenção. Brasil;
- Instruções Reguladoras para a Elaboração, a Apresentação e a Aprovação de Projetos de Obras Militares no Comando do Exército - EB50-IR-03.001 e seus anexos;
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução ANVISA nº 9 – Orientação Técnica elaborada por grupo técnico assessor, sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior, em ambientes climatizados

artificialmente de uso público e coletivo. Brasil, 2003;

- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Lei nº 13.589: Dispõe sobre a manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes. Brasil, 2018.
- RESOLUÇÃO-RDC Nº 50, DE 21 DE FEVEREIRO DE 2002 - Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde;
- RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 51, DE 6 DE OUTUBRO DE 2011 - Dispõe sobre os requisitos mínimos para a análise, avaliação e aprovação dos projetos físicos de estabelecimentos de saúde no Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e dá outras providências;
- ABNT NBR 7541:2004 - Tubo de cobre sem costura para refrigeração e ar-condicionado - Requisitos;
- ABNT NBR 12188:2016 - Sistemas centralizados de suprimento de gases medicinais, de gases para dispositivos médicos e de vácuo para uso em serviços de saúde;
- ABNT NBR 11906:2011 - Conexões roscadas para postos de utilização sob baixa pressão, para gases medicinais, gases para dispositivos médicos e vácuo clínico, para uso em estabelecimentos de saúde;
- ABNT NBR ISO 16890-1:2018 - Filtros de ar para ventilação em geral | Parte 1: Especificações técnicas, requisitos e sistema de classificação baseado na eficiência do material particulado (ePM);
- ABNT NBR 7256:2022 - Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) - Requisitos para projeto e execução das instalações;
- ABNT NBR ISO 14644-1:2019 - Salas limpas e ambientes controlados associados | Parte 1: Classificação da limpeza do ar por concentração de partículas;
- ABNT NBR ISO 14644-4:2004 - Salas limpas e ambientes controlados associados | Parte 4: Projeto, construção e partida;
- ABNT NBR 13971:2014 - Sistemas de refrigeração, condicionamento de ar, ventilação e aquecimento - Manutenção programada;
- ABNT NBR 15848:2024 - Sistemas de condicionamento de ar e ventilação - Procedimentos e requisitos relativos às atividades de construção, reformas, operação e manutenção das instalações que afetam a qualidade do ar interno;
- ABNT NBR 16401-1:2024 - Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários | Parte 1: Projetos das instalações;
- ABNT NBR 16401-2:2024 - Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários | Parte 2: Parâmetros de conforto térmico;
- ABNT NBR 16401-3:2024 - Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários | Parte 3: Qualidade do ar interior;
- ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS, 1997 – Cap. 28 – Non residential cooling and load calculations;

- ABNT NBR 13206:2010 - Tubo de cobre leve, médio e pesado, sem costura, para condução de fluidos – Requisitos;
- ISO 7396-1:2016 - Medical gas pipeline systems — Part 1;
- ABNT NBR 11725:2008 - Conexões e roscas para válvulas de cilindros para gases;
- ABNT NBR 13164:2023 - Equipamento ventilatório e de anestesia — Conjuntos de mangueira sob baixa pressão para uso com gases medicinais e vácuo.

4. LISTA DE DESENHOS

Trata-se do conjunto de plantas, detalhes e quantidades contendo informações suficientes à execução reforma do projeto de climatização e de gases medicinais, composto pelos seguintes desenhos:

- Projeto de Climatização, Exaustão e Gases Medicinais
 - Folha 01/01: HGeC_25078_ADEQ_SL_RESS_MAG_MEC_RCO_01;

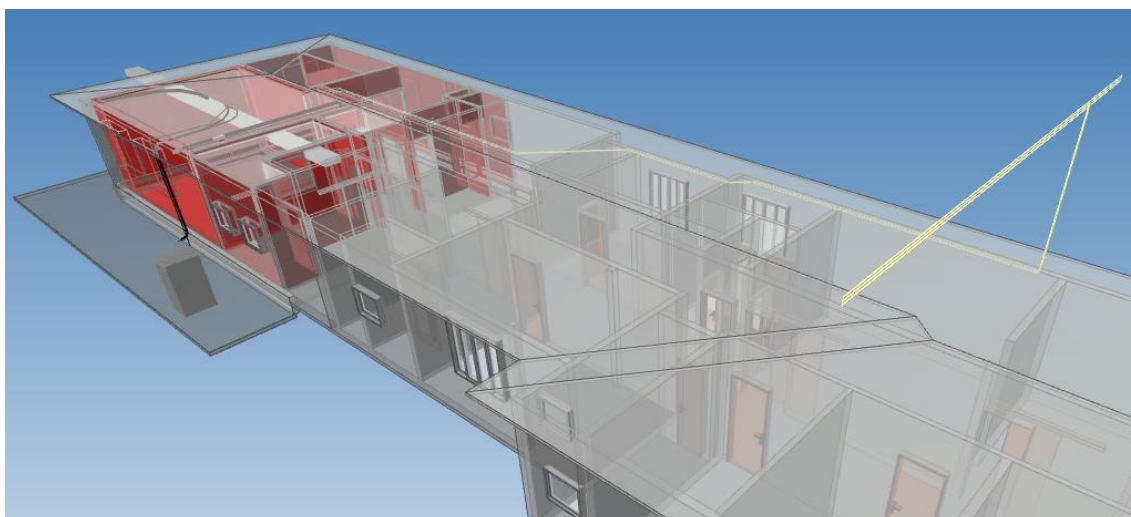
5. CLIMATIZAÇÃO E EXAUSTÃO

5.1 DESCRIÇÃO GERAL DA INSTALAÇÃO

Com o objetivo de definir a melhor solução para o sistema de climatização da Ressonância Magnética do Hospital Geral de Curitiba, foram levantados os seguintes dados:

- Cargas térmicas;
- Vazão de ar;
- Pressão de ar.

Figura 1 – Sistema de climatização e gases medicinais



O projeto foi elaborado de modo a garantir o conforto térmico ideal para todos que frequentam o local, impactando diretamente na saúde, conforto e produtividade. O sistema de climatização faz-se necessário para absorver a carga térmica gerada pelos equipamentos, iluminação, radiação solar e pelas pessoas. Caso não houvesse, as

premissas de conforto térmico dos ocupantes, a qualidade do ar dos ambientes e os padrões de temperatura e umidade exigidas por alguns equipamentos não seriam atendidas.

Para os ambientes em que são necessárias as UTAs (Unidades de Tratamento de Ar) será adotado o sistema de expansão direta do gás, com a utilização de equipamentos tipo “Inverter”, que possuem a tecnologia de Fluxo de Refrigerante Variável (VRF) e condensação a ar, permitindo modulação individual de capacidade em cada unidade interna, pela variação de carga térmica das áreas beneficiadas.

A instalação destes sistemas de ar condicionado terá por finalidade proporcionar condições de conforto térmico durante o ano todo, com controle individual de temperatura. Eventualmente, o equipamento escolhido será superior à carga térmica calculada, a fim de compensar problemas de conforto térmico causadas pela existência de leitos em fachadas opostas.

5.2 CARGAS TÉRMICAS

No projeto de climatização de um ambiente, é fundamental calcular a energia necessária para resfriá-lo, conhecida como carga térmica. A carga térmica sensível interna abrange o calor transmitido pela estrutura, a radiação solar que atravessa as janelas e o calor gerado por fontes internas. Já a carga térmica latente tem como principais origens a presença de pessoas, equipamentos que liberam umidade e a migração de vapor d’água por elementos construtivos permeáveis, como paredes.

Para realizar o dimensionamento da carga térmica deve-se analisar as seguintes condições:

- Orientação da construção, a localização do recinto a ser condicionado com relação à posição geográfica, efeitos do sol e vento, efeitos de sombreamento de estruturas vizinhas, superfícies refletoras;
- Uso do recinto (escritório, residencial, hospital, comercial, industrial, etc.);
- Dimensões físicas do recinto (comprimento, largura e altura);
- Materiais de construção, como: materiais, acabamentos e espessuras de paredes, teto, assoalho, divisórias, entre outros;
- Condições exteriores, como a cor exterior de paredes e telhados, forros ventilados ou não, espaços condicionados ou não;
- Janelas, principalmente o tamanho e localização, caixilho em madeira ou metal, tipo de vidro, tipo de equipamento para sombreamento (toldo, cortina, etc.);
- Portas, suas dimensões e material, localização, tamanho e frequência de uso;
- Pessoas, destacando o número, horas de permanência, natureza da atividade exercida.

Nesse sentido, foram levantadas as características de todos os ambientes do Posto

Médico de Guarnição de Cascavel do 15º B Log, junto ao projeto arquitetônico e através de informações coletadas com os usuários responsáveis pelo ambiente. Os resultados foram disponibilizados na planilha de cálculo, anexo deste documento.

5.3 PARÂMETROS DO PROJETO (CÁLCULOS)

A fim de atender os requisitos das normas vigentes, os parâmetros utilizados para o dimensionamento da carga térmica se basearam na figura abaixo, retirada da NBR 16401-1 - Dados climáticos da cidade de Foz do Iguaçu – PR. Foi utilizada a cidade de Foz do Iguaçu, por ser a mais próxima de Cascavel, presente na lista de cidades da NBR.

Tabela 1 – Condição climática de Curitiba - PR¹

Cidade	Estado	Local - Aeroporto	Mês mais quente		tbs máximo / tbu coincidente					
			Mês	Variação diária	0,4%		1%		2%	
				Δt_{bs}	tbs	tbu _c	tbs	tbu _c	tbs	tbu _c
Curitiba	PR	Afonso Pena	2	9,4	30,9	20,1	28,8	20,2	28,8	20,2

- TBS: 30,9 °C
- TBU: 20,1 °C

Dentro do ambiente, deverão ser seguidos os valores indicados pelos fabricantes de equipamentos de ressonância, conforme orientado pela NBR 7256, e conforme planilha a seguir apresentada. Deverá ser considerado o valor de 21 °C, que é a condição mais crítica que o equipamento de ar condicionado deverá atender. A UR máxima deverá ser de 60%.

¹ Adaptada da Tabela A.4 do Anexo A da NBR 16401-1:2024.

Tabela 2 - Parâmetros para dimensionamento e especificações

Ambiente	Dados Técnicos												Equipamentos Necessários	
	renov/h	Pressão	Mov/h	Filtro	Temp	Umid	Área (m²)	Volume (m³)	Q ar externo (m³/h)	Q ar renova (m³/h)	Pressão dispo requerida	BTUs		
Ressonância Magnética	2	5,0 Pa (-)	6	G4 + F8	15 - 21 °C	UR 60%	27,29	81,87	163,74	491,22	255 Pa	32748 BTUs	Unidade de tratamento de ar, exaustor	VRF 32000 BTUs
Pressão disponível requerida - Para sistemas simples (baixa pressão): * Perda de carga média ≈ 1 a 2 Pa/m de duto reto * Curvas e acessórios: adicione 20 a 50 Pa no total * Filtros (G4): 50 a 100 Pa * Filtros (F7): 150 a 200 Pa * Difusores/grelhas: 30 a 80 Pa * Caixas de volume/registro: 20 a 50 Pa			ΔP = perda de carga (Pa) f = fator de atrito (adimensional, depende de Re e rugosidade) = 0,03 L = comprimento do duto (m) D = diâmetro hidráulico (m) $\rightarrow D_h = 2ab/(a+b)$ (a e b são altura e largura do duto (em metros)) ρ = densidade do ar (kg/m³) = 1,2 kg/m³ v = velocidade do ar (m/s) $\rightarrow v = Q/A$ - (Q = Vazão (m³/s); A = Área da seção transversal (m²))						<div>Pressão de ar (ΔP)</div> <div>$\Delta P = f \times (L/D) \times (\rho \cdot v^2 / 2)$(Pa)</div>		Perda de carga local (singularidades) - Alguns elementos aumentam a perda (equivalente em metros de duto reto) Curva 90° - 0,3 a 1,5 m Registro/damper - 0,5 a 1 m Entrada abrupta - 0,5 m Saída abrupta - 1 a 2 m			

VRF
32000
BTUs

6. GASES MEDICINAIS

6.1 DESCRIÇÃO GERAL DA INSTALAÇÃO

O projeto das instalações de gases medicinais foi elaborado de modo a garantir o fornecimento dentro das normas ABNT NBR 12188 e RDC50. O relatório apresentado foca principalmente na concepção do projeto, incluindo memórias de cálculo, encaminhamento e dimensionamento que, juntamente com os desenhos fornecidos, formam um conjunto de perfeita compreensão para execução da obra.

6.2 DIMENSIONAMENTO

A determinação das vazões deve seguir as especificações dos equipamentos a serem utilizados e os critérios da norma NBR 12188. O dimensionamento dos diâmetros das tubulações deve considerar os dados de vazão e pressão exigidos pelos equipamentos que utilizam os fluidos. Para este projeto, foram consultadas tabelas de vazão, simultaneidade e número de pontos por leito, conforme a NBR 12188.

Tabela 3 - Vazão de projeto, em litros por minuto, por posto de utilização²

Local	Vazão de projeto por posto de utilização (L/min)		
	Oxigênio medicinal	Vácuo clínico	Ar comprimido medicinal
Sala de exames de tomografia, ressonância magnética	60	40	40

Tabela 4 - Número de postos por local de utilização³

Local	Número de postos		
	Oxigênio medicinal	Vácuo clínico	Ar comprimido medicinal
Sala de exames de tomografia, ressonância magnética	1 por sala	1 por sala	1 por sala

Como a norma não estabelece limites para a velocidade de escoamento, adotou-se como referência o valor de 30 m/s, conforme boas práticas, por oferecer desempenho eficiente com economia. A equação que relaciona vazão, velocidade e diâmetro foi utilizada para definir os diâmetros das tubulações.

$$Q = V \times A$$

Onde:

Q = vazão de ar (m³/s)

A = área da seção transversal (m²)

² Adaptada da Tabela B.3 da NBR 12188:2016.

³ Adaptada da Tabela B.2 da NBR 12188:2016.

6.2.1 OXIGÊNIO MEDICINAL

Considerando a tubulação de oxigênio medicinal, com demanda máxima de 60 L/min por ponto (conforme Tabela 3), e a existência de 2 pontos (conforme Tabela 4), tem-se uma vazão total de:

$$Q = V \times A$$

$$2 \times 60 \frac{L}{min} = 30 \frac{m}{s} \times A$$

$$A = \frac{120 \frac{L}{min}}{30 \frac{m}{s}} = \frac{0,002 \frac{m^3}{s}}{30 \frac{m}{s}} = 0,0000666 m^2$$

Da fórmula da área para seção transversal circular:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$0,0000666 m^2 = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$D^2 = \frac{0,0002664 m^2}{\pi} = 0,0000848 m^2$$

$$D = 0,009 m = 9 mm$$

Tabela 5 - Fatores de simultaneidade (%) por área⁴

Local	Fator de simultaneidade		
	Oxigênio medicinal	Vácuo clínico	Ar comprimido medicinal
Sala de exames de tomografia, ressonância magnética	60%	-	60%

Ainda como referência a tubulação de oxigênio medicinal, obtém-se um fator de simultaneidade de 80% (conforme Tabela 5):

$$D = 9 mm \times 60\% = 5,4 mm$$

Resultando em um diâmetro nominal de 15 mm (conforme Tabela 6), equivalente ao diâmetro de 1/2" utilizado, com espessura de parede mínima de 0,80 mm e Pressão mínima de serviço de 6,91 MPa.

Tabela 6 - Características dimensionais dos tubos da rede de distribuição⁵

Diâmetro nominal (mm)	Diâmetro externo (mm)	Espessura mínima de parede (mm)	Pressão mínima de serviço (MPa)
15,0 ^a	15,00	0,80	6,91
22,0	22,0	0,90	5,24
28,0	28,0	0,90	4,09
35,0	35,00	1,10	4,00
42,0	42,00	1,10	3,32

⁴ Adaptada da Tabela B.1 da NBR 12188:2016.

⁵ Tabela 1 da NBR 12188:2016.

54,0	54,00	1,20	2,81
^a Diâmetro mínimo admitido. NOTA Para diâmetros acima de 54 mm consultar a ABNT NBR 13206.			

6.2.2 VÁCUO CLÍNICO

Considerando a tubulação de vácuo clínico, com demanda máxima de 40 L/min por ponto (conforme Tabela 3), e a existência de 2 pontos (conforme Tabela 4), tem-se uma vazão total de:

$$Q = V \times A$$

$$2 \times 40 \frac{L}{min} = 30 \frac{m}{s} \times A$$

$$A = \frac{80 \frac{L}{min}}{30 \frac{m}{s}} = \frac{0,0013 \frac{m^3}{s}}{30 \frac{m}{s}} = 0,0000433 m^2$$

Da fórmula da área para seção transversal circular:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$0,0000433 m^2 = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$D^2 = \frac{0,0001732 m^2}{\pi} = 0,0000551 m^2$$

$$D = 0,007 m = 7 mm$$

Ainda como referência a tubulação de vácuo clínico, não tem um fator de simultaneidade (conforme Tabela 5):

De acordo com a NBR 12188, o diâmetro mínimo admitido para gases medicinais, é de 15 mm (conforme Tabela 6), equivalente ao diâmetro de 1/2" utilizado, com espessura de parede mínima de 0,80 mm e Pressão mínima de serviço de 6,91 Mpa.

6.2.3 AR COMPRIMIDO MEDICINAL

Considerando a tubulação de ar comprimido medicinal, com demanda máxima de 40 L/min por ponto (conforme Tabela 3), e a existência de 2 pontos (conforme Tabela 4), tem-se uma vazão total de:

$$Q = V \times A$$

$$2 \times 40 \frac{L}{min} = 30 \frac{m}{s} \times A$$

$$A = \frac{80 \frac{L}{min}}{30 \frac{m}{s}} = \frac{0,0013 \frac{m^3}{s}}{30 \frac{m}{s}} = 0,0000433 m^2$$

Da fórmula da área para seção transversal circular:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$0,0000433 \text{ m}^2 = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$D^2 = \frac{0,0001732 \text{ m}^2}{\pi} = 0,0000551 \text{ m}^2$$

$$D = 0,007 \text{ m} = 7 \text{ mm}$$

Ainda como referência a tubulação de ar comprimido medicinal, obtém-se um fator de simultaneidade de 60% (conforme Tabela 5):

$$D = 7 \text{ mm} \times 60\% = 4,2 \text{ mm}$$

Resultando em um diâmetro nominal de 15 mm (conforme Tabela 6), equivalente ao diâmetro de 1/2" utilizado, com espessura de parede mínima de 0,80 mm e Pressão mínima de serviço de 6,91 MPa.

6.2.4 COMPRIMENTOS EQUIVALENTES

Os comprimentos adotados estão dispostos nas pranchas e os comprimentos equivalentes a serem usados para nível de perda de carga referente às conexões seguem a Tabela 7.

Tabela 7 - Comprimentos equivalentes em "m" para tubulação de cobre

Diâmetro nominal		Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Tê 90°	Válvula esfera
(pol)	(mm)				
3/8	10	1,1	0,4	2,3	0,1
1/2	15	1,1	0,4	2,3	0,1
3/4	22	1,2	0,5	2,4	0,2
1	28	1,5	0,7	3,1	0,3
1 1/4	35	2,0	1,0	4,6	0,4
1 1/2	42	3,2	1,0	7,3	0,7
2	54	3,4	1,3	7,6	0,8
2 1/2	66	3,7	1,7	7,8	0,8
3	79	3,9	1,8	8,0	0,9
4	104	4,3	1,9	8,3	1,0

O tipo de tubulação usado para o escoamento foi de cobre classe A, conforme recomendações da NBR 12188. Os equipamentos para uso hospitalar são projetados para operar com pressão de alimentação de 57 psi (4 Kgf/cm²) e a pressão máxima na rede é de 8 Kgf/cm². A temperatura máxima permitida conforme a NBR 12188 é de 54°C para a tubulação que ficará entre a laje e o forro, desta forma, foi adotada uma temperatura média de 40°C.

6.2.5 SIMULTANEIDADE

Abaixo, na Tabela 8, encontram-se os valores de vazão e simultaneidade recomendados pela NBR 12188, bem como os resultados dos cálculos:

Tabela 8 - Valores de vazão e simultaneidade recomendados

OXIGÊNIO MEDICINAL - TABELA DE CONSUMO				
AMBIENTE	Nº DE PONTOS	VAZÃO P/ PONTO L/MIN	SIMULTANEIDADE %	VAZÃO TOTAL L/MIN
Ressonância HGeC	2	60	60%	72
				4,32 Nm ³ /h
VÁCUO CLÍNICO - TABELA DE CONSUMO				
AMBIENTE	Nº DE PONTOS	VAZÃO P/ PONTO L/MIN	SIMULTANEIDADE %	VAZÃO TOTAL L/MIN
Ressonância HGeC	2	40	-	80
				4,80 Nm ³ /h
AR COMPRIMIDO MEDICINAL - TABELA DE CONSUMO				
AMBIENTE	Nº DE PONTOS	VAZÃO P/ PONTO L/MIN	SIMULTANEIDADE %	VAZÃO TOTAL L/MIN
Ressonância HGeC	2	40	60%	48
				2,88 Nm ³ /h