

ROBERTO BOZZA NAMUR

**ANÁLISE DA QUALIDADE DO AR INTERIOR E DO CONFORTO TÉRMICO EM
AMBIENTES CLIMATIZADOS ARTIFICIALMENTE DO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (HU-USP)**

Trabalho de Formatura do Curso de Engenharia
Civil apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo

Pré-Mestrado - Programa de Mestrado
Profissional em Inovação na Construção Civil –
Construlnova

Departamento de Engenharia de Construção Civil
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Orientadora:

Prof.^a Dr.^a Brenda Chaves Coelho Leite

São Paulo

2018

RESUMO

Considerando a extrema importância da qualidade do ar interior e do conforto térmico em um ambiente hospitalar e o quanto o Hospital Universitário (HU) é imprescindível para as comunidades USP e da região do Butantã, propôs-se com esta pesquisa avaliar as condições de conforto térmico e de qualidade do ar interior de áreas artificialmente climatizadas – Centro Cirúrgico, Centro Obstétrico, Radiologia e Hospital Dia - do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo (HU-USP), verificando se elas atendem aos requisitos de normas, regulamentos e portarias vigentes, bem como à satisfação dos ocupantes. A partir das deficiências encontradas foram indicadas possíveis intervenções visando à melhoria dessas condições e a mitigação de suas consequências na saúde e conforto dos pacientes e funcionários.

Esta pesquisa está vinculada ao Programa de Pré-Mestrado em Inovação na Construção Civil, de modo que ela pode ser subdividida em duas etapas: a pesquisa no âmbito da graduação, aqui apresentada, e a sua continuação no Programa de Mestrado. Desta forma, para esta etapa da pesquisa foram recortados os resultados referentes ao Centro Cirúrgico, no qual foram estudadas três salas de cirurgia – Sala A, Sala F e Sala J - e três corredores.

A pesquisa foi desenvolvida com base na medição das variáveis de qualidade do ar interior e conforto térmico em duas épocas do ano (inverno/primavera e verão/outono) e na aplicação de questionários a usuários habituais dos ambientes estudados. Os dados coletados foram confrontados entre si e com as normas vigentes, verificando desvios, desconfortos e insalubridades. A partir das deficiências encontradas foram feitos apontamentos de sugestões de melhoria, as quais consistiram em alterações na operação dos sistemas de climatização e ventilação, na manutenção de seus componentes e em modificações no próprio sistema do ar condicionado.

Palavras-chave: Qualidade do Ar Interior; Conforto Térmico; Sistemas de Climatização; Ambientes Hospitalares; Hospital Universitário;

ABSTRACT

Considering the extreme importance of indoor air quality and thermal comfort in a hospital environment and how much the University Hospital (HU) is essential for the USP communities and the Butantã region, it was proposed with this research to evaluate the thermal comfort conditions and indoor air quality of artificially acclimatized areas - Surgical Center, Obstetric Center, Radiology and Day Hospital - University Hospital of the University of São Paulo (HU-USP), verifying if they attend the requirements of current norms, regulations and ordinances, as well as to the satisfaction of the occupants. From the deficiencies found were indicated possible interventions aimed at improving these conditions and mitigating their consequences on the health and comfort of patients and employees.

This research is linked to the Pre-Master's Program in Innovation in Civil Construction, so that it can be subdivided into two stages: the undergraduate research presented here, and its continuation in the Master's Program. Thus, for this stage of the research the results referring to the Surgical Center were studied, in which three operating rooms - Room A, Room F and Room J - and three aisles were studied.

The research was developed based on the measurement of indoor air quality and thermal comfort variables in two different times of the year (winter / spring and summer / fall) and in the application of questionnaires to regular occupants of the studied rooms. The collected data were confronted with each other and with the current norms, verifying deviations, discomforts and insalubrity. From the deficiencies found, suggestions for improvements were made, which consisted in alterations in the operation of the air conditioning and ventilation systems, in the maintenance of its components and in modifications in the air conditioning system itself.

Key-words: Indoor Air Quality; Thermal Comfort; Air Conditioning; Hospital's Environment; University Hospital;

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	15
2. OBJETIVO.....	18
2.1. Objetivo Geral.....	18
2.2. Objetivos Específicos.....	18
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
3.1. Conforto Térmico.....	19
3.2. Qualidade do Ar Interior.....	20
3.3. Ambientes Hospitalares.....	23
3.4. Sistemas de Climatização em Ambientes Hospitalares.....	23
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
4.1. Concepção da Pesquisa.....	25
4.2. Planejamento da Pesquisa.....	26
4.2.1. Levantamento Cadastral.....	26
4.2.2. Regiões e Ambientes de Medição.....	27
4.2.3. Pontos de Medição.....	30
4.2.4. Variáveis Ambientais e Equipamentos de Medição.....	30
4.2.5. Variáveis Pessoais e Questionários.....	31
4.2.6. Comitês de Ética e Plataforma Brasil.....	32
4.3. Preparação das Medições:.....	32
4.3.1. Pré-Testes.....	33
4.3.2. Questionários.....	33
4.4. Execução das Medições.....	33
4.4.1. Medições de Inverno.....	34
4.4.2. Medições de Verão.....	34
4.5. Tabulação e Tratamento de Dados.....	35
4.5.1. Tabulação dos Dados.....	35
4.5.2. Teste comparativo entre os equipamentos.....	35
4.5.3. Tratamento dos Dados das Medições.....	36
4.5.4. Tabulação e Tratamento dos Dados dos Questionários.....	37

4.6. Análises de Resultados.....	37
4.6.1. Normas de Referência.....	38
4.6.2. Intervalos de Referência.....	38
5. RESULTADOS.....	43
5.1. Análises de Resultados – Centro Cirúrgico.....	43
5.1.1. Sala A.....	43
5.1.1.1. Sala A – Inverno.....	44
5.1.1.2. Sala A – Verão.....	57
5.1.2. Sala F.....	69
5.1.2.1. Sala F – Inverno.....	69
5.1.2.2. Sala F – Verão.....	79
5.1.3. Sala J.....	89
5.1.3.1. Sala J – Inverno.....	89
5.1.3.2. Sala J – Verão.....	100
5.1.4. Corredores.....	110
6. CONCLUSÕES.....	111
6.1. Sugestões de Melhoria.....	111
6.2. Trabalhos Futuros.....	113
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	114
8. APÊNDICES.....	117
8.1. APÊNDICE I – GRÁFICOS SALA A – INVERNO.....	117
8.1.1. Temperatura de Bulbo Seco.....	117
8.1.2. Umidade Relativa.....	118
8.1.3. Concentração de CO ₂	119
8.1.4. Concentração de CO.....	120
8.1.5. Concentração de COV.....	121
8.1.6. Concentração de Particulado 2.5.....	122
8.2. APÊNDICE II – GRÁFICOS SALA A – VERÃO.....	123
8.2.1. Temperatura de Bulbo Seco.....	123
8.2.2. Umidade Relativa.....	124

8.2.3. Velocidade do Ar.....	125
8.2.4. Concentração de CO ₂	126
8.2.5. Concentração de COV.....	127
8.2.6. Concentração de Particulado 2.5.....	128
8.3. APÊNDICE III – GRÁFICOS SALA F – INVERNO.....	129
8.3.1. Temperatura de Bulbo Seco.....	129
8.3.2. Umidade Relativa.....	130
8.3.3. Concentração de CO ₂	131
8.3.4. Concentração de CO.....	132
8.3.5. Concentração de COV.....	133
8.3.6. Concentração de Particulado 2.5.....	134
8.4. APÊNDICE IV – GRÁFICOS SALA F – VERÃO.....	135
8.4.1. Temperatura de Bulbo Seco.....	135
8.4.2. Umidade Relativa.....	136
8.4.3. Velocidade do Ar.....	137
8.4.4. Concentração de CO ₂	138
8.4.5. Concentração de COV.....	139
8.4.6. Concentração de Particulado 2.5.....	140
8.5. APÊNDICE V – GRÁFICOS SALA J – INVERNO.....	141
8.5.1. Temperatura de Bulbo Seco.....	141
8.5.2. Umidade Relativa.....	142
8.5.3. Concentração de CO ₂	143
8.5.4. Concentração de CO.....	144
8.5.5. Concentração de COV.....	145
8.5.6. Concentração de Particulado 2.5.....	146
8.6. APÊNDICE VI – GRÁFICOS SALA J – VERÃO.....	147
8.6.1. Temperatura de Bulbo Seco.....	147
8.6.2. Umidade Relativa.....	148
8.6.3. Velocidade do Ar.....	149
8.6.4. Concentração de CO ₂	150
8.6.5. Concentração de COV.....	151
8.6.6. Concentração de Particulado 2.5.....	152
8.7. APÊNDICE IX – QUESTIONÁRIO APLICADO.....	153

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Intervalos de Referência de Temperatura de Bulbo Seco	41
Gráfico 2 - Intervalos de Referência de Umidade Relativa	42
Gráfico 3 - Intervalo de Referência de Velocidade do Ar	42
Gráfico 4 - Temperaturas de Bulbo Seco no primeiro dia de medição de inverno na Sala A	47
Gráfico 5 - Temperaturas de bulbo seco no segundo dia de medição de inverno na Sala A	49
Gráfico 6 - Temperaturas de bulbo seco no terceiro dia de medição de inverno na Sala A	50
Gráfico 7 – Umidades absolutas nas medições de inverno na Sala A	51
Gráfico 8 - Umidade relativa no primeiro dia de medição de inverno na Sala A	51
Gráfico 9 - Umidade Relativa no segundo dia de medição de inverno na Sala A	51
Gráfico 10 - Umidade Relativa no terceiro dia de medição de inverno na Sala A	52
Gráfico 11 - Concentrações de CO ₂ no primeiro dia de medição de inverno na Sala A	53
Gráfico 12 - Concentrações de CO ₂ no segundo dia de medição de inverno na Sala A	53
Gráfico 13 - Concentrações de CO ₂ no terceiro dia de medição de inverno na Sala A	53
Gráfico 14 - Particulados no primeiro dia de medição de inverno na Sala A	54
Gráfico 15 - Particulados no segundo dia de medição de inverno na Sala A	55
Gráfico 16 - Particulados no terceiro dia de medição de inverno da Sala A	55
Gráfico 17 - Concentrações de CO no primeiro dia de medição de inverno na Sala A	56
Gráfico 18 - Concentrações de CO no segundo dia de medição de inverno da Sala A	56
Gráfico 19 - Concentrações de CO no terceiro dia de medição de inverno da Sala A	56
Gráfico 20 - Concentrações de COV no primeiro dia de medição de inverno na Sala A	57
Gráfico 21 - Concentrações de COV no segundo dia de medição de inverno na Sala A	57
Gráfico 22 - Concentrações de COV no terceiro dia de medição de inverno na Sala A	57
Gráfico 23 - Temperatura de bulbo seco no primeiro dia de medição de verão da Sala A	59
Gráfico 24 - Temperatura de bulbo seco no segundo dia de medição de verão da Sala A	59
Gráfico 25 - Temperatura de bulbo seco no segundo dia de medição de verão da Sala A	60
Gráfico 26 - Velocidade do ar no primeiro dia de medição de verão na sala A	61
Gráfico 27 - Velocidade do ar no segundo dia de medição de verão na Sala A	62
Gráfico 28 - Velocidade do ar no terceiro dia de medição de verão da Sala A	62
Gráfico 29 - Umidade absoluta nas medições de verão da Sala A	63
Gráfico 30 - Umidade relativa no primeiro dia de medição de verão na Sala A	63

Gráfico 31 - Umidade relativa no segundo dia de medição de verão da Sala A.....	64
Gráfico 32 - Umidade relativa no terceiro dia de medição de verão da Sala A.....	64
Gráfico 33 - Concentração de dióxido de carbono no primeiro dia de medição de verão da Sala A.....	65
Gráfico 34 - Concentração de dióxido de carbono no segundo dia de medição de verão na Sala A.....	65
Gráfico 35 - Concentração de dióxido de carbono no terceiro dia de medição de verão da Sala A.....	66
Gráfico 36 - Concentração de compostos orgânicos voláteis no primeiro dia de medição de verão da Sala A.....	66
Gráfico 37 - Concentração de compostos orgânicos voláteis no segundo dia de medição de verão na Sala A.....	67
Gráfico 38 - Concentração de compostos orgânicos voláteis no terceiro dia de medição de verão na Sala A.....	67
Gráfico 39 - Particulados 2.5µm no primeiro dia de medição de verão na Sala A.....	68
Gráfico 40 - Particulado 2.5µm no segundo dia de medição de verão na Sala A.....	69
Gráfico 41 - Particulado 2.5µm no terceiro dia de medição de verão na Sala A.....	69
Gráfico 42 - Temperaturas de bulbo seco no primeiro dia de medição de inverno da Sala F.	71
Gráfico 43 - Temperaturas de bulbo seco no segundo dia de medição de inverno da Sala F.	72
Gráfico 44 - Temperaturas de bulbo seco no terceiro dia de medição de inverno da Sala F.	72
Gráfico 45 - Umidades Relativas no primeiro dia de medição de inverno da Sala F.	73
Gráfico 46 - Umidades Relativas no segundo dia de medição de inverno da Sala F.	74
Gráfico 47 - Umidades Relativas no terceiro dia de medição de inverno da Sala F.	74
Gráfico 48 - Umidades Absolutas ao longo das medições de inverno da Sala F.	75
Gráfico 49 - Concentração de dióxido de carbono no segundo dia de medição de inverno da Sala F.	75
Gráfico 50 - Concentração de dióxido de carbono no primeiro dia de medição de inverno da Sala F.	76
Gráfico 51 - Concentração de dióxido de carbono no terceiro dia de medição de inverno da Sala F.	76

Gráfico 52 - Concentração de monóxido de carbono no primeiro dia de medição de inverno da Sala F.	77
Gráfico 53 - Concentração de monóxido de carbono no primeiro dia de medição de inverno da Sala F.	77
Gráfico 54 - Concentração de monóxido de carbono no primeiro dia de medição de inverno da Sala F.	77
Gráfico 55 - Concentração de compostos orgânicos voláteis no primeiro dia de medição de inverno da Sala F.	78
Gráfico 56 - Concentração de compostos orgânicos voláteis no segundo dia de medição de inverno da Sala F.	78
Gráfico 57 - Concentração de compostos orgânicos voláteis no terceiro dia de medição de inverno da Sala F.	78
Gráfico 58 - Concentrações de Particulados 2,5µm no primeiro dia de medição de inverno da Sala F.	79
Gráfico 59 - Concentrações de Particulados 2,5µm no segundo dia de medição de inverno da Sala F.	79
Gráfico 60 - Concentrações de Particulados 2,5µm no terceiro dia de medição de inverno da Sala F.	80
Gráfico 61 - Temperaturas de bulbo seco no primeiro dia de medição de verão na Sala F	81
Gráfico 62 - Temperaturas de bulbo seco no segundo dia de medição de verão da Sala F	81
Gráfico 63 - Temperaturas de bulbo seco no terceiro dia de medição de verão na Sala F	82
Gráfico 64 - Umidades relativas no primeiro dia de medição de verão na Sala F	82
Gráfico 65 - Umidades relativas no segundo dia de medição de verão na Sala F	83
Gráfico 66 - Umidades relativas no terceiro dia de medição de verão na Sala F	83
Gráfico 67 - Velocidades do ar no primeiro dia de medição de verão da Sala J	84
Gráfico 68 - Velocidades do ar no segundo dia de medição de verão da Sala J	84
Gráfico 69 - Velocidades do ar no terceiro dia de medição de verão da Sala J	84
Gráfico 70 - Concentrações de dióxido de carbono no primeiro dia de medição de verão na Sala F	85
Gráfico 71 - Concentrações de dióxido de carbono no terceiro dia de medição de verão na Sala F	85
Gráfico 72 - Concentrações de dióxido de carbono no segundo dia de medição de verão na Sala F	86

Gráfico 73 - Concentrações de compostos orgânicos voláteis no primeiro dia de medição de verão na Sala F	87
Gráfico 74 - Concentrações de compostos orgânicos voláteis no segundo dia de medição de verão na Sala F	87
Gráfico 75 - Concentrações de compostos orgânicos voláteis no terceiro dia de medição de verão na Sala F	87
Gráfico 76 - Concentrações de particulados 2.5µm no primeiro dia de medição de verão na Sala F	88
Gráfico 77 - Concentrações de particulados 2.5µm no segundo dia de medição de verão na Sala F	89
Gráfico 78 - Concentrações de particulados 2.5µm no terceiro dia de medição de verão na Sala F	89
Gráfico 79 - Temperaturas de bulbo seco no primeiro dia de medição de inverno na Sala J	91
Gráfico 80 - Temperaturas de bulbo seco no segundo dia de medição de inverno na Sala J	93
Gráfico 81 - Temperaturas de bulbo seco no terceiro dia de medição de inverno na Sala J	93
Gráfico 82 - Umidades relativas no primeiro dia de medição de inverno na Sala J	94
Gráfico 83 - Umidades relativas no segundo dia de medição de inverno na Sala J	94
Gráfico 84 - Umidades relativas no terceiro dia de medição de inverno na Sala J	95
Gráfico 85 - Concentrações de dióxido de carbono no primeiro dia de medição de inverno na Sala J	95
Gráfico 86 - Concentrações de dióxido de carbono no segundo dia de medição de inverno na Sala J	96
Gráfico 87 - Concentrações de dióxido de carbono no terceiro dia de medição de inverno na Sala J	96
Gráfico 88 - Concentrações de monóxido de carbono no primeiro dia de medição de inverno na Sala J	97
Gráfico 89 - Concentrações de monóxido de carbono no segundo dia de medição de inverno na Sala J	97
Gráfico 90 - Concentrações de monóxido de carbono no terceiro dia de medição de inverno na Sala J	98

Gráfico 91 - Concentrações de compostos orgânicos voláteis no primeiro dia de medição de inverno na Sala J.....	98
Gráfico 92 - Concentrações de compostos orgânicos voláteis no segundo dia de medição de inverno na Sala J.....	99
Gráfico 93 - Concentrações de compostos orgânicos voláteis no terceiro dia de medição de inverno na Sala J.....	99
Gráfico 94 - Concentrações de particulados 2,5µm no primeiro dia de medição de inverno na Sala J.....	100
Gráfico 95 - Concentrações de particulados 2,5µm no segundo dia de medição de inverno na Sala J.....	100
Gráfico 96 - Concentrações de particulados 2,5µm no terceiro dia de medição de inverno na Sala J.....	100
Gráfico 97 - Temperaturas de bulbo seco no primeiro dia de medição de verão da Sala J	102
Gráfico 98 - Temperaturas de bulbo seco no segundo dia de medição de verão da Sala J	104
Gráfico 99 - Temperaturas de bulbo seco no terceiro dia de medição de verão da Sala J.....	104
Gráfico 100 - Velocidades do ar no primeiro dia de medição de verão da Sala J	104
Gráfico 101 - Velocidades do ar no segundo dia de medição de verão da Sala J.....	105
Gráfico 102 - Velocidades do ar no terceiro dia de medição de verão da Sala J	105
Gráfico 103 - Umidades relativas no primeiro dia de medição de verão da Sala J.....	106
Gráfico 104 - Umidades relativas no segundo dia de medição de verão da Sala J.....	106
Gráfico 105 - Umidades relativas no terceiro dia de medição de verão da Sala J.....	106
Gráfico 106 - Umidades absolutas nas medições de verão da Sala J.....	107
Gráfico 107 - Concentrações de dióxido de carbono no primeiro dia de medição de verão da Sala J.....	108
Gráfico 108 - Concentrações de dióxido de carbono no segundo dia de medição de verão da Sala J.....	108
Gráfico 109 - Concentrações de dióxido de carbono no terceiro dia de medição de verão da Sala J.....	108
Gráfico 110 - Concentrações de compostos orgânicos voláteis no primeiro dia de medição de verão da Sala J.....	109
Gráfico 111 - Concentrações de compostos orgânicos voláteis no segundo dia de medição de verão da Sala J.....	109

Gráfico 112 - Concentrações de compostos orgânicos voláteis no terceiro dia de medição de verão da Sala J.....	110
Gráfico 113 - Concentrações de particulados 2,5µm no primeiro dia de medição de verão da Sala J.....	110
Gráfico 114 - Concentrações de particulados 2,5µm no segundo dia de medição de verão da Sala J.....	111
Gráfico 115 - Concentrações de particulados 2,5µm no terceiro dia de medição de verão da Sala J.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Escala de Sensação Térmica da ASHRAE. ASHRAE 55 (2004)	20
Figura 2 - Relação entre PPD e PMV. ASHRAE, 2001	20
Figura 3 - Trato Respiratório. MECKLER, 1991 - Traduzido pelo autor	22
Figura 4 - Esquema representativo das etapas da pesquisa.....	26
Figura 5 - Planta do 2º Pavimento do HU com regiões delimitadas pelo autor	28
Figura 6 - Planta do Centro Cirúrgico com ambientes de medição destacados	29
Figura 7 - Centro Obstétrico com ambientes de medição destacados	30
Figura 8 - Esquema representativo do posicionamento dos ocupantes, equipamentos de medição, grelhas de insuflamento e retorno e fluxo de ar principal na Sala A.	45
Figura 9 - Esquema da Sala F do Centro Cirúrgico com pontos de medição e equipe cirúrgica básica destacados.	70
Figura 10 - Esquema representativo da Sala J do Centro Cirúrgico, destacando os pontos de medição e posicionamento da equipe básica de cirurgia.	90

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Efeitos reportados por pessoas expostas à diferentes concentrações de formaldeído. MECKLER, 1991 - Traduzido pelo autor	21
Tabela 2 - Relação de variáveis, pontos e equipamentos de medição.....	32
Tabela 3 - Equipamentos utilizados e seus off-sets de temperatura de bulbo seco	37
Tabela 4 - Agrupamento dos ocupantes da Sala A	46
Tabela 5 - Tabela 1 da ISO 7243/89 – Adaptada pelo Autor.	48
Tabela 6 - Reapresentação da tabela 4 - Agrupamentos dos ocupantes da Sala A	61
Tabela 7 - Agrupamento dos ocupantes da Sala F.	73
Tabela 8 - Agrupamento dos ocupantes da Sala J.....	92
Tabela 9 - Agrupamento dos ocupantes da Sala J do Centro Cirúrgico	103

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA:

Os hospitais são instituições de extrema importância para uma sociedade. Estes locais são fundamentais para a manutenção da saúde e preservação da vida das populações por eles atendidas. Assim, é essencial que estejam em condições adequadas para o pleno exercício de seu papel, das quais destacam-se Qualidade do Ar Interior e Conforto Térmico, objetos de estudo deste projeto.

A importância do controle do conforto térmico em hospitais é essencial não apenas para o bem-estar dos usuários, mas também para alguns procedimentos, como partos, cirurgias ou recuperação de um paciente.

Um hospital é um local onde há muitas pessoas em situações de baixa imunidade expostas a vários agentes infecciosos, fato que torna o risco de infecção nele muito alto. Portanto, é crucial se atentar à qualidade do ar interior, já que a atmosfera local é um dos principais veículos de transmissão de agentes infecciosos. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS – *WHO*) (2002), os principais fatores que influenciam no risco de infecções hospitalares em uma sala cirúrgica são: tipo da cirurgia, qualidade do ar insuflado, taxa de renovação de ar, número de ocupantes e fluxo de pessoas na sala cirúrgica e qualidade da limpeza. A manutenção da qualidade do ar em níveis adequados é essencial para a prevenção de infecções hospitalares (WAN et. al., 2011), e o sistema de ar condicionado de uma sala cirúrgica tem influência direta na quantidade de particulados, logo na qualidade do ar do local (PEREIRA, 2008). A OMS contabiliza que 2,7% dos casos de doenças no mundo tem a poluição de ambientes internos como fator de risco. (QUADROS et. al., 2009)

A utilização da climatização artificial de ambientes vem crescendo continua e intensamente nas últimas décadas e, por consequência, a atenção com os parâmetros de conforto térmico e qualidade do ar aumentou na mesma intensidade, principalmente em hospitais, onde podem contribuir na prevenção de infecções. Vários trabalhos brasileiros (SANTANA, 2003; TRIBESS et. al., 2010; FILHO et. al., 2000; AFONSO et. al., 2006; MOBIN, SALMITO, 2006; PEREIRA, 2008) reforçam a influência direta dos sistemas de climatização hospitalar na qualidade do ar e na incidência de infecções nosocomiais. Em 2005, NUNES, cita a necessidade de se criar uma legislação brasileira específica para sistemas de climatização hospitalar. No Brasil, os sistemas de ar condicionado em salas de cirurgia, em geral, são ineficientes na remoção de particulado (PEREIRA 2008; VON DOLINGER, 2008 **apud**. VILAIN,

2016), o que mostra claramente a necessidade de estudos sobre qualidade do ar em hospitais e centros de cirurgia.

O Hospital Universitário da Universidade de São Paulo (HU), hospital objeto desta pesquisa, iniciou suas atividades em 1968, com o propósito de ser um hospital escola que atende à comunidade USP e aos moradores das regiões próximas. Dá suporte direto às faculdades da área de saúde (Medicina, Enfermagem, Odontologia, Farmácia) e indireto a toda USP. O centro médico possui 258 leitos, centro cirúrgico com 10 salas, centro obstétrico com 4 salas, UTI adulto e pediátrica e um ambulatório com 57 consultórios, além de um corpo médico altamente capacitado e qualificado, o que o torna essencial para o atendimento das comunidades no seu entorno.

Na parte de climatização artificial, o hospital tem uma infraestrutura muito restrita. Grande parte dele não tem nenhum tipo de ar condicionado, sendo que onde há, à exceção dos Centros Cirúrgico e Obstétrico e da Radiologia, há apenas aparelhos de janela e *Splits*. Se pode observar em visitas do autor deste projeto ao hospital que todos os sistemas sofrem com falta de manutenção preventiva e, muitas vezes, falta de manutenção corretiva fato que leva a uma alta frequência de reclamações sobre o conforto térmico, feitas pelos médicos, enfermeiros e demais funcionários do hospital, que relataram a sensação de calor intenso durante grande parte do ano. Juntamente ao conforto térmico, mostrou-se outro problema, a qualidade do ar interior no HU, sendo que em um ambiente hospitalar este fator é de primeira importância.

Tendo em vista o cenário acima, desenvolveu-se uma pesquisa que visa avaliar a situação de selecionadas áreas do hospital, quanto à qualidade do ar interior e ao conforto térmico, de modo a evidenciar seus principais problemas e gargalos, destacar os pontos que não se adequam às normas vigentes e apresentar uma proposta de intervenção para melhoria dos pontos identificados.

Por se tratar de um projeto com potencial de abrangência muito maior do que as possibilidades de um trabalho de iniciação científica isolado, o mesmo foi ampliado por meio da criação de um grupo de pesquisas interligadas e decorrentes deste projeto que visa atender à grandiosidade exigida pelo tema.

Em outubro de 2015 definiu-se, então, que este projeto contemplaria a análise das regiões do segundo pavimento do HU climatizadas artificialmente, por ser este o pavimento com maior criticidade do hospital; adicionalmente, poderá haver também um projeto de um aluno de graduação da Faculdade de Medicina, para analisar os efeitos dos resultados encontrados por este projeto na saúde dos pacientes e demais

usuários do Hospital. Além desses, em março de 2016 definiu-se que outro trabalho, também sob a orientação da Prof. Dra. Brenda Chaves Coelho Leite, seria em decorrência desenvolvido, pelo também aluno de Engenharia Civil na Escola Politécnica da USP, Lucas Uchida; o projeto consiste na simulação computacional dos ambientes do ambulatório.

Nas atividades da pesquisa houve a participação e apoio das empresas Conforlab (empresa especializada em qualidade do ar interior) e Armec (empresa de projetos e instalação de sistemas de ar-condicionado), ambas afiliadas à ABRAVA/Qualindoor, as quais prestaram suporte técnico para as medições e elaboração de diagnósticos.

2. OBJETIVO:

2.1. Objetivo Geral:

O objetivo desta pesquisa é avaliar as condições de conforto térmico e de qualidade do ar interior de áreas artificialmente climatizadas no segundo pavimento do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo (HU-USP), verificando se elas atendem às normas atuais e, no caso de não atenderem, indicar possíveis intervenções visando à melhoria dessas condições.

2.2. Objetivos Específicos:

- Fazer um levantamento dos tipos de sistemas de ar condicionado existentes em todo o HU e das condições de funcionamento dos equipamentos para elaborar um diagnóstico da atual situação da infraestrutura de ar condicionado;
- Quantificar os níveis de satisfação dos usuários do hospital em relação à qualidade do ar interior e ao conforto térmico do segundo pavimento do HU por meio de questionários;
- Determinar as condições de conforto térmico de uma amostra representativa das dependências do segundo pavimento do HU, por meio de medições das variáveis de conforto térmico;
- Determinar as condições da qualidade do ar interior de uma amostra representativa das dependências deste pavimento do HU, por meio de medições de concentração de CO₂, Compostos Orgânicos Voláteis, particulados e agentes patológicos;
- Propor intervenções para melhoria das condições de qualidade do ar interior e conforto térmico dessas dependências do Hospital.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA:

Para se analisar as condições de Qualidade do Ar e Conforto Térmico em ambientes com climatização artificial em hospitais deve-se primeiro fazer uma fundamentação teórica sobre: Conforto Térmico; Qualidade do Ar; ambientes hospitalares e, por fim como esses aspectos se relacionam. Estes tópicos são abordados, respectivamente, a seguir.

3.1. Conforto Térmico:

“O conforto térmico é a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico” (ASHRAE 55, 2013.). As Normas atuais sobre conforto térmico foram baseadas na já mencionada pesquisa realizada pelo professor Fanger (1972), a qual elenca uma série de variáveis influentes, que podem ser divididas em duas categorias: (1) Variáveis pessoais, sendo elas o metabolismo e a resistência térmica da roupa; (2) Variáveis ambientais, que são a temperatura do ar ambiente, a temperatura radiante média, a pressão de vapor de água no local e a velocidade relativa do ar.

Para que haja a sensação de conforto térmico é preciso que o indivíduo analisado não sinta “frio” ou “calor”. Para adequado funcionamento dos órgãos vitais, a temperatura corporal deve ser mantida constante em aproximadamente 37°C. O controle dessa temperatura é feito pelo sistema nervoso central, que através de impulsos nervosos emitidos pelos receptores térmicos de temperatura, localizados em grandes extensões da pele e no próprio hipotálamo, induz ou inibe o processo metabólico, o qual, através de reações de oxidação, produz calor. As sensações de “frio” e “calor” são provenientes de intensas variações na temperatura apurada pelos receptores térmicos espalhados pelo corpo, -0,004°C/s e 0,001°C/s, respectivamente (OLESEN, 1982 **apud**. LEITE, 2003). Desta forma, para que se atinja o conforto térmico é necessário reduzir a intensidade das trocas de calor do corpo com o ambiente.

Além disso, para se atingir o conforto térmico deve-se considerar alguns quesitos classificados como especiais, dentre eles o desconforto local. “O desconforto local é definido como a insatisfação causada por aquecimento ou resfriamento indesejado em uma determinada parte do corpo, que pode ser causado por corrente de ar, diferença vertical de temperatura, piso quente ou frio ou assimetria da temperatura radiante” (ISO 7730, 2005).

Fanger (1972) descreveu um índice que prevê o voto da maioria dos ocupantes de um ambiente térmico, o PMV (*Predicted Mean Vote* – Previsão de Voto Médio). Para classificar a sensação de conforto térmico, a ASHRAE 55 (2013a) utiliza uma escala psicofísica de sete pontos (Figura 1). A partir do PMV, definiu-se o PPD (*Predicted percentage dissatisfied* – Previsão da Porcentagem de Insatisfeitos), que estima a porcentagem de ocupantes insatisfeitos com o conforto térmico em um ambiente. A relação entre o PPD e o PMV é descrita pelo gráfico a seguir (Figura 2).

Predicted Mean Vote (PMV)						
Muito Frio	Frio	Levemente Frio	Neutro	Levemente Quente	Quente	Muito Quente
-3	-2	-1	0	1	2	3

Figura 1 - Escala de Sensação Térmica da ASHRAE. ASHRAE 55 (2004)

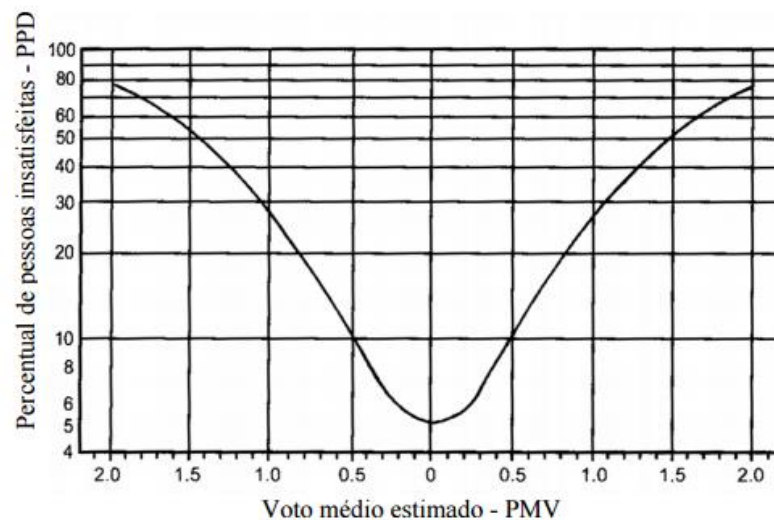


Figura 2 - Relação entre PPD e PMV. ASHRAE, 2001

3.2. Qualidade do Ar Interior:

A qualidade do ar interior avalia a situação de um ambiente quanto a presença de poluentes e contaminantes. Para o seu controle deve-se atentar principalmente para: a renovação de ar, os fluxos de ar, a fonte do ar externo, a utilização do ambiente e aos seus tipos de contaminantes. Alguns dos principais poluentes em ambientes internos são o formaldeído, os particulados, os produtos de combustão e os compostos orgânicos voláteis (COV), descritos adiante.

O Formaldeído é um composto químico orgânico da família dos aldeídos (HCHO) muito reativo e solúvel em água, de forma a causar irritação em partes úmidas do corpo (MECKLER, 1991). Uma de suas principais fontes é a UFFI (*urea-formaldehyde-foam-insulation* – espuma de isolamento de ureia-formaldeído), muito utilizada em divisórias móveis ou paredes de drywall. Vários estudos realizados para a Environmental Protection Agency (EPA – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EUA)) indicam que pode haver um aumento significativo no risco de câncer no trato respiratório em ambientes com alta concentração de formaldeído, que foi classificado pela EPA como “provavelmente cancerígeno”. Além disso, pode causar quebras de cadeias de DNA, mutações e alteração cromossômica. (MECKLER, 1991). A tabela 1, abaixo, mostra a manifestação de sintomas em pessoas expostas a faixas de concentração de HCHO.

*Tabela 1 - Efeitos reportados por pessoas expostas à diferentes concentrações de formaldeído.
MECKLER, 1991 - Traduzido pelo autor*

Efeito reportado	Nenhum	Odor pouco intenso	Irritação nos olhos	Irritação das vias aéreas superiores	Efeitos pulmona	Edema pulmona	Morte
Concentração (ppm)	0.0 - 0.05	0.05 - 1.00	0.01 - 2.00	0.1 - 25	5 – 30	50 - 100	>100

Os materiais particulados, se pequenos o suficiente, podem adentrar o sistema respiratório até alcançar os pulmões, podendo causar sérios danos à saúde. Este perigo depende do tamanho e da densidade da partícula, ou seja, o quanto ela penetra o sistema respiratório, e de sua capacidade cancerígena. Os principais particulados são vírus, bactérias, agentes alergênicos, fibras de vidro e lã de rocha (MECKLER, 1991), com destaque, no caso, aos três primeiros. A figura 3, na página seguinte, relaciona o tamanho da partícula e a profundidade de penetração no trato respiratório.

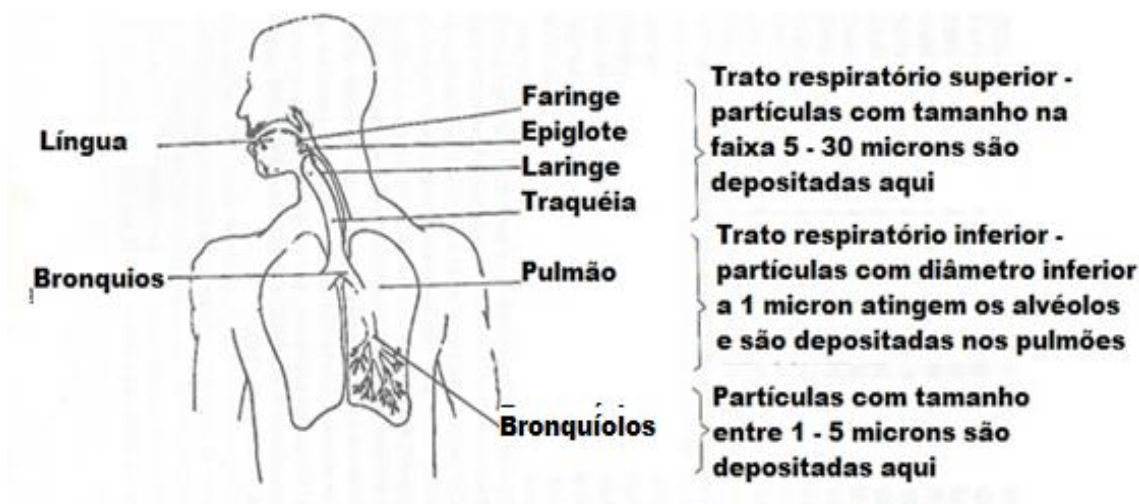


Figura 3 - Trato Respiratório. MECKLER, 1991 - Traduzido pelo autor

Os vírus, as bactérias e os agentes alergênicos podem ser transmitidos ao ocupante de um ambiente por três formas: via aérea, por um intermediário ou por transmissão direta, destacando-se, para o estudo da qualidade do ar interior, a primeira. Este tipo de transmissão depende, principalmente: da quantidade de infectados no ambiente; do tempo de exposição do usuário ao ambiente com o agente infeccioso; do tempo de resistência do agente infeccioso no ar; da taxa de umidade e a taxa de ventilação, e renovação de ar (MECKLER, 1991).

A combustão emite como produtos alguns gases, que em ambientes internos podem chegar a ter altas concentrações, sendo prejudiciais à saúde. Estes são o monóxido de carbono (CO), o dióxido de carbono (CO₂), o dióxido de nitrogênio (NO₂) e o dióxido de enxofre (SO₂). (TRAVAIL ET AFFAIRES SOCIALES, 1996)

O monóxido de carbono é produto da combustão incompleta de um combustível carbônico. O principal risco do CO é a sua reatividade com a hemoglobina (Hb) do sangue, formando COHb, reação que faz com que as moléculas de hemoglobina que se uniram ao CO não consigam carregar O₂, reduzindo a capacidade respiratória do indivíduo, afetando, principalmente, as partes do corpo com alta demanda por oxigênio, como o cérebro e o coração, dois órgãos vitais. A aspiração de ar rico em CO pode causar desde simples dores de cabeça até a morte. Segundo Meckler, (1991), a concentração de CO no sangue depende diretamente desta no ar inalado.

Embora o dióxido de carbono seja considerado um gás não tóxico, ele é muito interessante para a análise da qualidade do ar, já que a sua concentração serve de indicativo para a de outros gases no mesmo ambiente e para a suficiência da

ventilação e renovação de ar. São admitidos 1000ppm de CO₂ em um ambiente. (ANVISA, 2003).

Muito comum em cidades muito poluídas como São Paulo, o dióxido de enxofre é altamente solúvel em água, sendo facilmente absorvido em superfícies mucosas do corpo, tais quais a boca e o trato respiratório. O SO₂ dissolvido produz os ácidos sulfuroso e sulfúrico. Apenas uma taxa entre 1% e 5% do SO₂ inalado atinge as partes inferiores do trato respiratório, em pessoas saudáveis e em repouso. Porém, em casos de infecções respiratórias ou durante práticas de exercício físico, quantidades muito superiores podem alcançá-la. (MECKLER, 1991). O Instituto Nacional de Segurança Ocupacional e Saúde dos EUA (NIOSH – *National Institute of occupational safety and health*) recomenda concentração máxima de 0,5ppm de SO₂, embora o regulamentado seja 5ppm.

Por último, os COVs são substâncias que evaporam a temperatura ambiente e, em locais fechados, podem atingir altas concentrações. A exposição a alguns COVs comuns em ambientes internos pode aumentar o risco de câncer em até 3% (MECKLER, 1991).

3.3. Ambientes Hospitalares:

Os hospitais são edifícios complexos, que atendem a diversos pacientes e áreas da saúde. Uma das principais preocupações do setor atualmente são as infecções hospitalares. “A World Health Organization (2002) define infecção hospitalar como aquela adquirida, no hospital, pelo paciente que foi admitido por outro motivo que não a infecção. Incluem-se infecções que apareceram após a alta médica, e também infecções ocupacionais entre os profissionais da instituição” (SANTANA, 2013). As infecções hospitalares ocorrem ao redor de todo o mundo, sendo uma das principais causas de morte em pacientes hospitalizados, e atingem, em média mundial, 8,7% dos pacientes. No Brasil, esta taxa atinge a casa dos 9%, 0,3% superior à média mundial. (WHO 2002).

Os microrganismos, agentes patológicos, não se deslocam sozinhos pelo ar, são transportados através do material particulado, que circula na atmosfera local, ou sobre objetos da sala. São carregados por partículas em suspensão e podem se depositar sobre as feridas do paciente, instrumentos cirúrgicos, ou outras superfícies que podem entrar em contato com a abertura no paciente. Sua inalação também pode causar ou agravar doenças. (FELIX, 2008)

A poluição em um ambiente hospitalar é principalmente composta por poluentes de origem biológica, química e particulados. Os contaminantes biológicos podem ser bactérias, vírus e fungos. Dentre os químicos há CO₂, esterilizantes e gases anestésicos. Os contaminantes particulados são fios de cabelo, escamações da pele, entre outros. (SANTANA, 2013). Outro importante poluente é o látex proveniente das luvas.

3.4. Sistemas de Climatização em Ambientes Hospitalares:

De acordo com a ASHRAE (2011), o sistema de ar condicionado instalado em um edifício de saúde difere-se de um sistema comum por basicamente quatro fatores: necessidade de se restringir os fluxos de ar entre diferentes departamentos e internamente a eles; exigências específicas sobre filtragem e ventilação, para atenuar ou eliminar a presença de contaminantes; necessidade de diferentes temperaturas e taxas de umidade, dependendo da área analisada; necessidade de um controle mais refinado das condições ambientais.

A maior parte dos agentes patológicos presentes em um hospital é proveniente dele próprio, por meio de pacientes infectados. Assim, a renovação de ar, caso feita com os cuidados necessários, tende a reduzir a concentração destes agentes no ambiente. Para garantir a eficácia da renovação de ar, deve-se atentar para: fonte de ar externo e seu entorno, qualidade e manutenção do sistema de admissão de ar e exaustão do ar interno.

As movimentações de ar em um ambiente hospitalar podem levar agentes patológicos de uma área para outra, por isso merecem um cuidado especial. É difícil controlar o fluxo de ar entre ambientes do hospital devido, entre outros fatores, à movimentação intensa de pessoas e diferenças de temperatura. A movimentação de ar entre pavimentos se dá, principalmente, por torres de escada, poços de elevador e poços técnicos, muito comuns nestas edificações. Os sistemas de ventilação do hospital devem sempre manter o fluxo de ar dos ambientes mais limpos para os mais sujos. A ASHRAE (2011) define que em locais críticos deve-se utilizar sistemas de volume constante, garantindo a manutenção da pressão e circulação de ar adequada.

Embora seja de difícil controle, é possível atenuar a movimentação de ar pelo hospital criando pressões diferenciais e antecâmaras em ambientes de maior risco ou fluxo de ar mais intenso. Além disso, a ASHRAE (2011) também define a temperatura

e umidade relativa adequada para cada ambiente hospitalar, de acordo com o seu uso. Na maior parte dos ambientes discriminados por ela, a temperatura deve estar na faixa de 21°C a 24°C e a umidade relativa entre 30% e 60%. Porém, há fora desse grupo, ambientes importantes, como o centro cirúrgico, cuja faixa de temperatura adequada é de 20°C a 24°C.

A sala de cirurgia deve ter uma pressão diferencial positiva, para evitar a entrada de contaminantes no ambiente. Para ela, recomenda-se os filtros HEPA (*High efficiency Particulate Air*), os mais eficientes, coletando 99,97% das partículas de até 0,3µm (ABNT NBR 7256, 2005) e ULPA (*Ultra Low Penetration Air*), com até 99,999% de eficiência na coleta de partículas de até 0,12µm (BICALHO, 2010. **Apud.** SANTANA, 2013).

4. MATERIAIS E MÉTODOS:

A pesquisa foi desenvolvida em duas frentes simultâneas: medições em campo das variáveis de Qualidade do Ar e Conforto Térmico; aplicação de questionários aos usuários habituais dos sistemas analisados. O processo, cujas principais etapas estão descritas, condensadas nos principais tópicos, foi realizado segundo o esquema da Figura 4:

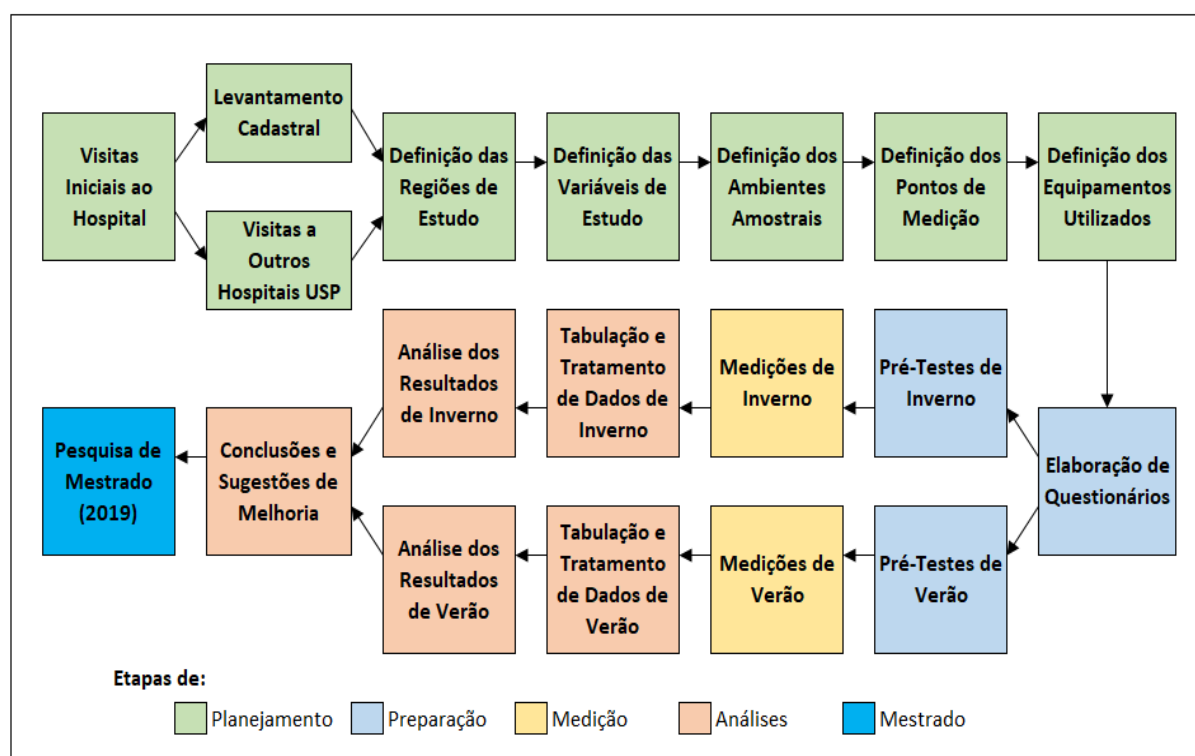


Figura 4 - Esquema representativo das etapas da pesquisa

4.1. Concepção da Pesquisa:

Uma vez idealizada a pesquisa, foi necessária a definição formal de seu escopo de trabalho. Com o objetivo de iniciar esta delimitação de escopo, foram realizadas visitas ao Hospital Universitário, de forma a conhecer melhor o objeto do estudo, identificando, de maneira preliminar, as percepções dos usuários em relação ao ambiente, os potenciais setores a serem pesquisados e os principais anseios do Hospital em relação à pesquisa.

Com o objetivo de contextualizar a situação do HU em relação a outros hospitais vinculados à USP, no que tange os sistemas de climatização, foram realizadas visitas ao Instituto Central do Hospital das Clínicas e ao Instituto do Câncer do Estado de São Paulo (ICESP). Tais institutos foram selecionados por serem,

respectivamente, o mais antigo e o mais moderno dentre os Hospitais vinculados à USP na cidade de São Paulo.

4.2. Planejamento da Pesquisa:

Uma vez que os projetos de arquitetura e sistemas de climatização fornecidos pelo HU encontravam desatualizados, para que se pudesse efetivamente delimitar o escopo da pesquisa em relação aos setores e ambientes a serem estudados, foi necessária a execução de um levantamento cadastral.

4.2.1. Levantamento Cadastral:

Foi feito pelo aluno um levantamento das alterações encontradas no prédio e a discriminação das divisões, de acordo com a sua utilização. Ainda neste levantamento foram identificados os sistemas de condicionamento de ar presentes em todo o HU, localizando-os e classificando-os.

O edifício que abriga o HU localiza-se na av. Lineu Prestes, 2565, dentro da Cidade Universitária da USP campus Butantã. O edifício possui seis pavimentos, sendo os dois inferiores retangulares e os quatro superiores em forma de “H”. A área construída de 36.000m². O segundo pavimento do HU, objeto de estudo deste projeto, é o maior da edificação e o mais interessante e importante para este projeto, já que nele estão localizados os maiores sistemas de ar condicionado, além das áreas mais críticas do hospital em relação à qualidade do ar, como os Centros Cirúrgico e Obstétrico, Laboratório de exames, Ambulatório e Pronto Socorro e Hospital Dia.

O Centro Cirúrgico, composto por 10 salas de cirurgia, não possui janelas, conta apenas com um sistema de ar condicionado central, de sistema de expansão indireta por água gelada. O Centro Obstétrico não possui janelas, mas, apenas um sistema de ar condicionado similar ao do Centro Cirúrgico, porém independente. A Radiologia possui o mais novo e grande sistema de ar condicionado do HU, o qual também é de expansão indireta por água gelada. O pavimento em questão ainda possui uma série de ambientes climatizados por *splits*. Dentre estes estão Hospital Dia, salas de exames, alguns laboratórios, biblioteca e salas de estudos.

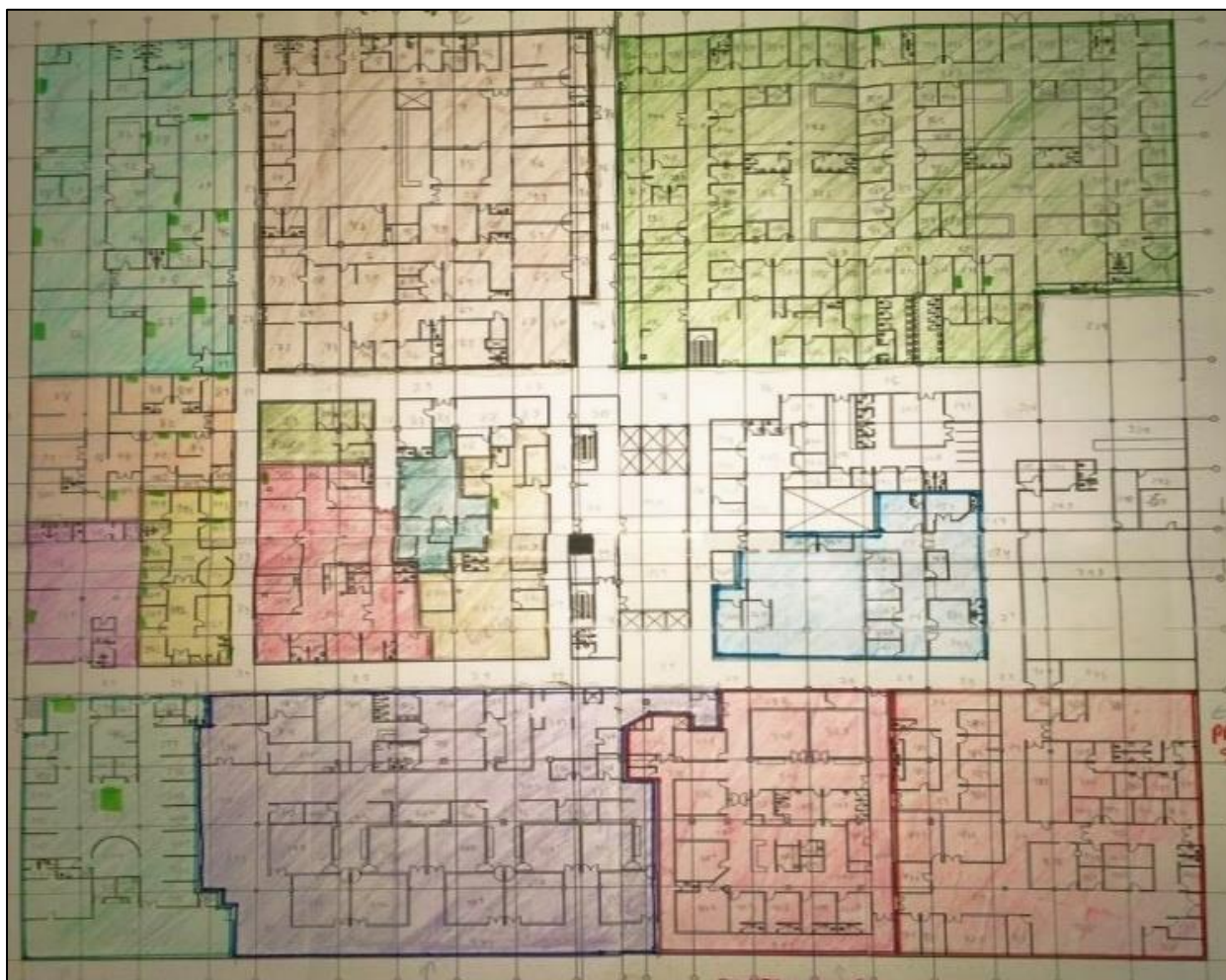


Figura 5 - Planta do 2º Pavimento do HU com regiões delimitadas pelo autor

4.2.2. Regiões e Ambientes de Medição:

A pesquisa se desenvolveu a partir do estudo de quatro setores do Hospital, todos localizados no segundo pavimento: (1) Centro Cirúrgico; (2) Centro Obstétrico; (3) Radiologia; (4) Hospital Dia.

O Centro Cirúrgico foi o principal setor de estudo da pesquisa, uma vez que, além de ser atendido pelo principal sistema de climatização existente no HU, nele são conduzidos procedimentos invasivos, os quais representam maior risco de infecção, de forma que o Centro Cirúrgico se torna extremamente crítico em relação à qualidade do ar interior. O setor é composto por dez salas de cirurgia, sendo duas modernizadas (salas I e J). Das oito não modernizadas quatro possuem um tipo de *layout* (salas A, D, E e H) enquanto as outras quatro possuem um segundo tipo de *layout* (salas B, C, F e G). Foram estudadas três salas do Centro Cirúrgico, sendo uma de cada um dos tipos discriminados. Dentro de

cada grupo, priorizou-se as salas com a maior frequência de utilização. Foram, desta forma, selecionadas para análise as salas A, F e J.

Ainda no Centro Cirúrgico há três corredores, o “Corredor Limpo”, pelo qual circulam as equipes cirúrgicas e os equipamentos esterilizados; o “Corredor Sujo”, ao longo do qual são transportados os pacientes e os resíduos das cirurgias e uma interligação entre eles. Foram selecionados para medição os corredores Limpo e Sujo. Além disso há cinco *halls* de acesso às salas, três do lado “Limpo” e os outros dois do lado “Sujo”. O *hall* de acesso às salas E, F, G e H, do lado “Limpo” foi também estudado, sendo ele o mais movimentado dos cinco existentes. Os ambientes estudados estão destacados na figura 6, abaixo.

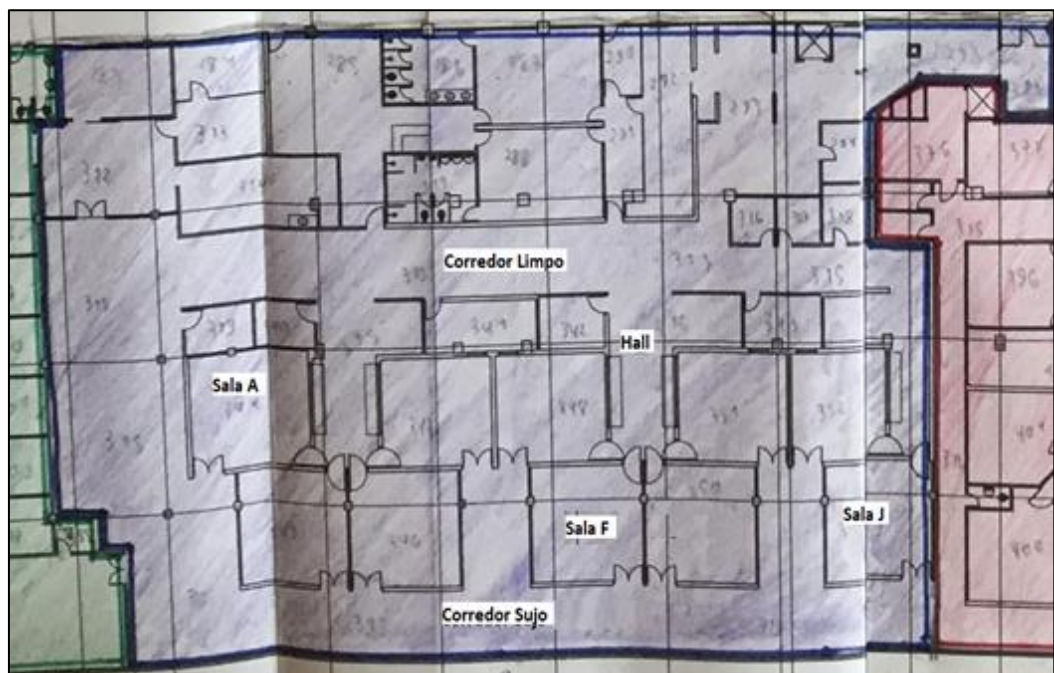


Figura 6 - Planta do Centro Cirúrgico com ambientes de medição destacados

O segundo setor estudado foi o Centro Obstétrico. Assim como o Centro Cirúrgico, ele é atendido por um dos principais sistemas de climatização do Hospital e possui alta criticidade em relação à qualidade do ar interior devido aos procedimentos invasivos que ali são realizados. O Centro Obstétrico possui quatro salas de parto, sendo duas para parto normal (salas 1 e 2) e duas para cesárias (salas 3 e 4). As salas de parto normal são menores e são atendidas conjuntamente por um *fan-coil* enquanto as de cesárias são mais espaçosas e são atendidas, conjuntamente, por um outro *fan-coil*. Foram selecionadas para

medição uma sala de cada um dos tipos de procedimentos, priorizando a com maior frequência de utilização, sendo elas as salas 1 e 3, destacadas na figura 7, abaixo.

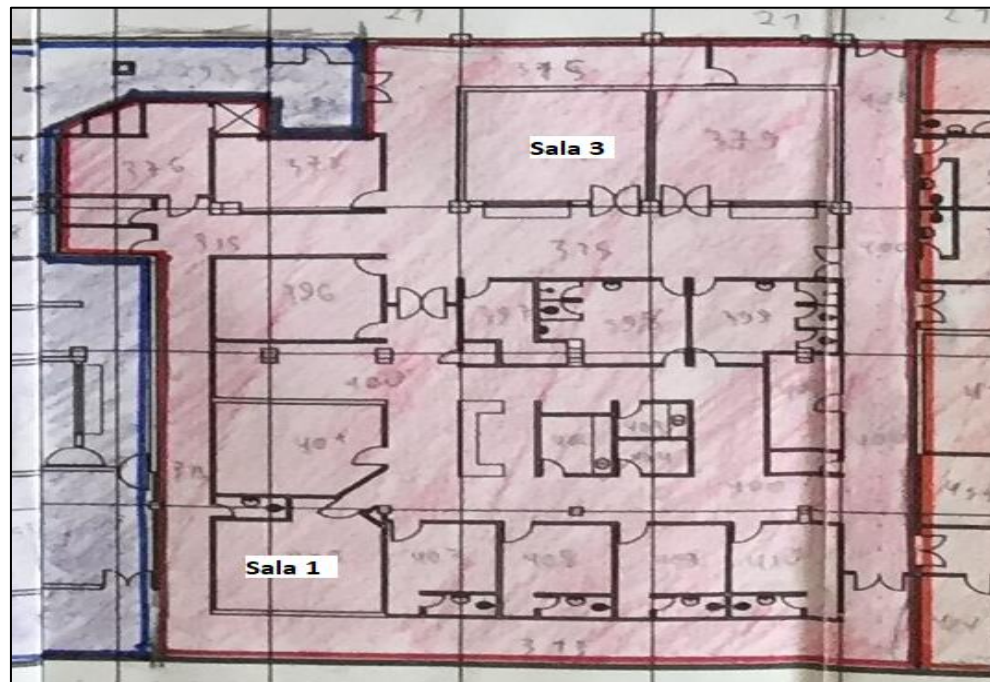


Figura 7 - Centro Obstétrico com ambientes de medição destacados

A Radiologia, diferentemente dos outros setores estudados possui maior criticidade em relação às condições térmicas em razão dos equipamentos de exames ali instalados. O setor é atendido pelo mais novo sistema de climatização do HU, sendo inclusive, o único setor sem restrição de acesso climatizado artificialmente. Inicialmente almejava-se analisar uma sala de exames e uma sala de espera, mas o fato de os equipamentos de exames serem emissores de radiação, criaria a necessidade de aprovações especiais para autorização da Pesquisa, de modo que optou-se por realizar medições em duas salas de espera.

Por fim, o Hospital Dia foi selecionado para medição pelo fato de estar fisicamente conectado ao Centro Cirúrgico, apesar de não possuir restrição de vestimenta e acesso como o Centro Cirúrgico. O setor é composto por um grande ambiente central que dá acesso a diversas baias de pacientes. O ambiente central é climatizado artificialmente por um equipamento do tipo cassete e outro do tipo *split*.

Adicionalmente, como parte da pesquisa anteriormente mencionada de Lucas Uchida, foram conduzidas medições no ambulatório, sendo considerados dois consultórios, dado o seu tipo de ventilação.

4.2.3. Pontos de Medição:

Foram conduzidas medições em três pontos internos ao ambiente estudado e em ponto externo ao edifício. O ponto externo foi posicionado em local próximo à captação de ar externo dos sistemas de climatização que atendem o Centro Cirúrgico e Centro Obstétrico de modo a ser possível caracterizar as condições com que o ar é admitido no sistema.

Em relação aos pontos internos, tem-se o ponto denominado “Insuflamento”, o qual busca caracterizar as condições do ar insuflado no ambiente nos momentos em que os sistemas de ventilação e climatização permanece ligado. Em grande parte dos ambientes este ponto se localiza a aproximadamente 2,5m do piso. O segundo ponto interno, doravante denominado “Ambiente”, busca caracterizar as condições percebidas pelos ocupantes do ambiente, sendo posicionado a 1,1m do piso, conforme dispõe a NBR 16.401 (2008). Já o terceiro ponto interno, denominado “Retorno” busca caracterizar o ar retirado da sala pelo sistema de ventilação. Na maior parte dos ambientes este ponto está localizado próximo ao piso.

O posicionamento destes pontos dentro de cada um dos ambientes foi definido durante a fase de pré-testes, de modo a conciliar as restrições da operação do Hospital à representatividade da medição.

4.2.4. Variáveis Ambientais e Equipamentos de Medição:

No ponto “Ambiente” foram utilizados dois equipamentos de medição, o Testo 450, o qual possui sensores de temperatura de bulbo seco, temperatura de globo, umidade, velocidade do ar e concentração de CO₂, a depender do probe a ele conectado e um contador de partículas, o qual conta o material particulado contemplando um intervalo de diâmetros compreendido entre 0.3µm e 10µm.

Já nos pontos de insuflamento, retorno e externo foram utilizados equipamentos dotados de sensores de temperatura de bulbo seco, umidade, luminosidade e concentrações de CO₂, CO, compostos orgânicos voláteis e particulados 2,5µm.

Adicionalmente foram conduzidas medições pontuais de outras variáveis. Nos pontos “Ambiente” e externo foram feitas coletas de material microbiológico, a qual foi executada conjuntamente com a empresa Conforlab. Nos pontos de insuflamento e retorno foram coletados os perfis de velocidades nas grelhas de modo a ser possível compor as vazões de insuflamento e retorno. Na tabela 2, abaixo, está apresentada a relação das variáveis medidas com os pontos de medição.

Tabela 2 - Relação de variáveis, pontos e equipamentos de medição.

Locais, Pontos e Variáveis de Medição				
Ponto de Medição	Variáveis de Medição Contínua (Intervalo=15s)	Variáveis de Medição Pontual	Altura	Centro Cirúrgico, Centro Obstétrico, Radiologia, Hospital Dia, Ambulatório
Insuflamento	VOC, Temperatura, Umidade Relativa, CO, CO ₂ , Particulados, Luminosidade	Vazão, Velocidade do ar	2,5m	Centro Cirúrgico, Centro Obstétrico, Radiologia, Hospital Dia, Ambulatório
Ambiente	Temperatura, Temperatura de Globo, Umidade Relativa, CO ₂ , Velocidade do ar, Particulados	Coletas Microbiológicas	1,1m	Centro Cirúrgico, Centro Obstétrico, Radiologia, Hospital Dia, Ambulatório
Retorno	VOC, Temperatura, Umidade Relativa, CO, Particulados, Luminosidade	Vazão, Velocidade do ar	0,5m	Centro Cirúrgico, Centro Obstétrico, Radiologia, Hospital Dia, Ambulatório
Externo	VOC, Temperatura, Umidade Relativa, CO, CO ₂ , Particulados, Luminosidade	Coletas Microbiológicas	1,8m	Exterior do Edifício
Locais medidos: Centro Cirúrgico (24 dias), Centro Obstétrico (4 dias), Radiologia (4 dias), Ambulatório (4 dias), Hospital Dia (2 dias)				

4.2.5. Variáveis Pessoais e Questionários:

Além das variáveis ambientais, foram coletados dados acerca de variáveis pessoais, essenciais para a análise do conforto térmico. Os dados relativos a estas variáveis foram coletados a partir da aplicação de questionários ao corpo de colaboradores do HU, complementados com informações coletadas em campo. As variáveis pessoais coletadas contemplam classe de taxa metabólica e isolamento térmico das vestimentas.

Além das variáveis pessoais, os questionários objetivaram identificar a percepção e satisfação dos ocupantes em relação às condições analisadas do

ambiente. Neste sentido foi perguntado sobre desconforto por movimentação de ar, desconfortos locais, ressecamento de mucosas e percepção de odores, por exemplo. Outras informações relevantes para as análises foram observadas em campo, dentre as quais destacam-se o porte dos procedimentos, taxa de ocupação do ambiente e fluxo de pessoas.

4.2.6. Comitê de Ética e Plataforma Brasil:

Para que a pesquisa pudesse efetivamente ser realizada no HU, se fez necessário aprovar a pesquisa na Comissão de Ética em Pesquisa do Hospital e na Plataforma Brasil, vinculada ao Ministério da Saúde. Para a aprovação da Pesquisa se fez necessária a obtenção de uma aprovação prévia de cada departamento do HU afetado pela pesquisa, que consistiam em Centro Cirúrgico, Centro Obstétrico, Radiologia, Hospital Dia, Ambulatório, Departamento de Manutenção, Departamento de Enfermagem e Departamento Médico, para que o responsável por cada departamento pudesse fazer as restrições cabíveis para que não fosse prejudicado o seu normal funcionamento em razão da Pesquisa.

De posse destas autorizações prévias, o projeto pode ser registrado na Plataforma Brasil para poder ser aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa do Hospital e, em seguida, pela Superintendência. Na terceira semana de julho de 2016 o projeto recebeu a autorização do Hospital para o início das atividades. O projeto está registrado na Plataforma Brasil sob o número de registro CAAE 57808516.0.0000.0076.

4.3. Preparação das Medições:

Com os objetivos de definir a localização dos pontos de medição nos ambientes, antecipar possíveis problemas de medição, compatibilizar a rotina do Hospital com o desenvolvimento do projeto e familiarização com os equipamentos a serem utilizados, foram conduzidas etapas preparatórias das medições, os pré-testes. Como o projeto se desenvolveu com medições *in loco* com o hospital em operação regular, as atividades da pesquisa não poderiam perturbar homeostase do HU, a condução destas medições prévias se tornou ainda mais importante.

4.3.1. Pré-Testes:

Foram conduzidos pré-testes anteriormente aos dois períodos de medição no Hospital, inverno e verão. Foi dedicado aos pré-testes de inverno um período mais longo do que no verão, por se tratar das primeiras medições. Foram simulados três dias de medição na Sala A do Centro Cirúrgico, contemplando a montagem e desmontagem dos equipamentos, um dos pontos críticos das medições, e outros três dias de medição na sala de cirurgia F. Foram selecionadas estas duas salas para os pré-testes por serem, respectivamente, a utilizada para as cirurgias de maior porte e a mais utilizada do Centro Cirúrgico. Apesar de não terem sido conduzidas medições completas de pré-testes nos outros ambientes, nesta etapa foram caracterizados fluxos de ar, com o auxílio de anemômetros, e acordado com o Hospital as localizações dos pontos de medição. Já nos pré-testes de verão, simulou-se apenas três dias de medição na Sala A, também contemplando a montagem e desmontagem dos equipamentos.

4.3.2. Questionários:

Os questionários foram confeccionados e testados neste período. As questões foram elaboradas de forma a propiciarem um fácil preenchimento, uma vez que os ocupantes iriam responder aos questionários desassistidos, buscando quantificar a sua satisfação com as condições de conforto térmico e de qualidade do ar do ambiente, bem como coletar os dados relativos às variáveis pessoais. O questionário aplicado está apresentado integralmente no apêndice IX.

4.4. Execução das Medições:

As medições foram realizadas em duas estações do ano, inverno e verão, nesta ordem. Os procedimentos de medições seguiram o que determina a ISO7726 (1998) no que diz respeito aos pontos, modo e períodos de medição, bem como às características dos instrumentos. Foram realizados também, pré-testes para calibrar os procedimentos e reduzir erros futuros. Os ambientes representativos e pontos onde foram realizadas as medições foram determinados em acordo com a administração do Hospital, de modo que a realização destas não atrapalhasse o

regular funcionamento do HU. Para as medições de algumas das variáveis, a pesquisa contou com o apoio das empresas Conforlab e Armec e da ABRAVA/Qualindoor.

4.4.1. Medições de Inverno:

As medições de inverno ocorreram entre o final de julho e o início de setembro de 2016, sempre em dias úteis, uma vez que em finais de semana e feriado não há operação regular do Hospital, apenas atendimento à emergências. As variáveis medidas podem ser divididas em dois grupos, sendo o primeiro composto por aquelas de medição pontual, executadas entre uma e quatro vezes ao dia, e as variáveis de medição “contínua”, medidas com uma frequência de 240 vezes por hora, ou seja, uma medida a cada 15 segundos.

As variáveis de temperatura de bulbo seco, temperatura de globo, umidade, concentrações de monóxido e dióxido de carbono, de compostos orgânicos voláteis e de particulado 2.5µm, em todos os pontos de medição, foram medidas pelo aluno, enquanto as coletas de material microbiológico, determinação dos perfis de velocidade de insuflamento e retorno e concentração de particulados de diversos diâmetros foram realizadas com o apoio das empresas parceiras. Desta forma, para esta Iniciação Científica e Trabalho de Conclusão de Curso, foram apenas consideradas as variáveis medidas sem a contribuição das empresas.

4.4.2. Medições de Verão:

As medições de verão ocorreram entre o final do verão e o início do outono de 2017, sempre em dias úteis, uma vez que em finais de semana e feriado não há operação regular do Hospital, apenas atendimento à emergências. Da mesma forma que no inverno, as variáveis medidas no verão podem ser agrupadas entre variáveis de medição pontual e de medição frequente, com as mesmas periodicidades observadas nas medições de inverno.

As variáveis de temperatura de bulbo seco, temperatura de globo, umidade, velocidade do ar concentrações de dióxido de carbono, de compostos orgânicos voláteis e de particulado 2.5µm, em todos os pontos de medição, foram medidas pelo aluno, enquanto as coletas de material microbiológico, determinação dos

perfis de velocidade de insuflamento e retorno e concentração de particulados de diversos diâmetros foram realizadas com o apoio das empresas parceiras. Desta forma, para esta Iniciação Científica e Trabalho de Conclusão de Curso, também para os resultados de verão, foram apenas consideradas as variáveis medidas sem a contribuição das empresas.

4.5. Tabulação e Tratamento dos Dados:

Tendo sido coletados aproximadamente cinquenta milhões de dados, a tabulação e o tratamento desta base de dados se tornou uma etapa de extrema importância, bem como a de maior duração no projeto. O fato de as medições terem sido conduzidas *in loco*, com o Hospital em normal funcionamento, faz com que o controle sobre as condições da medição sejam reduzidos. Desta forma, tem-se mais espaço para distorções nos dados coletados, de modo que o tratamento destes dados se torne ainda mais relevante.

4.5.1. Tabulação dos Dados:

A tabulação dos dados coletados pelos diferentes equipamentos de medição foram tabulados de acordo com um mesmo padrão, de modo a permitir a compatibilização temporal das medições, bem como facilitar a aplicação de tratamentos aos dados. Foram gerados gráficos e tabelas que permitissem não apenas a condução das análises dos resultados finais, mas também que auxiliassem no próprio processo de tratamento dos dados. Os gráficos finais estão apresentados nos Apêndices I a VIII, a depender do ambiente e estação da medição de que é proveniente.

4.5.2. Teste Comparativo Entre os Equipamentos:

Como as medições foram conduzidas com o auxílio de diferentes equipamentos medindo uma mesma variável em diferentes pontos do ambiente, ou externo, para se poder analisar os resultados obtidos se fez necessária a realização de testes comparativos entre os equipamentos utilizados e um de referência, de forma a se obter a relação entre os equipamentos. Os testes foram conduzidos em recipiente isolado, em três condições distintas.

Tomando como exemplo os testes para a temperatura de bulbo seco, os oito sensores utilizados durante a pesquisa foram posicionados em recipiente isolado

termicamente em conjunto com um termômetro de mercúrio calibrado. Foram feitas medições para três faixas de temperatura, cada uma com quatro amostras, temporalmente espaçadas em cinco minutos. Os *off-sets* encontrados estão apresentado na tabela 3, abaixo.

Tabela 3 - Equipamentos utilizados e seus off-sets de temperatura de bulbo seco

Equipamento	Variáveis Medidas	Períodos de Utilização	Variáveis - Off-Set
			Temperatura [°C]
C_1	VOC, RH, Temp, CO, PM2.5	Inverno	3,8
C_2	VOC, RH, Temp, CO, PM2.5	Inverno	4,2
C_EXT	VOC, RH, Temp, CO, PM2.5, CO2	Inverno e Verão	-
C_INS	VOC, RH, Temp, CO, PM2.5, CO2	Verão	-
C_RET	VOC, RH, Temp, CO, PM2.5	Verão	-
C_CO2	CO2	Verão	-
Testo_V	RH, Temp, Veloc, Temp G	Verão	0,4
Testo_CO2	RH, Temp, CO2, Temp G	Inverno	-
Termômetro de Mercúrio	Temp	Calibração	-

4.5.3. Tratamento dos Dados das Medições:

O tratamento dos dados coletados foi subdividido em três fases, de forma a, conjuntamente, desconsiderar e amenizar distorções nas medições ocasionadas em campo. A primeira fase do tratamento dos dados consistiu na análise dos dados suspeitos, avaliando sua integridade e seus efeitos na amostra coletada. Em sequência os dados foram submetidos à tratamentos para reduzir o efeito das instabilidades de medição, objetivando a obtenção de curvas que permitam a observação mais clara das condições vigentes nos ambientes. A terceira fase consistiu no agrupamento dos dados de acordo com as condições de ocupação do ambiente analisado. Os procedimentos de cada uma das fases do tratamento dos dados são detalhados a seguir.

Para a identificação dos dados suspeitos dentro do conjunto de dados coletados foram analisados três indicadores. Primeiramente foi aplicado o critério de Chauvenet. O critério se baseia na probabilidade de ocorrência de um determinado valor, dada a sua distância, medida em desvios-padrão, da média amostra. O critério presume que os dados obedeçam a uma distribuição normal. O segundo indicador analisado tem base no princípio da utilização dos *boxplots*

na avaliação de dados suspeitos, o qual consiste na análise da distância do dado ao quartil mais próximo, medida em múltiplos da distância entre o primeiro e o terceiro quartil da amostra. Este critério não presume que os dados obedeçam a uma distribuição normal, mas pode perder acurácia em distribuições assimétricas ou multimodais. Estes dois critérios foram aplicados para a série completa e para janelas móveis de 36 dados, correspondente a 9 minutos.

Além dos indicadores puramente estatísticos, foi feita uma análise comparativa da distância entre cada um dos dados e a medida anterior e posterior, com o nível de precisão do equipamento. Uma vez que o intervalo de 15 segundos entre dois dados consecutivos é muito pequeno para a ocorrência de uma mudança muito significativa nas condições do ambiente, o ponto que difere do ponto imediatamente anterior e do imediatamente posterior além do erro esperado para o equipamento, no mesmo sentido, foi considerado suspeito.

Para amenizar os efeitos de instabilidades de medição, foram aplicadas médias móveis sucessivas ao conjunto de dados. Primeiramente foi aplicada uma média móvel de 25 dados, contemplando dados dos três minutos anteriores e dos três minutos posteriores ao ponto. Ao novo conjunto de dados foi aplicada nova média móvel, agora de 41 dados, contemplando os dez minutos anteriores e os dez minutos posteriores. Ao terceiro conjunto de dados foi aplicada novamente média móvel de 41 dados. A cada passagem foi verificada a correlação entre a amostra inicial e a tratada, as distorções ocasionadas nos pontos de mínimo, máximo, na média, na mediana, no primeiro quartil, no terceiro quartil e no desvio padrão.

Posteriormente os dados foram categorizados de acordo com as características de ocupação do ambiente, sendo destacados os momentos em que o ambiente esteve ocupado ou desocupado, e distinguidos os períodos em que o ar condicionado esteve ligado ou desligado.

4.6. Análises de Resultados:

A análise dos resultados das medições foi conduzida buscando identificar se as condições de qualidade do ar interior e de conforto térmico dos ambientes estudados atendem aos requisitos normativos e, ao mesmo tempo, se mantêm nos ocupantes a sensação de conforto.

4.6.1. Normas de Referência:

Uma vez que alguns dos parâmetros analisados não são contemplados pela Norma específica para o tipo de ambiente assistencial à saúde, a NBR7256-2005, foram consideradas como referência, adicionalmente, a NBR 16.401-2008, a qual versa sobre os sistemas de climatização em geral e o Standard 170-2008 da ASHRAE que versa especificamente sobre ambientes hospitalares. Foram também consideradas regulamentações e portarias do Ministério da Saúde e da ANVISA que regulamentam aspectos específicos.

4.6.2. Intervalos de Referência:

As análises foram conduzidas considerando o conforto térmico e a qualidade do ar interior. Para que pudessem ser avaliados os resultados obtidos, fez-se, primeiramente uma revisão sobre as Normas Técnicas que versam sobre o assunto.

Conforto Térmico:

Os fatores que afetam o conforto térmico dividem-se em dois grupos, ambientais e pessoais. Os parâmetros ambientais consistem em Temperatura Operativa, Umidade Relativa e Velocidade do Ar, já os pessoais são compostos por tipo de roupa utilizada pelos ocupantes, determinante para a resistência térmica média à troca de calor do corpo com o ambiente, expressa em “clo”, e pelo nível de atividade física, sendo que esta possibilita a determinação da taxa metabólica, expressa em “met” (NBR16401-2/2008).

Os intervalos de referência para os parâmetros de conforto térmico em salas de cirurgia podem variar entre as diferentes Normas Técnicas aplicáveis, dadas as especificidades do ambiente analisado. Foram, então, estabelecidos para esta pesquisa intervalos de referência de forma a privilegiar as Normas Técnicas que versam especificamente sobre este tipo de ambiente (hospitalar), dada a sua criticidade.

Temperatura do Ar:

Embora a NBR16.401/2008 defina parâmetros para a temperatura operativa, as análises aqui conduzidas levaram em conta a temperatura do ar, isso porque os ambientes analisados não possuem expressiva exposição à radiação uma vez que são ambientes internos, localizados no centro do pavimento, estando

inclusive, em pavimento subsolo, de forma que espera-se que a temperatura radiante média seja próxima à temperatura do ar. A temperatura operativa, para velocidades do ar inferiores a 0,2m/s ou diferenças entre as temperaturas radiante média e de bulbo seco inferiores a 4°C, pode ser obtida pela média aritmética entre as temperaturas acima mencionadas. Considerando ainda que as diferenças entre as temperaturas radiante média e de bulbo seco, pelos dados coletados, limitam-se a aproximadamente 1,5°C, a média entre elas apresenta distorções em relação à temperatura de bulbo seco limitadas a 0,75°C, que, dada a precisão dos equipamentos de medição utilizados, não é considerada significativa. Portanto admitiu-se a utilização da temperatura de bulbo seco nas análises de conforto térmico, em detrimento da temperatura operativa.

O intervalo de referência para a temperatura varia de acordo com a Norma Técnica consultada. De acordo com a NBR16401-2, a faixa de temperatura que atende aos requisitos de conforto térmico varia de acordo com a vestimenta e a umidade relativa. Como no Centro Cirúrgico há código de vestimenta restritivo, a resistência térmica média observada é muito próxima à da roupa típica de verão (0,5clo). Desta forma, zona de conforto térmico é estabelecida entre 22,5°C e 25,5°C, para umidade relativa de 65%, e entre 23°C e 26°C, para umidade relativa de 35%.

Já tomando como base a NBR7256, específica para ambientes assistenciais à saúde, as salas cirúrgicas devem atender ao intervalo compreendido entre 18°C e 22°C. Segundo, porém, a ASHRE, Standard 170 addendum d, (2008), o intervalo de temperatura exigido para centros cirúrgicos é de 20°C a 24°C.

Considerando que as duas últimas Normas Técnicas, NBR7256 e ASHRAE170, 2008, apresentam intervalo específico para o ambiente de salas de cirurgia, elas foram preferenciais na determinação de um intervalo de referência para estas análises. Sendo assim, o intervalo adotado é aquele resultante da união entre estas duas Normas Técnicas, 18°C a 24°C (Gráfico 1).

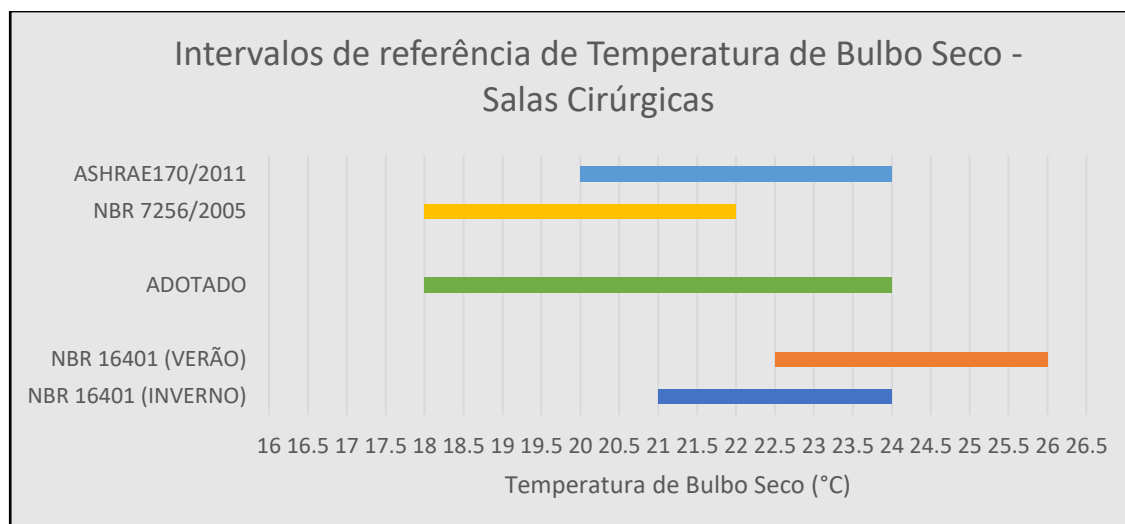


Gráfico 1 - Intervalos de Referência de Temperatura de Bulbo Seco

Umidades Relativa e Absoluta:

Da mesma forma que para a temperatura, as diferentes Normas Técnicas publicadas apresentam distintos intervalos de referência para a umidade relativa. A NBR16401-2 define que, para as condições de inverno, a faixa de umidade relativa adequada seria entre 30% e 60%, intervalo também adotado pela ASHRAE170. Já para a situação de verão, a NBR16401-2 define como referência o intervalo compreendido entre 35% e 65%. A NBR7256/2005, específica para estabelecimentos assistenciais à saúde, determina como adequado para as salas de cirurgia um intervalo mais restritivo, de 45% a 55%. Por esta última ser direcionada especificamente para salas cirúrgicas, o intervalo por ela apontado foi adotado como referência para estas análises, conforme gráfico abaixo (Gráfico 2). Vale ressaltar que a umidade relativa será analisada conjuntamente com a umidade absoluta, de forma que, para a cidade de São Paulo, dados os intervalos de temperatura de bulbo seco e de umidade relativa como os acima referenciados, a faixa de umidade absoluta considerada adequada para as salas de cirurgia é compreendida por 6,5g/kg_{Arseco} e 11,5g/kg_{Arseco}.

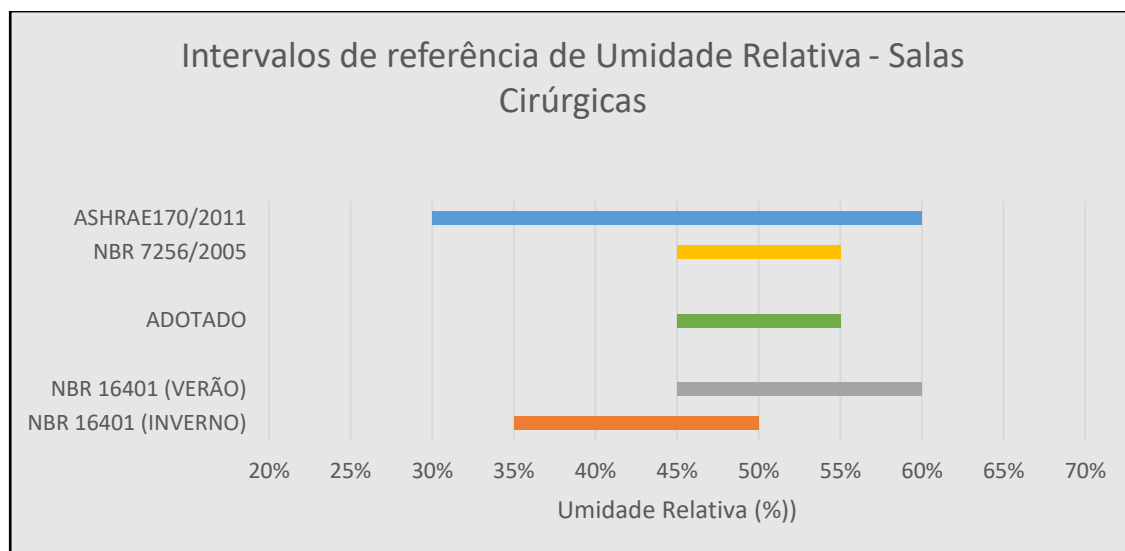


Gráfico 2 - Intervalos de Referência de Umidade Relativa

Velocidade do Ar:

A velocidade do ar, diferentemente da temperatura e umidade relativa, não é especificada pela NBR7256/2005; desta forma, foi adotado como referência o intervalo previsto na NBR16401-2/2008. Sendo assim, a velocidade do ar fica limitada a 0,15m/s, à exceção de situações em que elevadas velocidades do ar são compensatórias de temperaturas mais quentes, desde que esta não exceda em 3K o limite e estabelecido para a temperatura e aquela se mantenha abaixo de 0,8m/s. A referida Norma faz, ainda, a consideração de que é recomendável que, no caso desta elevação da velocidade do ar, ela possa ser controlada pelos ocupantes afetados.

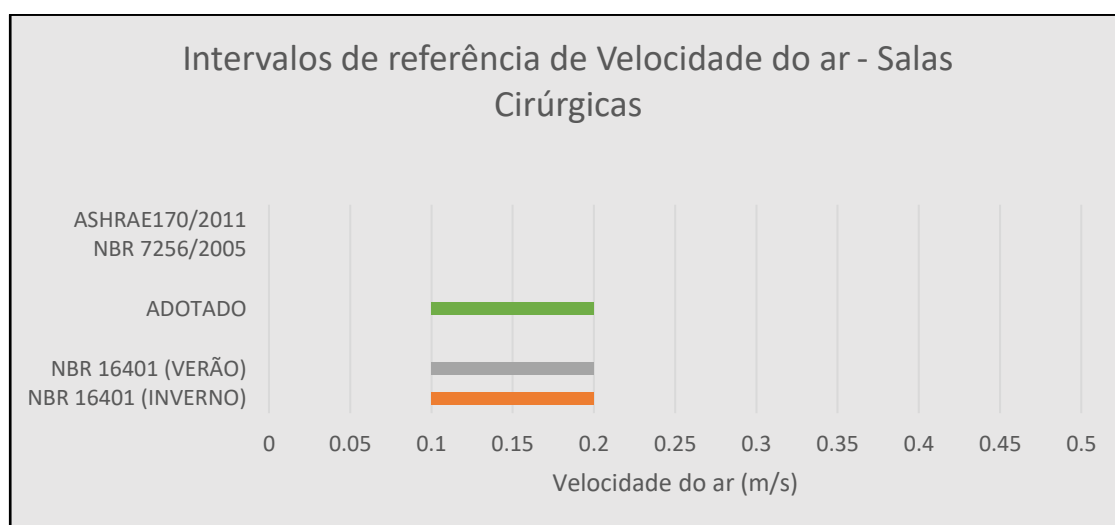


Gráfico 3 - Intervalo de Referência de Velocidade do Ar

Qualidade do Ar Interior:

Para a análise da qualidade do ar foram medidas as concentrações de dióxido de carbono, monóxido de carbono, compostos orgânicos voláteis e particulados de diferentes granulometrias, as vazões de ar insuflado e, por fim, coletadas amostras para análise microbiológica.

Em relação ao dióxido de carbono, segundo a NBR16401-3/2008, a concentração máxima de CO₂ em um ambiente interno não pode ser definida senão relativizada às concentrações encontradas no ambiente externo da edificação. A restrição estabelecida por esta Norma Técnica é a de que a concentração de CO₂ no ambiente interno não deve ultrapassar a observada no ambiente externo em mais de 700ppm. Esta relativização da concentração admissível de dióxido de carbono decorre do fato de que o CO₂ apresenta-se como nocivo aos ocupantes apenas em concentrações extremamente elevadas, mas concentrações muito acima da de um ambiente totalmente ventilado, o externo, indicam que a renovação de ar está insuficiente, motivo pelo qual se poderia assumir que outros parâmetros diretamente relacionados à poluição produzida pelos ocupantes também apresentariam comportamento similar.

A Resolução nº9, de 2003 da ANVISA, por sua vez, define como limitante para o CO₂ a concentração de 1000ppm. A NBR 7256/2005 não dispõe sobre as concentrações admissíveis de CO₂, fazendo referência diretamente às vazões a serem insufladas. Desta forma a concentração de dióxido de carbono será referenciada conforme dispõe a NBR16401-3/2008.

Em relação ao particulado, a NBR16401-3/2008 dispõe apenas sobre a granulometria de 10microns, limitado a 50µg/m³.

5. RESULTADOS:

Conforme já explicitado, este trabalho de Pré-Mestrado se limitará a analisar os resultados referentes ao Centro Cirúrgico, relativos à todas as variáveis medidas pelo aluno, de forma a não serem aqui considerados os resultados dos outros setores. Estes serão contemplados na pesquisa de Mestrado subsequente.

5.1. Análises de Resultados – Centro Cirúrgico:

O Centro Cirúrgico do HU é composto por dez salas de cirurgia, das quais foram selecionadas para a pesquisa, por critérios anteriormente detalhados, as salas A, F e J. Foram conduzidas medições ao longo de três dias em cada sala, em cada uma das estações do ano contempladas. Adicionalmente foram analisados os dois principais corredores, o “Corredor Limpo” e o “Corredor Sujo”, além de um *hall* de acesso às salas de cirurgia E a H.

5.1.1. Sala A:

A sala A é principalmente utilizada para cirurgias de grande porte, em sua maioria ortopédicas, pelo fato de ser a sala mais espaçosa do Centro Cirúrgico. Estas cirurgias chegam a ser executadas por equipes de dez pessoas e podem possuir auxílio de equipamentos emissores de radiação, os quais demandam vestimenta específica dos ocupantes. Estas vestimentas possuem alta resistência térmica (coletes de proteção à radiação).

A sala é do tipo não reformada, possui sistema de ventilação com uma grelha de insuflamento na parede, a aproximadamente 2,5m acima do piso, e uma grelha de retorno na mesma parede, próxima ao piso, conforme esquema abaixo (Figura 8). No mesmo esquema, pode-se observar o posicionamento dos pontos de medição, sendo em verde o ponto denominado por “Insuflamento”, em azul por “Ambiente” e em vermelho por “Retorno”. A distribuição das variáveis pelos pontos de medição está apresentada na tabela 2.

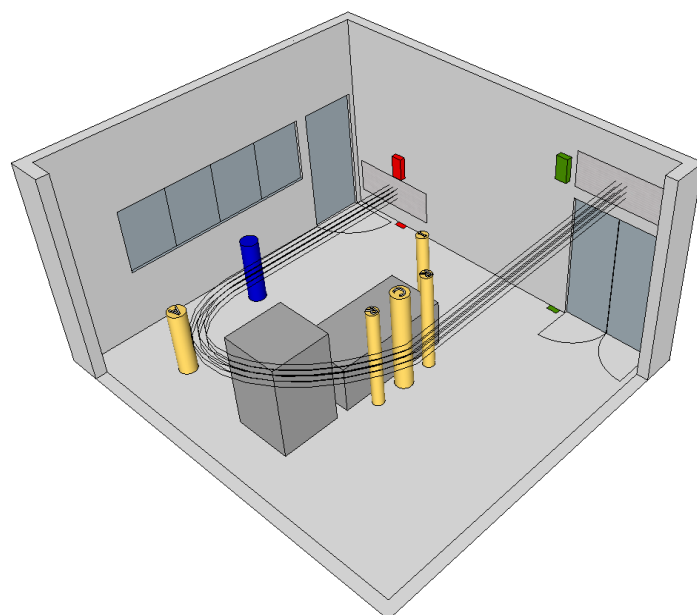


Figura 8 - Esquema representativo do posicionamento dos ocupantes, equipamentos de medição, grelhas de insuflamento e retorno e fluxo de ar principal na Sala A.

5.1.1.1. Sala A – Inverno:

As medições de inverno na sala A do Centro Cirúrgico foram realizadas entre os dias 22 e 24 de agosto de 2016. Por se tratar de uma sala dedicada às cirurgias de maior porte, regularmente são realizados dois procedimentos por dia, um no período da manhã e outro no da tarde, padrão verificado para os três dias de medição de inverno, totalizando seis ocasiões de procedimentos cirúrgicos.

Durante os dias de medição, a temperatura de bulbo seco, nos períodos em que o ar condicionado permaneceu desligado, manteve-se aproximadamente constante na faixa entre 21°C e 23°C, o que pode ser considerado adequado para este tipo de ambiente, de acordo com as normas referenciadas anteriormente. Por outro lado, as condições de temperatura foram variadas para cada uma das seis ocasiões em que o ar condicionado permaneceu ligado, as quais coincidem com os horários das cirurgias realizadas.

Durante as duas cirurgias realizadas no dia 22 de agosto (dia 1 de medição) as condições foram bastante similares, conforme se observa no gráfico 4; após acionado o ar condicionado, a temperatura caiu progressivamente até o desligamento do sistema, atingindo temperaturas na faixa de 17°C a 18°C, já inferiores às consideradas adequadas pelas normas referenciadas. As

sensações térmicas apontadas nos questionários pelos ocupantes da sala foram bastante variadas, sendo relatadas sensações desde “muito frio” a “muito calor”. Os que reportaram sensação de calor, localizavam-se mais próximos ao centro da sala, enquanto aqueles que sentiram frio, no perímetro. A intensa variação nas sensações térmicas apontadas durante a realização de um mesmo procedimento pode ter origem em diversos fatores, como a localização dos ocupantes dentro da sala, suas vestimentas e suas taxas metabólicas. Deste modo, os ocupantes podem ser agrupados por suas características quanto aos fatores acima elencados, obtendo-se dois grupos. O primeiro, composto principalmente por cirurgiões e residentes e o segundo por anestesistas e circulantes de sala. Na tabela 4, abaixo, estão caracterizados os dois grupos quanto a estes aspectos.

Tabela 4 - Agrupamento dos ocupantes da Sala A

	Grupo I	Grupo II
Função dos ocupantes	Cirurgião, Residente	Anestesista, Circulante
Localização	Centro da sala	No entorno do ambiente
Sujeitos ao fluxo de ar principal	Não	Sim
Sujeitos ao foco luminoso da mesa de cirurgia	Sim	Não
Relato de desconforto por movimentação de ar	Não	Sim
Isolamento térmico da vestimenta predominante	Alto (>0,75clo)	Baixo (<0,75clo)
Taxa Metabólica (Tabela 1 da ISO 7243/89)	Alta	Baixa
Sensação térmica predominante	Calor	Frio

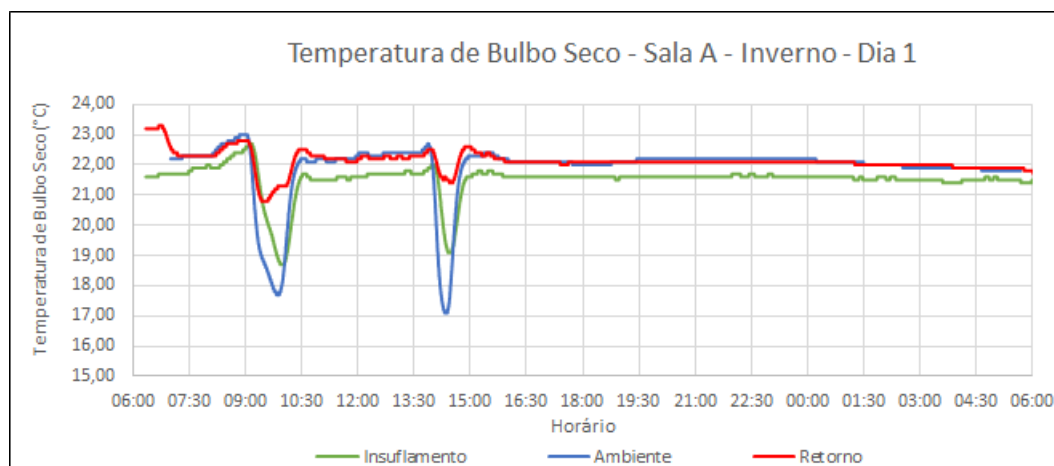


Gráfico 4 - Temperaturas de Bulbo Seco no primeiro dia de medição de inverno na Sala A

A determinação das classes de taxa metabólica às quais se enquadram cada um dos membros dos dois grupos acima discriminados seguiu a divisão prevista na tabela 1 da ISO7243/89, cujas informações foram resumidas na tabela 5, abaixo. Dado que os anestesiológicos permanecem sentados durante praticamente todo o período da cirurgia, estes foram categorizados na classe 1, de baixa taxa metabólica. No caso dos circulantes, sua atividade prevê a realização de caminhadas, mas estas podem ser consideradas leves, de modo que estes também foram agrupados na classe de baixa taxa metabólica. Os cirurgiões e residentes, por outro lado, permanecem em pé e, por se tratar de cirurgias ortopédicas, realizam trabalho intenso com as mãos e o tronco, de modo a serem enquadrados na categoria 3, de alta taxa metabólica. Como há padronização de vestimenta no Centro Cirúrgico, a diferenciação dentre os dois grupos se dá pela frequente utilização de jalecos de manga comprida pelos profissionais próximos ao paciente. Foi, também, observada em campo a utilização por estes ocupantes de peças excepcionais, não contempladas no questionários, como coletes de chumbo, para ocasiões de exames com emissão de radiação, por exemplo.

Os ocupantes que compõem o Grupo II também relataram, em sua totalidade, desconforto por movimentação de ar. Conforme pode ser percebido na figura 8, eles estão sujeitos ao fluxo de ar de insuflamento. Apesar de não terem sido medidas as velocidades do ar nas medições de inverno, como há apenas uma condição de operação do sistema, é possível adotar como

referência os valores encontrados nas medições de verão (Gráficos 26, 27 e 28), pelos quais tem-se que a velocidade do ar na sala com o ar condicionado ligado varia entre 0,2m/s e 0,4m/s, consideradas inadequadas de acordo com as normas referenciadas.

Tabela 5 - Tabela 1 da ISO 7243/89 – Adaptada pelo Autor.

Classe	Faixas de Taxas Metabólicas, M		Valores a Serem Adotados para Taxa Metabólica Média		Exemplos de atividade
	Relativos à Unidade de Área (W/m ²)	Relativos à uma Área da Pele de (W)	Relativos à Unidade de Área da Pele (W/m ²)	Relativos à uma Área da Pele de 1,8m ² (W)	
Descanso 0	M ≤ 65	M ≤ 117	65	117	Descanso ou em Repouso
Baixa Taxa Metabólica 1	65 < M ≤ 130	117 < M ≤ 234	100	180	Sentado, de pé em bancadas ou caminhando levemente
Moderada Taxa Metabólica 2	130 < M ≤ 200	234 < M ≤ 360	165	297	De pé, exercendo moderado trabalho com as mãos, braços ou pernas
Alta Taxa Metabólica 3	200 < M ≤ 260	360 < M ≤ 468	230	414	Trabalho intenso de braços e tronco. Caminhar de 5,5km/h a 7km/h. Puxar ou empurrar cargas
Muito Alta Taxa Metabólica 4	260 < M	468 < M	290	522	Atividade muito intensa, correr ou caminhar a mais de 7km/h

Como é possível observar na tabela 4 e na figura 8, os profissionais que compõem o primeiro grupo estão menos sujeitos aos efeitos do fluxo principal de ar (no centro da sala), utilizam vestimentas de maior resistência térmica e tendem a possuir taxas metabólicas mais elevadas do que aqueles pertencentes ao segundo grupo. Estes fatos podem explicar a diferença observada nas sensações térmicas relatadas.

No segundo dia, as condições variaram entre as duas cirurgias realizadas. Naquela realizada no período da manhã (por volta das 9:00h), a temperatura do ambiente atingiu 15,5°C, bastante inferior ao limite do intervalo recomendado. Durante o segundo procedimento do dia (por volta das 16:00h), a temperatura ambiente ficou estabilizada em aproximadamente 20°C, dentro da faixa considerada adequada para salas de cirurgia. Os questionários respondidos, referentes à primeira cirurgia, apresentam padrão relativamente semelhante ao observado no dia anterior; ocupantes do entorno na sala relatando sensação de “muito frio” enquanto aqueles no centro do ambiente sentiam-se confortáveis. Em oposição ao primeiro dia, não foi relatada

sensação de calor, fato possivelmente relacionado ao fato de haver diferença de temperatura no ambiente de aproximadamente -2°C entre os dois dias.

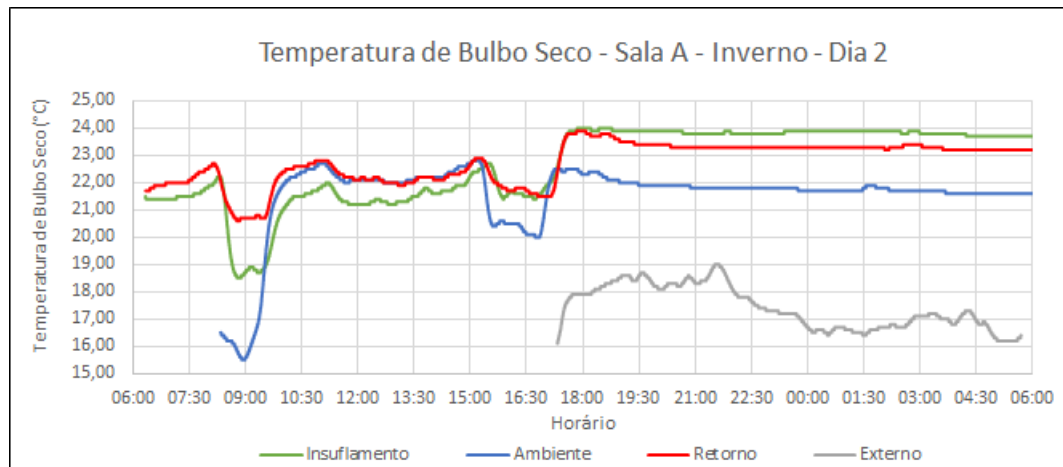


Gráfico 5 - Temperaturas de bulbo seco no segundo dia de medição de inverno na Sala A

No decorrer do terceiro dia de medição, foram também realizados dois procedimentos cirúrgicos. Durante o primeiro, no período da manhã, a temperatura no ambiente caiu dos quase 23°C para 21°C , na qual se estabilizou até o desligamento do sistema. Já no período da tarde, ao longo da segunda cirurgia, a temperatura apresentou comportamento mais inconstante, variando entre 20°C e 22°C . Apesar da temperatura mais elevada, em relação aos dias anteriores, as sensações térmicas relatadas variaram dentro de um intervalo de menor amplitude, entre “frio” e “confortável”. É possível observar a mesma distribuição percebida nos outros dois dias, aqueles que relataram sensação de “frio” trabalham nas zonas periféricas da sala, enquanto os outros posicionam-se no centro do ambiente.

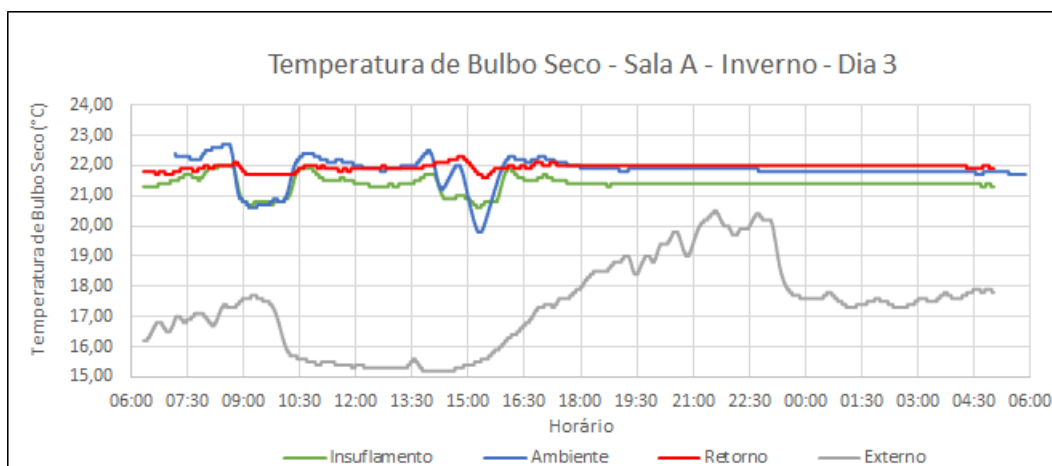


Gráfico 6 - Temperaturas de bulbo seco no terceiro dia de medição de inverno na Sala A

Desta forma, durante os três dias de medição de inverno, é possível perceber a formação de um certo padrão nas sensações térmicas relatadas relacionando-a com localização na sala, atividade e vestimenta dos ocupantes, conforme apresentado na tabela 5, acima.

Em relação à umidade na sala, pode ser observado um equilíbrio entre a desumidificação do ar ocasionada pelo resfriamento promovido pelo sistema de climatização e a umidade gerada pelos ocupantes durante a cirurgia, à exceção do primeiro dia. Nas cirurgias do primeiro dia, a umidade absoluta anterior às cirurgias era aproximadamente 10g/kg, caindo para próxima a 7g/kg enquanto o sistema de climatização ficou ligado e, por fim, retornando à 9g/kg após o termino dos procedimentos. Já nos outros dois dias houve certo equilíbrio entre a desumidificação promovida pelo sistema de ar condicionado e a umidade gerada pela ocupação, de forma que a umidade absoluta no ambiente permaneceu por volta de 10g/kg, conforme pode ser verificado no gráfico 7, abaixo. Os ocupantes, quanto à umidade relataram sensações também distintas entre eles, tendendo a seguir o agrupamento proposto na tabela 5. Os anestesiologistas, circulantes e internos queixaram-se de ressecamento de olhos, pele, narinas e/ou garganta. A umidade relativa permaneceu dentro do intervalo recomendado pelas normas referenciadas, dada a precisão dos equipamentos utilizados, apresentando apenas pequenas oscilações ao longo dos três dias de medição.

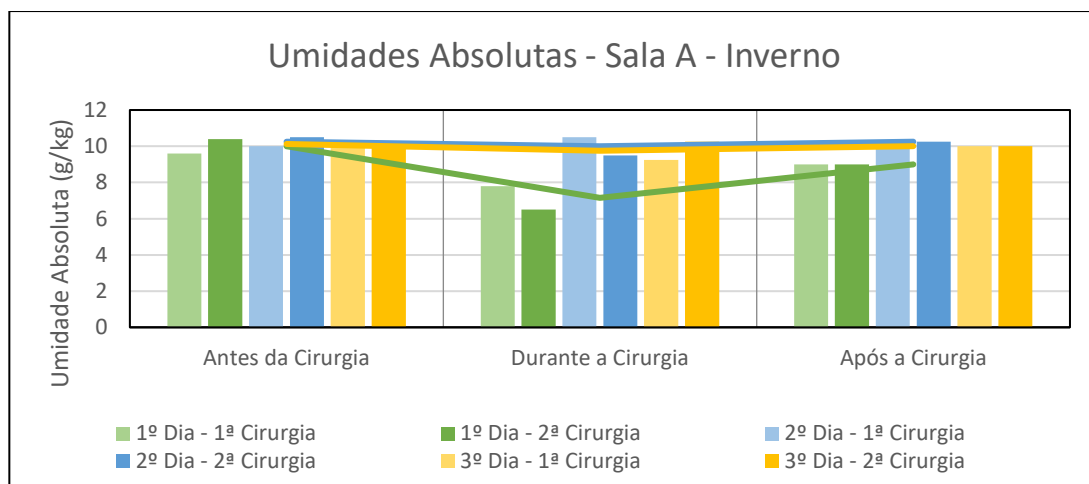


Gráfico 7 – Umidades absolutas nas medições de inverno na Sala A

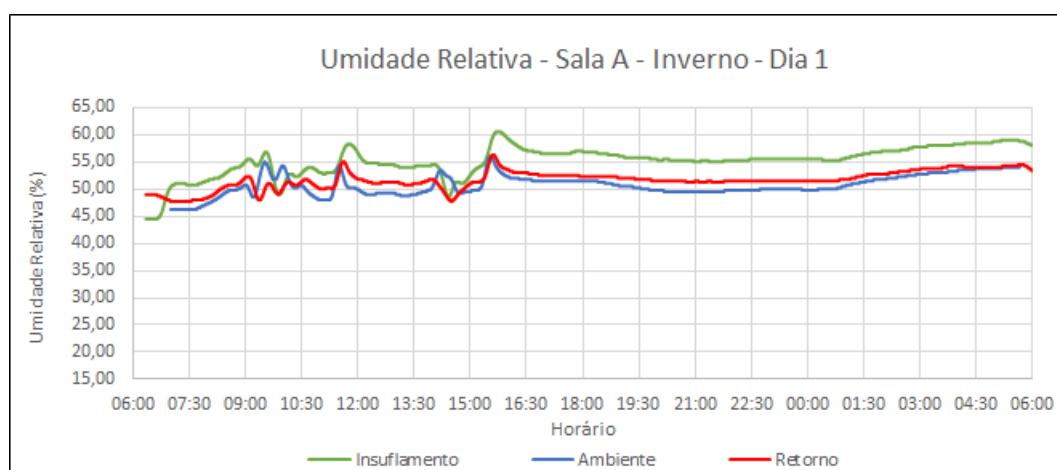


Gráfico 8 - Umidade relativa no primeiro dia de medição de inverno na Sala A

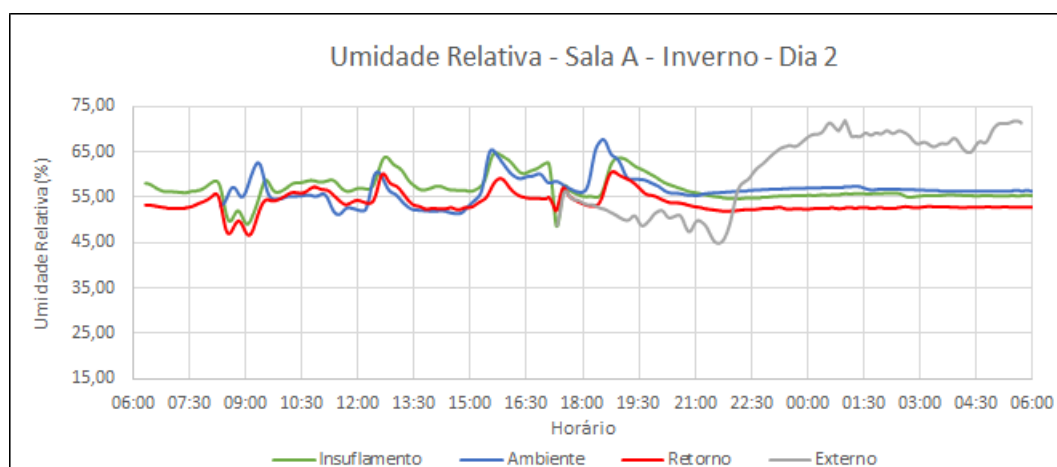


Gráfico 9 - Umidade Relativa no segundo dia de medição de inverno na Sala A

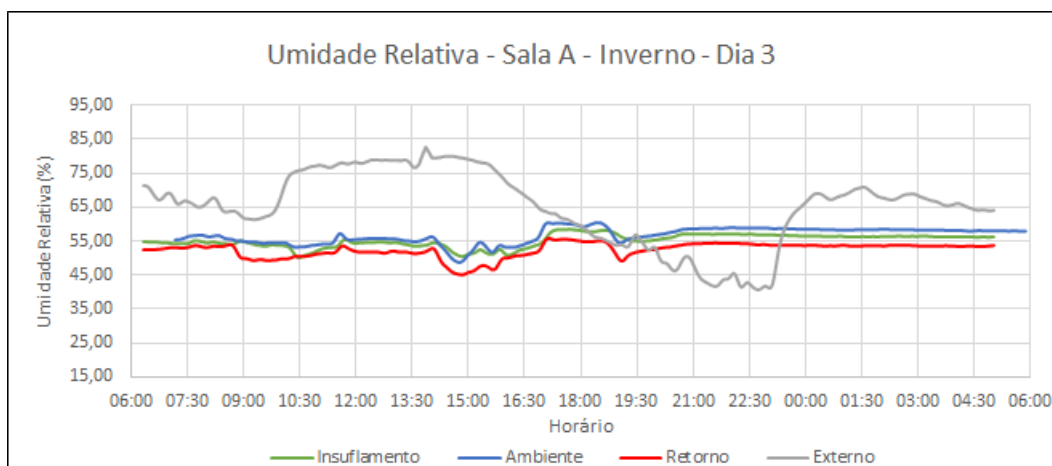


Gráfico 10 - Umidade Relativa no terceiro dia de medição de inverno na Sala A

A concentração de dióxido de carbono apresentou comportamento similar durante os três dias de medição. No início das cirurgias pode ser observada uma forte elevação nos níveis de CO_2 , a qual é revertida com o acionamento do sistema de ventilação, evidenciando a eficiência do sistema em promover a renovação de ar na sala. Após o desligamento do sistema, nas seis ocasiões, observa-se intenso aumento na concentração do gás, uma vez que o sistema foi desligado antes dos terminos dos procedimentos. Após o esvaziamento da sala, a concentração de CO_2 reduz de maneira lenta e gradual, levando algumas horas para que retorne aos níveis observados anteriormente às primeiras cirurgias de cada dia. No dia 22 de agosto, até o início da primeira cirurgia, a concentração do gás estava por volta de 500ppm, mas com a ocupação da sala durante o procedimento, ela chegou a atingir 1050ppm. Ao ser acionado o sistema de ventilação, promove-se a renovação de ar e a concentração de CO_2 na sala retorna à faixa de 550ppm. Ao ser desligado o sistema antes do esvaziamento da sala, gera-se novo aumento de concentração, a qual atinge a faixa de 900ppm, como é apresentado no gráfico 11, abaixo. Estas tendências podem ser observadas nas seis cirurgias do período (Gráficos 11, 12 e 13).

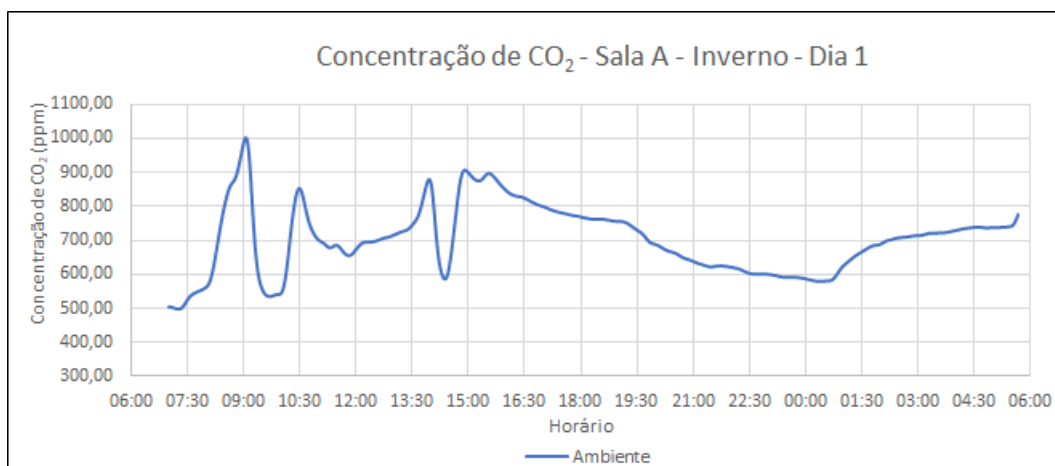


Gráfico 11 - Concentrações de CO₂ no primeiro dia de medição de inverno na Sala A

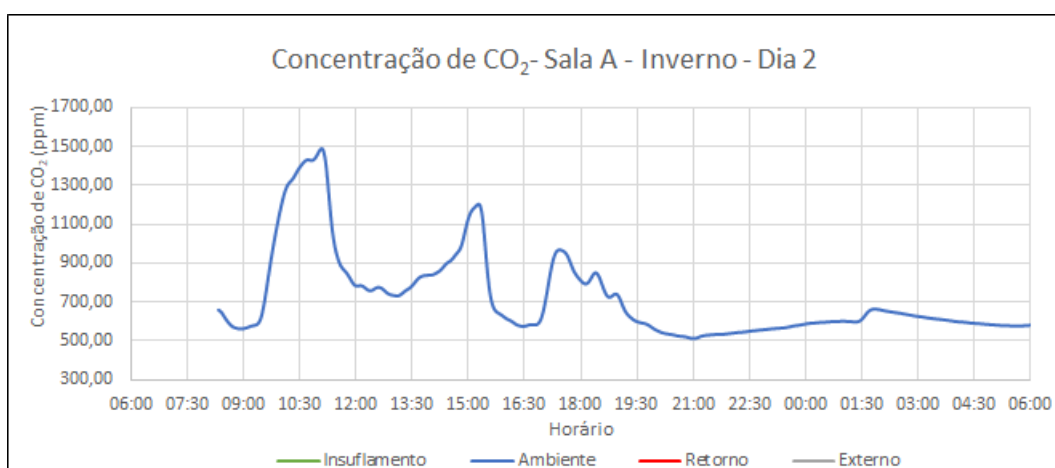


Gráfico 12 - Concentrações de CO₂ no segundo dia de medição de inverno na Sala A

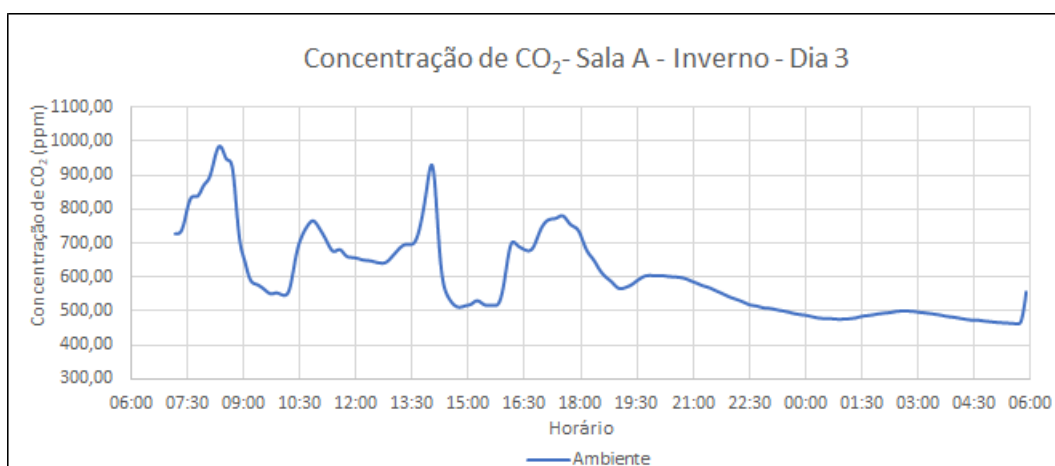


Gráfico 13 - Concentrações de CO₂ no terceiro dia de medição de inverno na Sala A

Também pode ser percebido um padrão de comportamento nas concentrações de particulados $2.5\mu\text{m}$ (Gráfico 14, 15 e 16). No início dos procedimentos, porém antes de ser acionado o sistema de ventilação, nas seis cirurgias do período, pode-se observar um aumento das concentrações do particulado, medidos tanto no insuflamento quanto no retorno, devido às partículas em suspensão no ambiente. Ao ser acionado, o sistema de ventilação retira parte deste particulado da sala, mas não é capaz de reduzir a sua concentração a ponto de torná-la próxima aos níveis do ar externo ao edifício, fato este que pode indicar uma deficiência na manutenção de filtros e dutos, como também na vazão de ar insuflado para esta finalidade. Nos três dias, a concentração de particulados no ponto de insuflamento permaneceu próxima a $65\mu\text{g}/\text{m}^3$, enquanto, no ponto do retorno manteve-se próxima a $75\mu\text{g}/\text{m}^3$. A concentração de particulados deste diâmetro no ar externo se manteve em aproximadamente $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ nos períodos medidos.

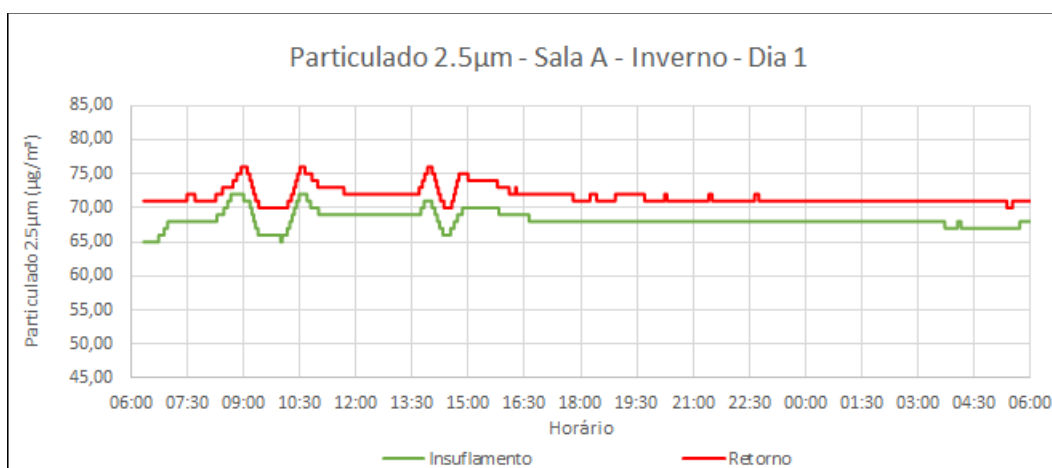


Gráfico 14 - Particulados no primeiro dia de medição de inverno na Sala A

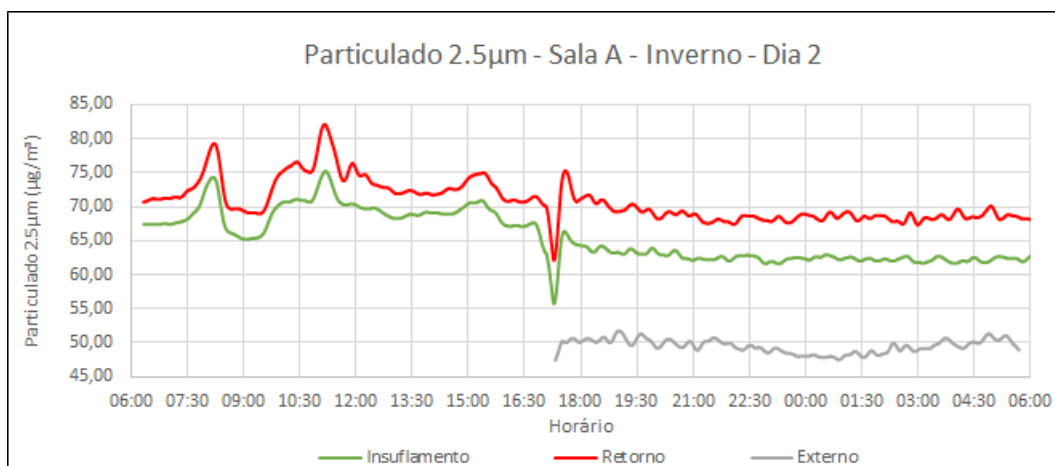


Gráfico 15 - Particulados no segundo dia de medição de inverno na Sala A

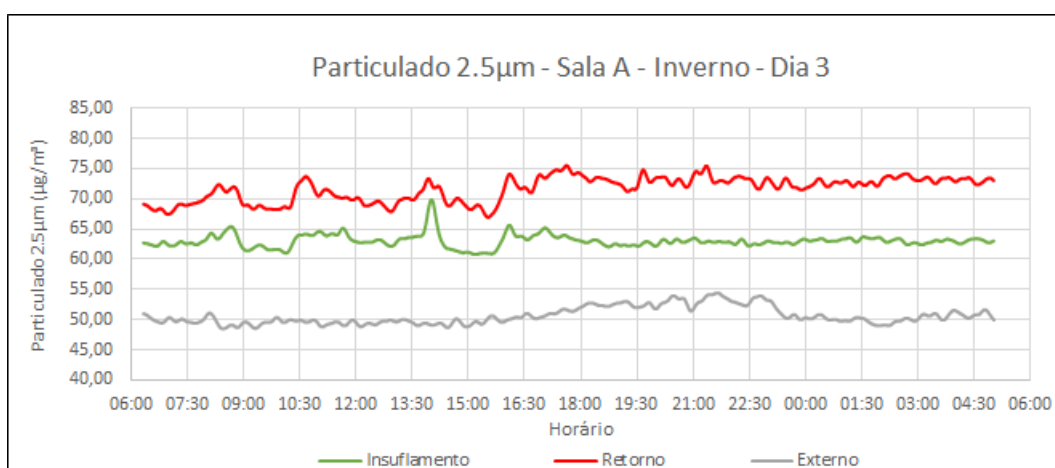


Gráfico 16 - Particulados no terceiro dia de medição de inverno da Sala A

Conforme pode ser observado nos gráficos 17, 18 e 19, a concentração de monóxido de carbono, ao longo dos três dias de medição de inverno na sala A, apresentou comportamento semelhante. No início dos procedimentos cirúrgicos elevou-se significativamente, retornando aos níveis iniciais com o acionamento do sistema de ventilação, da mesma forma como se observou no comportamento dos contaminantes já comentados. A concentração de compostos orgânicos voláteis (Gráficos 20, 21 e 22) manteve-se, durante quase todo o período, acima do limite máximo da escala de medição dos sensores utilizados (2000ppm), exceção feita aos momentos de operação do sistema de ventilação, fato que reforça a eficiência destes sistemas em promover a renovação de ar na sala, conforme já mencionado anteriormente.

Embora parte dos ocupantes tenham relatado perceber o ar da sala “mais limpo” que o externo, foi predominante a percepção contrária, havendo

apontamentos de “ar viciado”, percepção de odores e presença de partículas em suspensão.

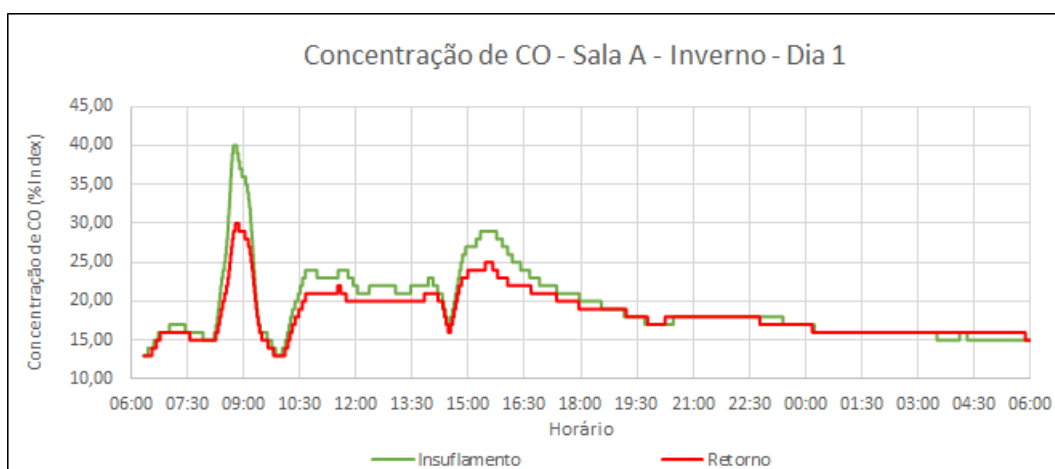


Gráfico 17 - Concentrações de CO no primeiro dia de medição de inverno na Sala A

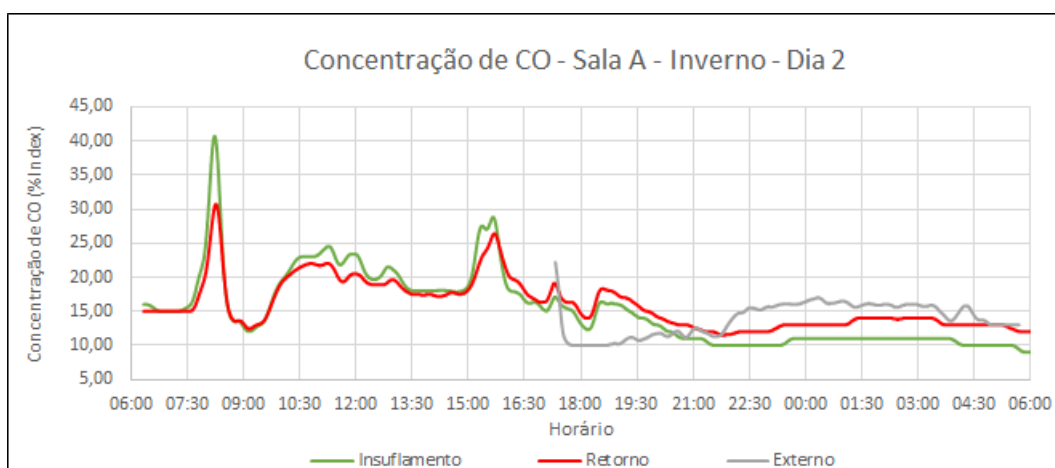


Gráfico 18 - Concentrações de CO no segundo dia de medição de inverno da Sala A

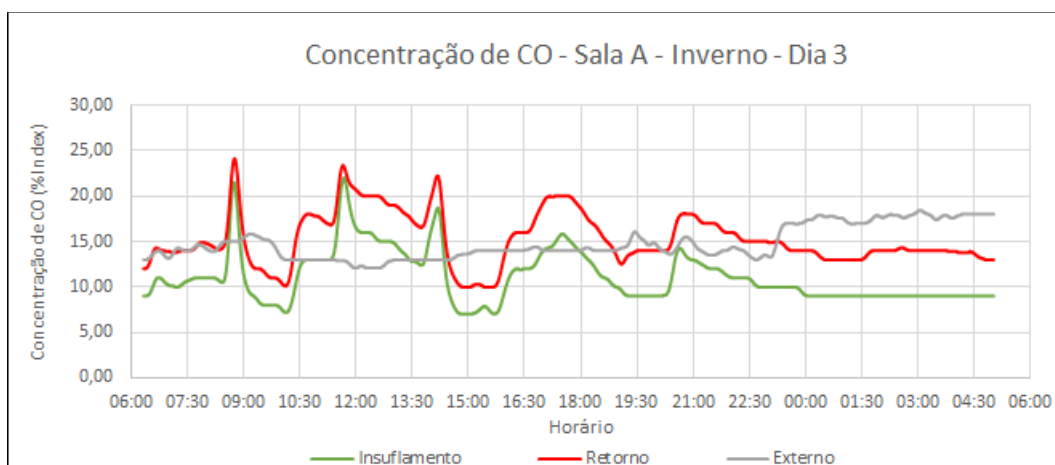


Gráfico 19 - Concentrações de CO no terceiro dia de medição de inverno da Sala A

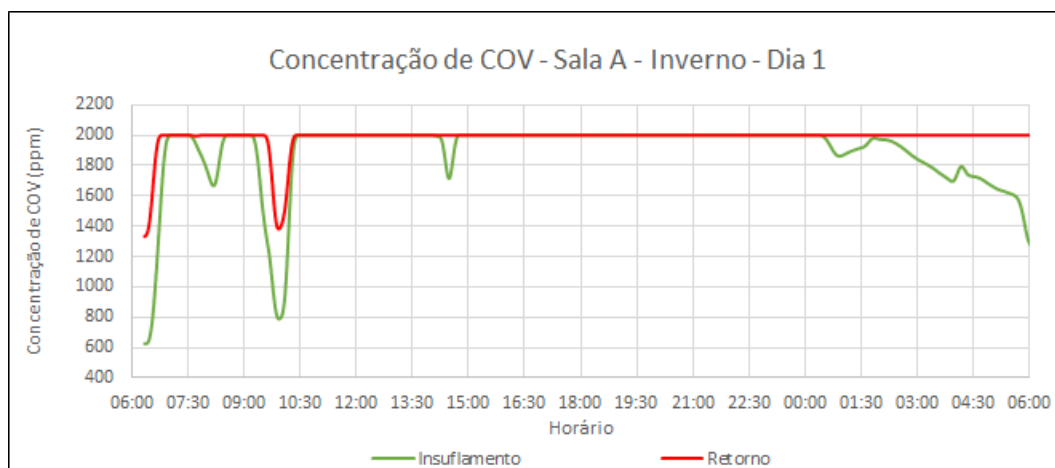


Gráfico 20 - Concentrações de COV no primeiro dia de medição de inverno na Sala A

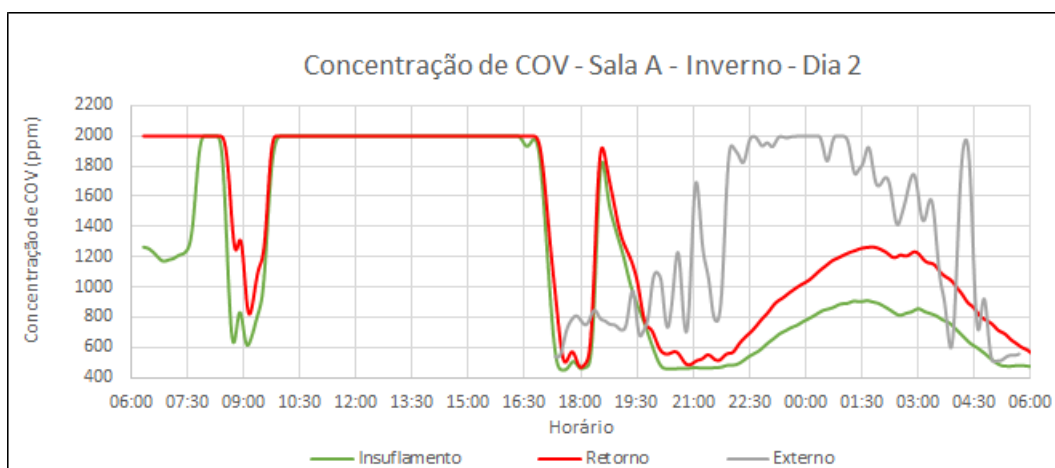


Gráfico 21 - Concentrações de COV no segundo dia de medição de inverno na Sala A

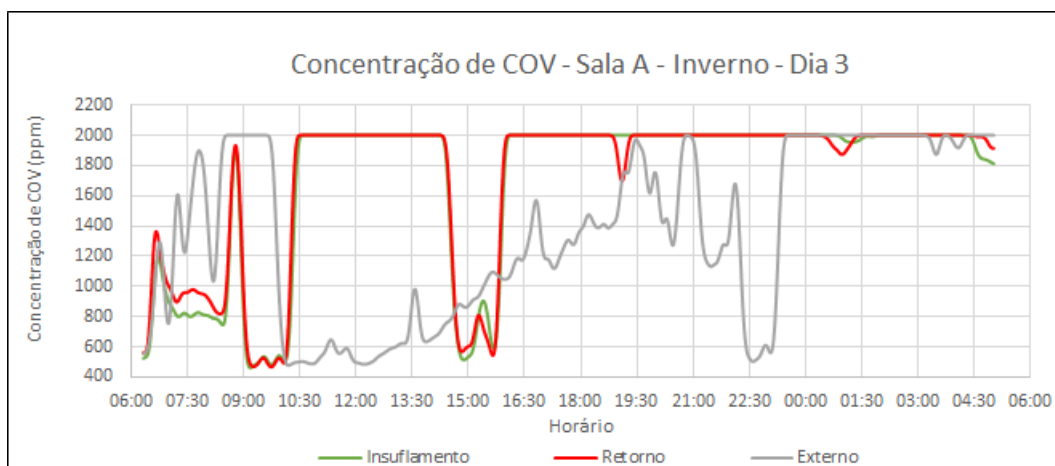


Gráfico 22 - Concentrações de COV no terceiro dia de medição de inverno na Sala A

Em suma, pode-se observar que ao longo das medições de inverno, os sistemas de ventilação e distribuição de ar foram eficientes em promover a renovação de ar no ambiente, visto os comportamentos das concentrações de CO₂, CO e compostos orgânicos voláteis. O comportamento observado na concentração de particulados 2.5µm ainda é inconclusivo. Observa-se, no entanto, inconformidades nestes índices nos momentos em que há a condução de procedimentos cirúrgicos sem que os sistemas de climatização e ventilação estejam em operação. Em relação a propiciar conforto térmico, porém, esses sistemas não se mostraram eficientes. O sistema de distribuição de ar favorece a criação de um fluxo de ar frio atingindo os ocupantes de menor taxa metabólica e vestimentas mais leves, levando-os a se queixarem de “vento” e “frio”. Ao mesmo tempo, este fluxo não abrange aqueles ocupantes com maior taxa metabólica e vestimentas mais pesadas, os quais apontam insatisfação por sentirem calor e transpirarem, mesmo no inverno.

5.1.1.2. Sala A – Verão:

As medições de verão foram conduzidas ao longo dos dias 09, 10 e 11 de maio de 2017. Diferentemente do período de inverno, foi possível observar a realização de apenas uma cirurgia no primeiro dia de medição, no período da manhã. Já no segundo e terceiro dias foram executados dois procedimentos cirúrgicos, um no período da manhã e outro no da tarde de cada um dos dois dias. Desta forma, foram medidas cinco ocasiões de cirurgia ao longo destes três dias e os resultados podem ser observados nos gráficos 23 a 41. Durante o segundo procedimento do segundo dia o sistema de climatização não foi acionado.

Nos três dias de medições a temperatura de bulbo seco permaneceu, nos momentos em que o ar condicionado esteve desligado, por volta de 23°C. Durante os procedimentos cirúrgicos, porém, foram observadas variações.

Na cirurgia realizada no primeiro dia, o sistema de climatização resfriou o ar em aproximadamente 2°C, ficando a temperatura do ambiente estabilizada entre 21°C e 22°C, considerada adequada para o ambiente analisado, de acordo com as Normas anteriormente referenciadas. O mesmo ocorreu para a primeira cirurgia do segundo dia e para as duas conduzidas no terceiro dia. Já na

segunda cirurgia do segundo dia, como o ar condicionado não foi acionado, foi possível observar um pequeno aumento na temperatura de bulbo seco do ambiente, a qual se aproxima de 24°C, limite superior previsto para este ambiente.

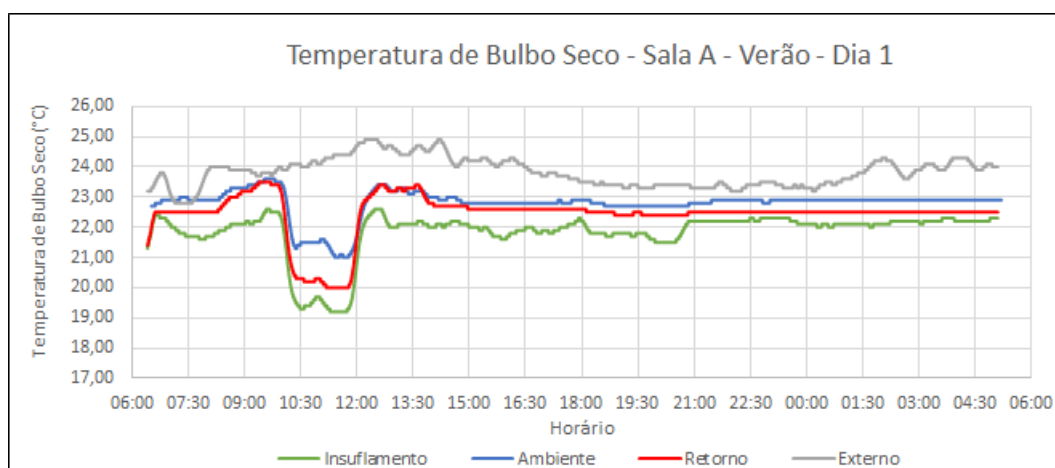


Gráfico 23 - Temperatura de bulbo seco no primeiro dia de medição de verão da Sala A

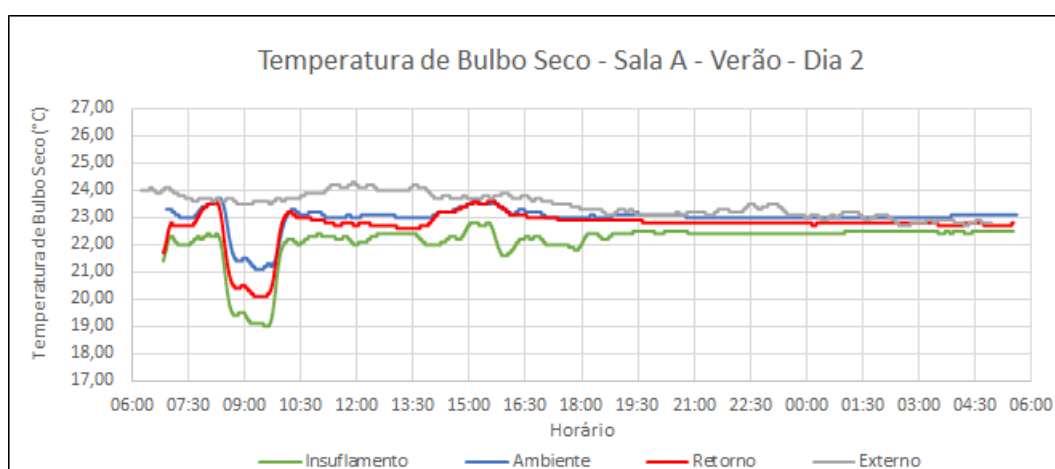


Gráfico 24 - Temperatura de bulbo seco no segundo dia de medição de verão da Sala A

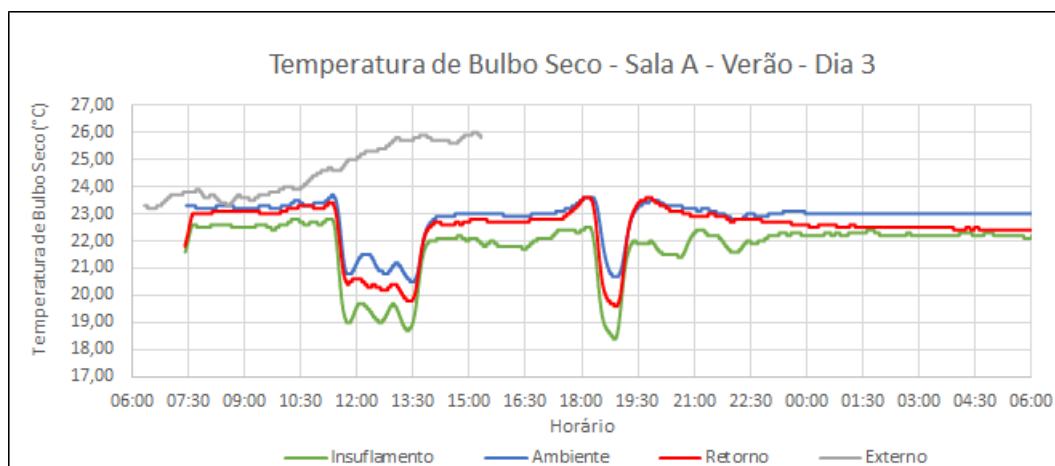


Gráfico 25 - Temperatura de bulbo seco no segundo dia de medição de verão da Sala A

Todos ocupantes dos ambientes que responderam aos questionários relataram a sensação de “muito frio”, apesar de a temperatura estar estabilizada em níveis adequados para o tipo de ambiente. Estes ocupantes também relataram movimentação de ar no nível da cabeça, sendo que a classificaram, em todos os casos, como “muito desconfortável”. Embora nas medições de inverno não tenham sido medidas as velocidades do ar, como o sistema de ventilação possui apenas um modo de operação, é possível tomar como referência os resultados de verão. Nos dias de medição de verão observou-se que, com o ar condicionado ligado, a velocidade do ar Vale ressaltar que todos estes ocupantes podem ser agrupados como pertencentes ao “Grupo II”, na divisão proposta para os ocupantes nos dias de inverno, conforme tabela 4, rerepresentada abaixo (Tabela 6).

Tabela 6 - Reapresentação da tabela 4 - Agrupamentos dos ocupantes da Sala A

	Grupo I	Grupo II
Função dos ocupantes	Cirurgião, Residente	Anestesista, Circulante
Localização	Centro da sala	No entorno do ambiente
Sujeitos ao fluxo de ar principal	Não	Sim
Sujeitos ao foco luminoso da mesa de cirurgia	Sim	Não
Relato de desconforto por movimentação de ar	Não	Sim
Isolamento térmico da vestimenta predominante	Alto (>0,75clo)	Baixo (<0,75clo)
Taxa Metabólica (Tabela 1 da ISO 7243/89)	Alta	Baixa
Sensação térmica predominante	Calor	Frio

A velocidade do ar, com o sistema de ventilação desligado, permanece abaixo dos 0,15m/s recomendados em Norma, mesmo com a ocorrência de procedimento cirúrgico na sala. Quando o sistema de ventilação é acionado, porém, atinge-se velocidades de até 0,45m/s, no primeiro dia de medição, 0,30m/s no segundo dia e 0,35m/s no terceiro. Uma vez que a temperatura da sala não se encontrava acima do recomendado para o ambiente nestes momentos, estas velocidades não se enquadram como compensatórias de temperaturas elevadas, causando desconforto nos ocupantes, conforme mencionado anteriormente. Durante o período em que o sistema de ventilação permaneceu ligado, observou-se também alta variação na velocidade do ar (Gráficos 26, 27 e 28).

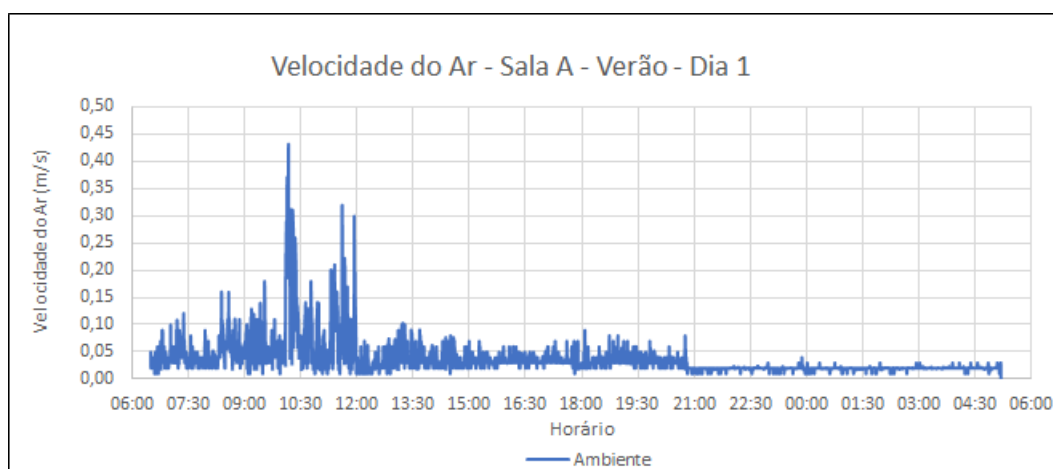


Gráfico 26 - Velocidade do ar no primeiro dia de medição de verão na sala A

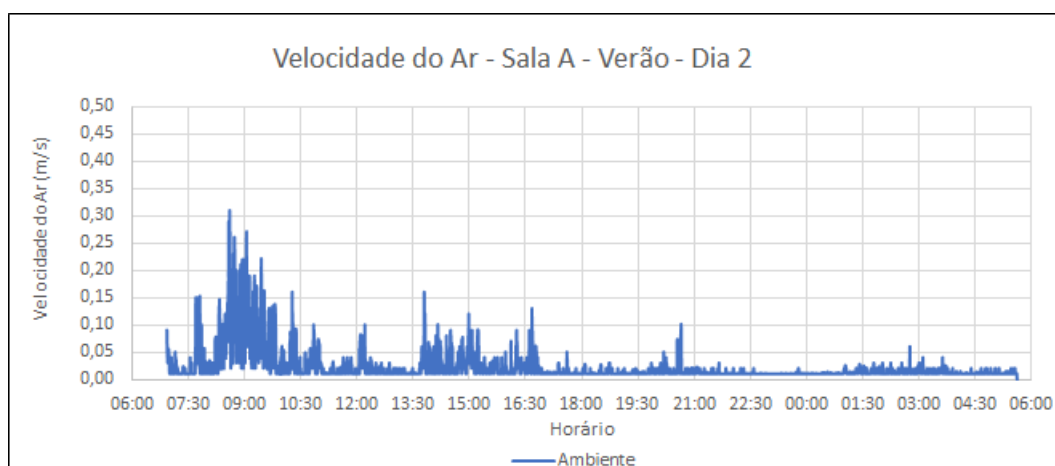


Gráfico 27 - Velocidade do ar no segundo dia de medição de verão na Sala A

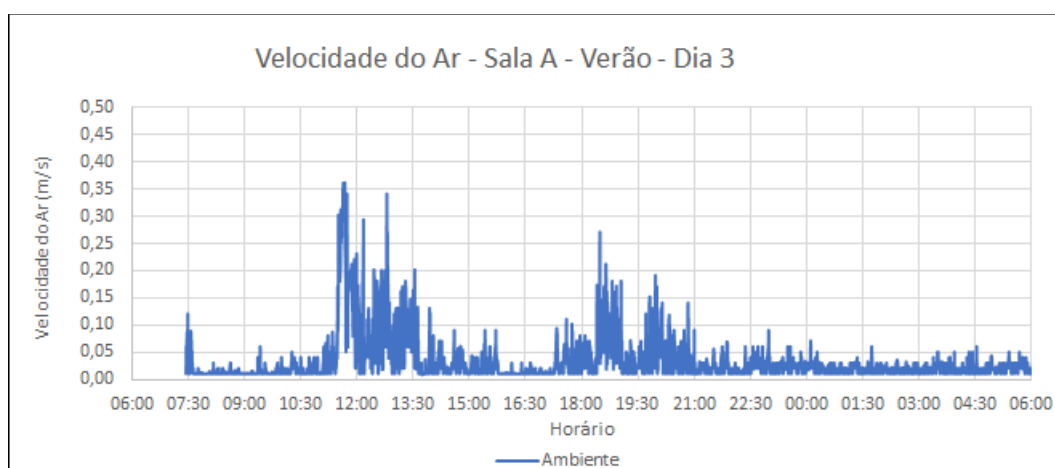


Gráfico 28 - Velocidade do ar no terceiro dia de medição de verão da Sala A

A umidade relativa na sala permaneceu, ao longo dos três dias, entre 55% e 70%, portanto, acima do recomendado pela Norma referenciada. Foram observadas pequenas oscilações na umidade, não significativas dada a precisão dos equipamentos utilizados ($\pm 5\%$). Observando a umidade absoluta é possível perceber que ao longo dos procedimentos realizados com o ar condicionado ligado houve desumidificação do ar superior à produção de vapor pelos ocupantes, levando à queda da umidade absoluta nas quatro ocasiões analisadas, gerando, apesar de ainda superior ao intervalo recomendado pela NBR7256/2005, desconforto aos ocupantes, os quais queixaram-se de ressecamento de mucosas. Já na cirurgia realizada sem o sistema de

climatização em operação (segunda cirurgia do segundo dia) houve ganho de umidade devido à ocupação da sala, conforme gráfico 29, abaixo.

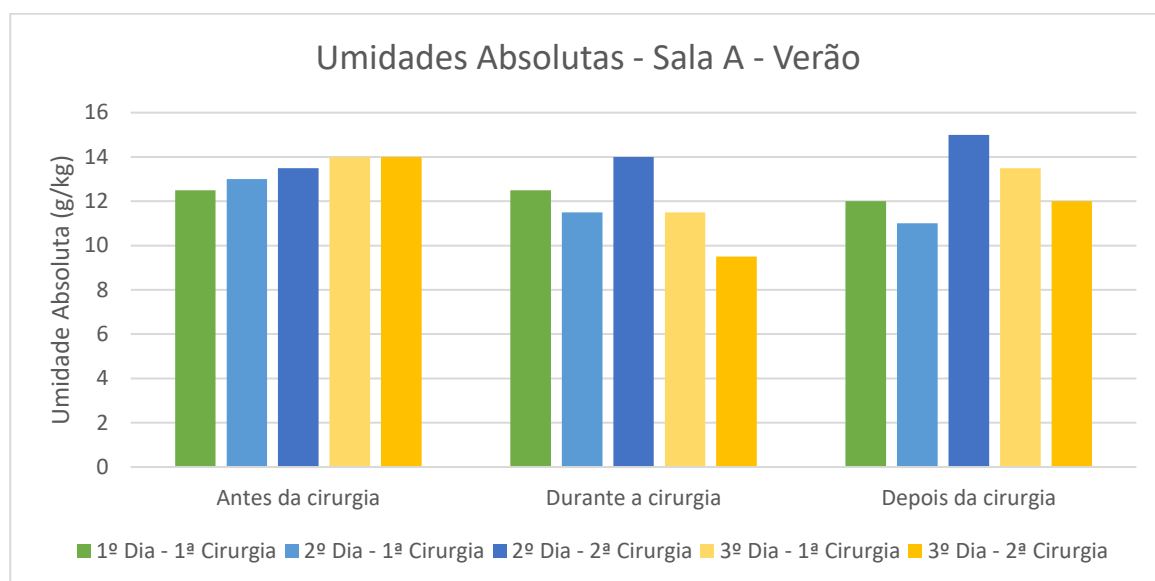


Gráfico 29 - Umidade absoluta nas medições de verão da Sala A

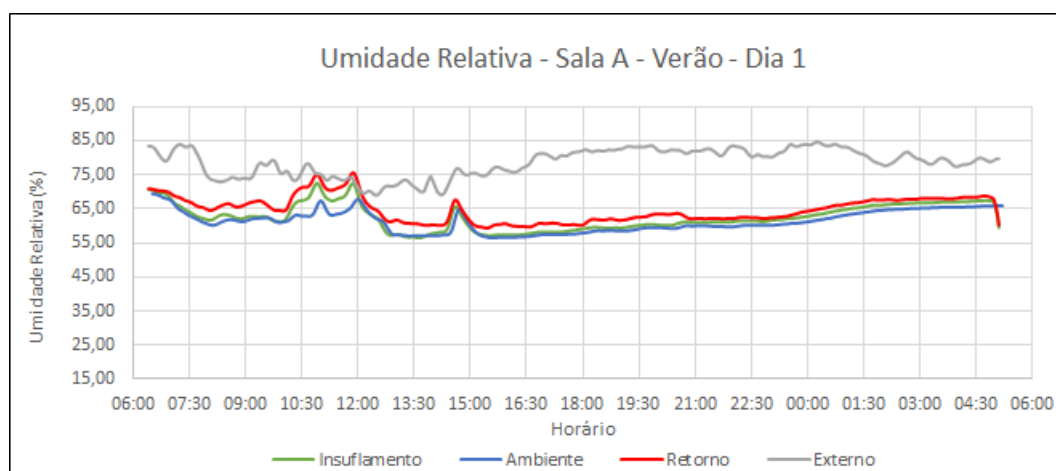


Gráfico 30 - Umidade relativa no primeiro dia de medição de verão na Sala A

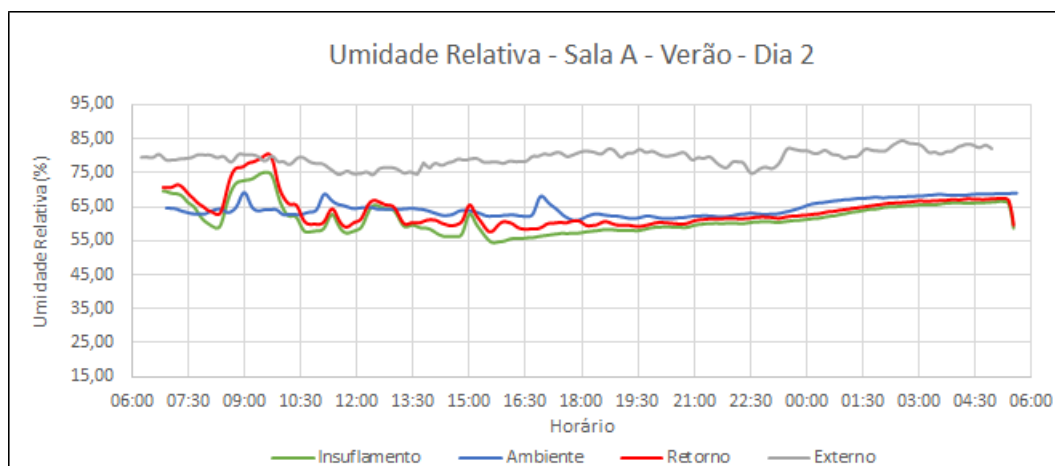


Gráfico 31 - Umidade relativa no segundo dia de medição de verão da Sala A

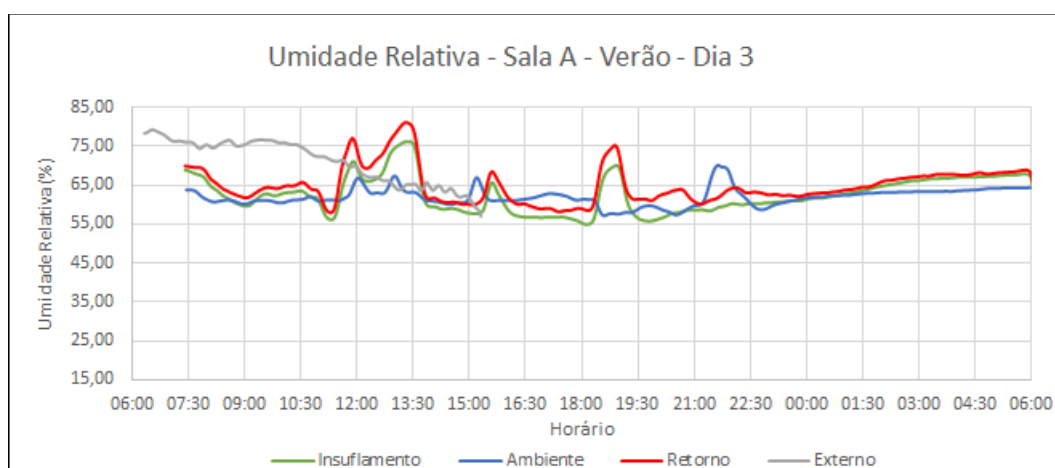


Gráfico 32 - Umidade relativa no terceiro dia de medição de verão da Sala A

A concentração de dióxido de carbono, nos momentos sem cirurgia, permaneceu por volta de 700ppm, taxa muito próxima à encontrada no exterior do edifício. Durante os procedimentos cirúrgicos, antes de ser acionado o sistema de ventilação, a concentração do gás aumenta, superando, em duas das cinco cirurgias observadas, o limite estabelecido pela ANVISA de 1000ppm. Após o acionamento do sistema de ventilação a concentração de CO₂ no ambiente cai ao nível observado no insuflamento, próximo ao externo, aproximadamente 700ppm. Ao ser desligado o sistema, observa-se um novo aumento da concentração do contaminante, uma vez que, em todas estas ocasiões o sistema de ventilação foi desligado antes da finalização do procedimento cirúrgico. Este comportamento, observado nas quatro cirurgias

em que se acionou o sistema de ventilação (Gráficos 33, 34 e 35), fica evidente que a renovação de ar promovida pelo sistema de ventilação é suficiente para o controle deste poluente. Na cirurgia realizada com o sistema desligado (dia 2, segunda cirurgia) observou-se apenas a elevação da concentração do gás até o final do procedimento, quando se inicia uma redução gradual da concentração do gás.

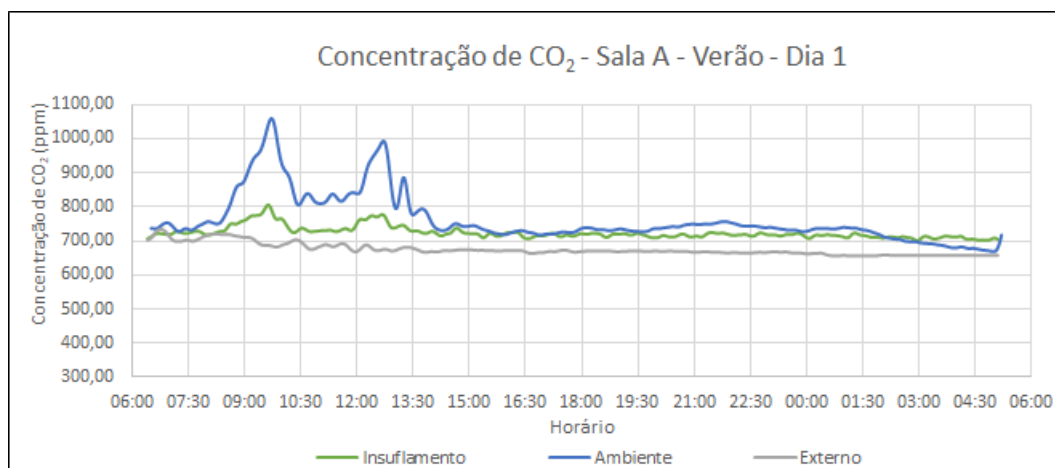


Gráfico 33 - Concentração de dióxido de carbono no primeiro dia de medição de verão da Sala A

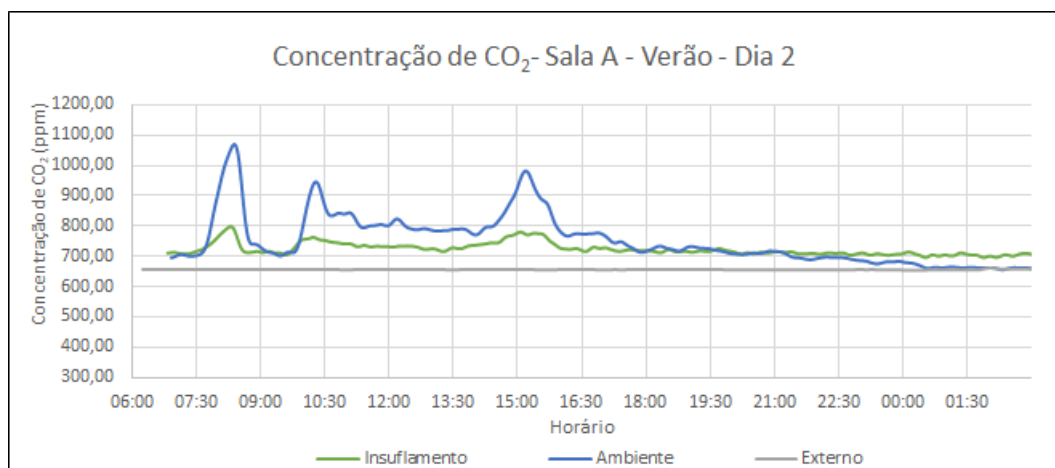


Gráfico 34 - Concentração de dióxido de carbono no segundo dia de medição de verão na Sala A

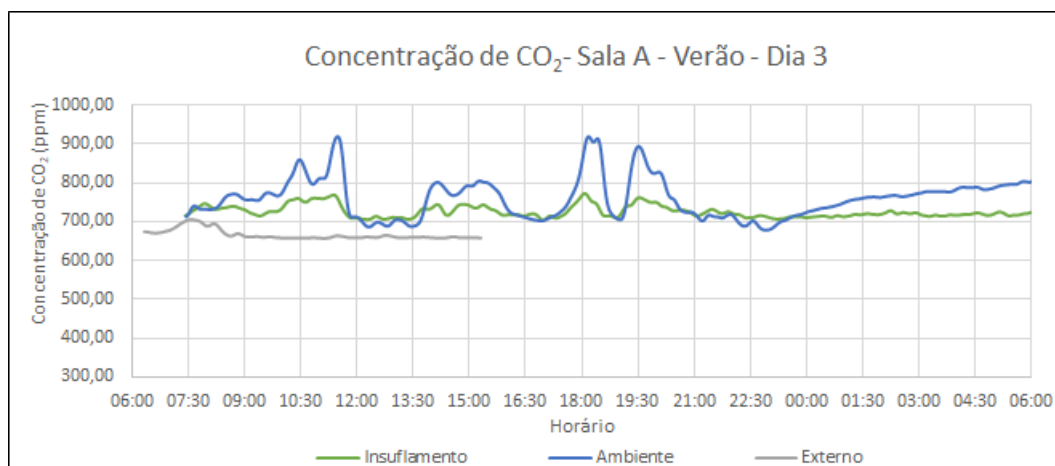


Gráfico 35 - Concentração de dióxido de carbono no terceiro dia de medição de verão da Sala A

Assim como no período de inverno, a concentração de compostos orgânicos voláteis (Gráficos 36, 37 e 38) manteve-se, durante quase todo o período, acima do limite máximo da escala de medição dos sensores utilizados (2000ppm). Diferentemente do verificado no inverno, o sistema de ventilação não foi capaz de reduzir a concentração a níveis inferiores à 2000ppm em todas as ocasiões em que foi acionado.

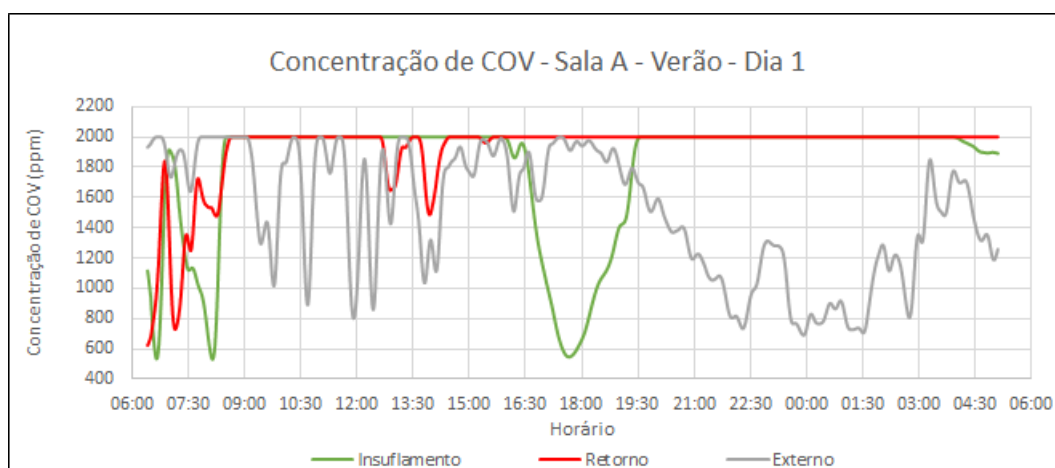


Gráfico 36 - Concentração de compostos orgânicos voláteis no primeiro dia de medição de verão da Sala A

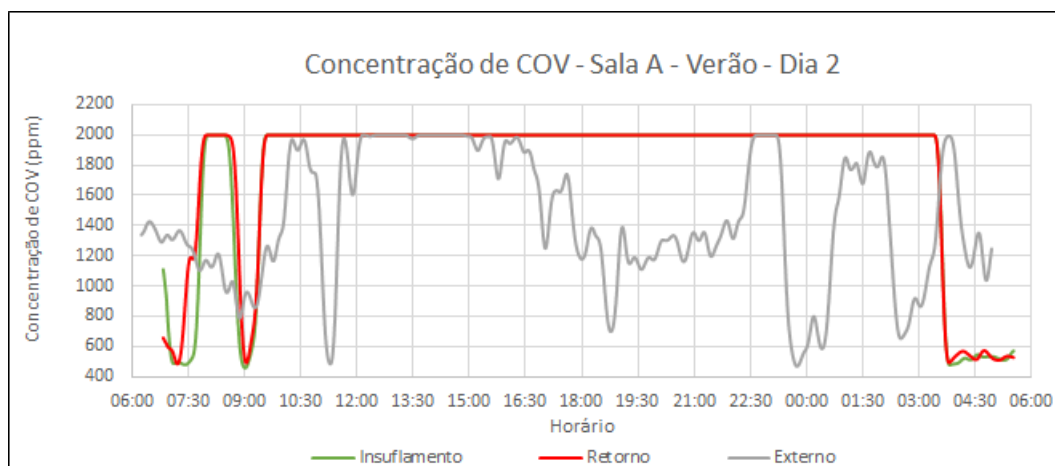


Gráfico 37 - Concentração de compostos orgânicos voláteis no segundo dia de medição de verão na Sala A

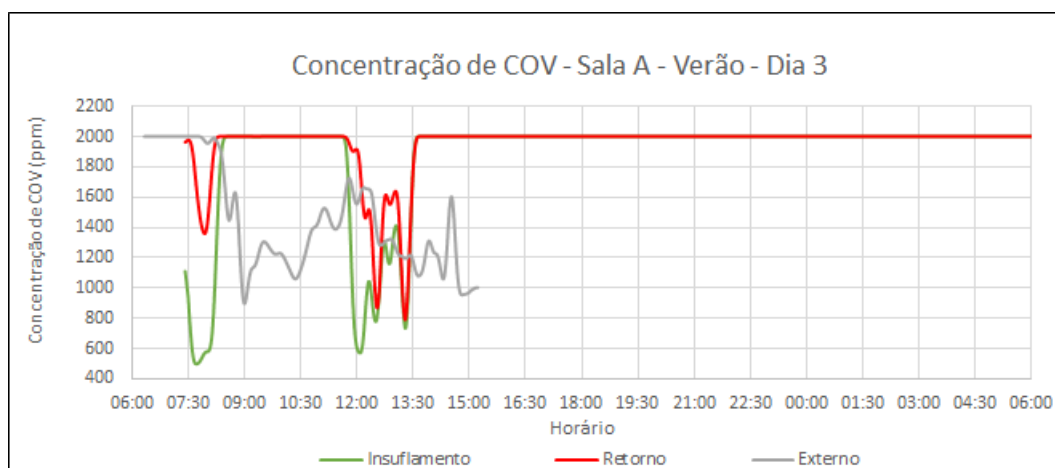


Gráfico 38 - Concentração de compostos orgânicos voláteis no terceiro dia de medição de verão na Sala A

Em relação ao particulado $2.5\mu\text{m}$, suas concentrações se mantiveram praticamente constantes ao longo do período de três dias, apresentado pequenas reduções com o acionamento de sistema de ventilação e leves aumentos com a ocupação da sala sem o acionamento da ventilação forçada (Gráficos 39, 40, e 41). No ponto Insuflamento ela oscila próxima aos $50\mu\text{g}/\text{m}^3$, no Retorno próxima aos $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ e no exterior do edifício $35\mu\text{g}/\text{m}^3$. É possível observar que, mesmo com o sistema de ventilação acionado, as concentrações no ponto próximo ao insuflamento são significativamente superiores às observadas no ponto externo, fato que sugere deficiências na manutenção de

filtros e dutos, bem como na vazão de ar insuflado, para esta finalidade. A concentração no ponto próximo ao retorno é, ao longo de todo o período, superior à no ponto próximo ao insuflamento dadas as partículas em suspensão no ambiente.

Vale ressaltar que as concentrações do particulado observadas no verão são inferiores às observadas no inverno em todos os pontos de medição, inclusive no externo. Esta diferença pode estar relacionada à precipitação nos períodos, significativamente inferior no período de inverno. Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) a precipitação total média mensal para os meses de inverno foi de 37mm, enquanto nos meses de verão atingiu 133,13mm. Estes dados foram coletados na Estação Meteorológica 83781, localizada no bairro de Santana, na cidade de São Paulo.

Foi relatada pelos ocupantes a percepção de que o ar interno na sala é pior do que o ar do exterior do edifício.

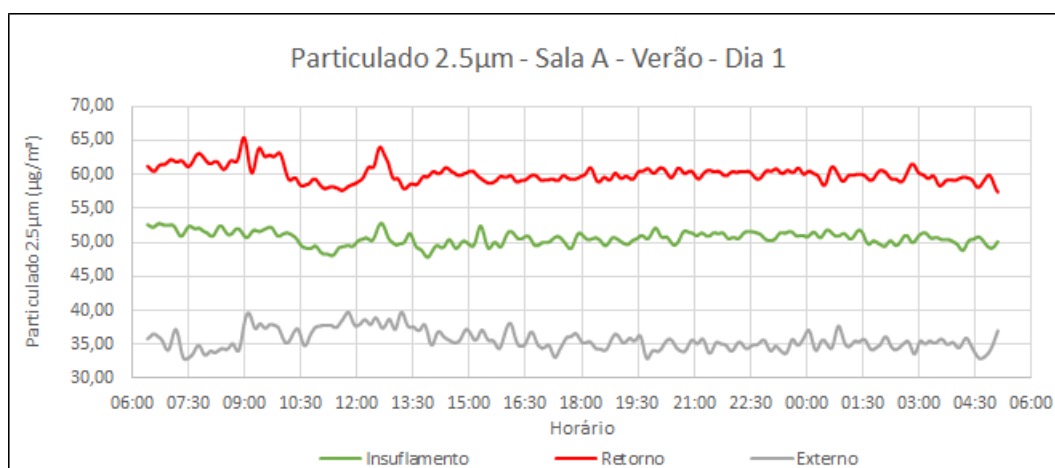


Gráfico 39 - Particulados 2.5µm no primeiro dia de medição de verão na Sala A

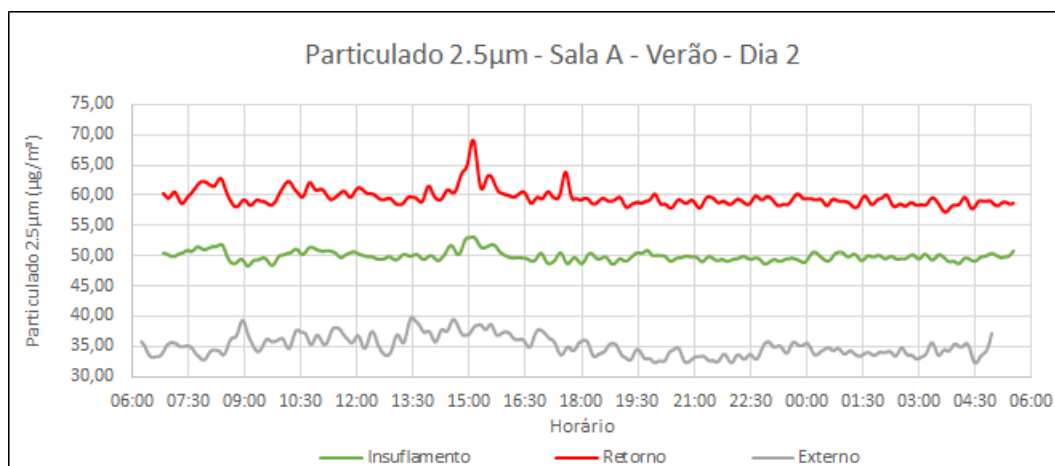


Gráfico 40 - Particulado 2.5µm no segundo dia de medição de verão na Sala A

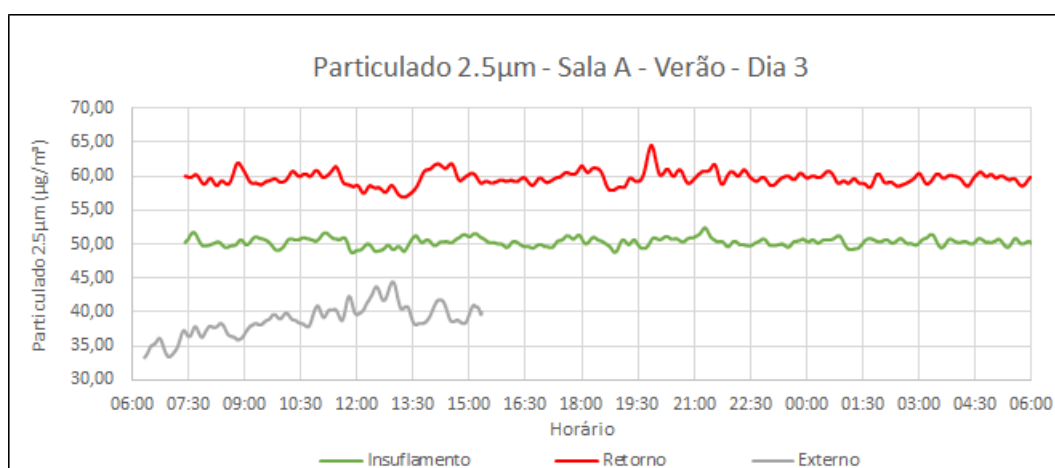


Gráfico 41 - Particulado 2.5µm no terceiro dia de medição de verão na Sala A

Em síntese, assim como observado no inverno, o sistema de ventilação se mostrou eficiente em renovar o ar da sala para a maior parte dos poluentes internos, sendo, porém, por vezes insuficiente na remoção de particulados e dos compostos orgânicos voláteis. No verão, o sistema de climatização se mostrou eficaz em manter a temperatura em níveis adequados para o tipo de ambiente analisado, mas não em manter a umidade na faixa adequada, de modo que tanto a umidade absoluta quanto a relativa tenham permanecido fora do limite recomendado pela NBR7256/2005. O sistema de distribuição de ar, apesar de a temperatura estar adequada, gerou desconforto por movimentação de ar nos ocupantes, situação também constatada no inverno.

5.1.2. Sala F:

A sala de cirurgia F, embora também seja do tipo não reformada, possui *layout* e tamanho distintos dos encontrados na sala A. Desta forma, a sala é utilizada para cirurgias de médio porte, um vez que comporta quantidade inferior de ocupantes e equipamentos. Por sua localização central no Centro Cirúrgico, é também utilizada para cirurgias noturnas. O sistema de ar condicionado que a atende possui uma grelha de insuflamento localizada a aproximadamente 2,5m do piso e outra de retorno, na mesma parede, próxima ao piso, conforme a figura 9, abaixo. Foi observado porém, que pela grelha de retorno havia insuflamento de ar.

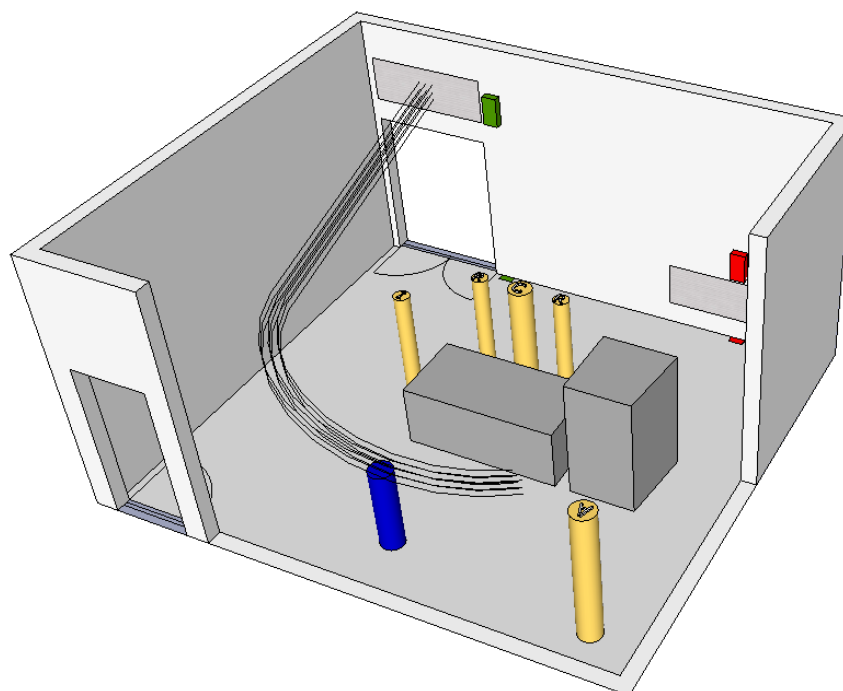


Figura 9 - Esquema da Sala F do Centro Cirúrgico com pontos de medição e equipe cirúrgica básica destacados.

5.1.2.1. Sala F – Inverno:

As medições de inverno na sala F foram conduzidas nos dias 26, 29 e 30 de agosto de 2016. A sala é utilizada para diversos tipos de cirurgias, sendo uma das mais movimentadas do Centro Cirúrgico. Durante as medições de inverno foram observados cinco procedimentos cirúrgicos, sendo dois em cada um dos dois primeiros dias e apenas um no terceiro dia. O sistema de ar condicionado permaneceu ligado em quatro ocasiões, sendo elas nas duas cirurgias do primeiro dia de medição, na cirurgia do terceiro dia e uma quarta ocasião em

que a sala não estava em utilização. Sendo assim, as duas cirurgias do segundo dia de medição foram realizadas com o ar condicionado desligado.

A temperatura de bulbo seco, com o sistema de climatização desligado, permaneceu estável próxima ao limite máximo do intervalo recomendado nas Normas referenciadas, por volta de 24°C, mesmo com a temperatura externa variando entre 16°C e 21°C ao longo dos três dias. Nos momentos em que o sistema de climatização é acionado no primeiro dia de medição, a temperatura cai, atingindo a faixa dos 18°C, mínimo recomendado pelas Normas referenciadas. Vale ressaltar que em nenhuma das três ocasiões em que o ar condicionado é acionado neste dia há a estabilização da temperatura, de modo que ela cai progressivamente até o desligamento do sistema, conforme Gráfico 42.

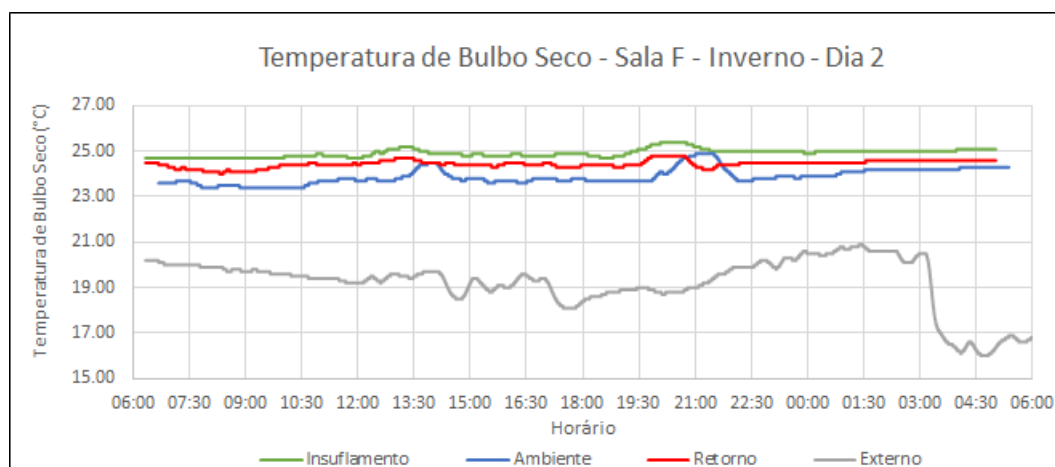


Gráfico 42 - Temperaturas de bulbo seco no primeiro dia de medição de inverno da Sala F.

No segundo dia de medição, embora tenham sido executadas dois procedimentos cirúrgicos, o sistema de climatização não foi acionado. Nestas ocasiões foram observadas leves elevações da temperatura na sala, mas suficientes para ultrapassar o limite máximo recomendado (Gráfico 43). Já no terceiro dia, quando ar condicionado foi ligado durante uma cirurgia de maior porte, o ar do ambiente foi resfriado até atingir a temperatura de 21,5°C, ao redor da qual se estabilizou (Gráfico 44). Por mais que esta condição atenda o que se recomenda para o ambiente, foi relatada sensação de frio durante a ocasião.

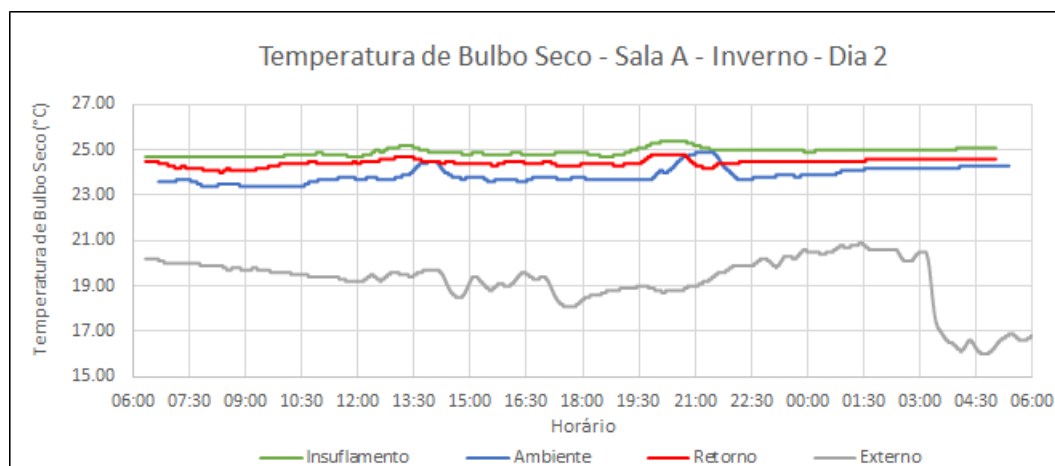


Gráfico 43 - Temperaturas de bulbo seco no segundo dia de medição de inverno da Sala F.

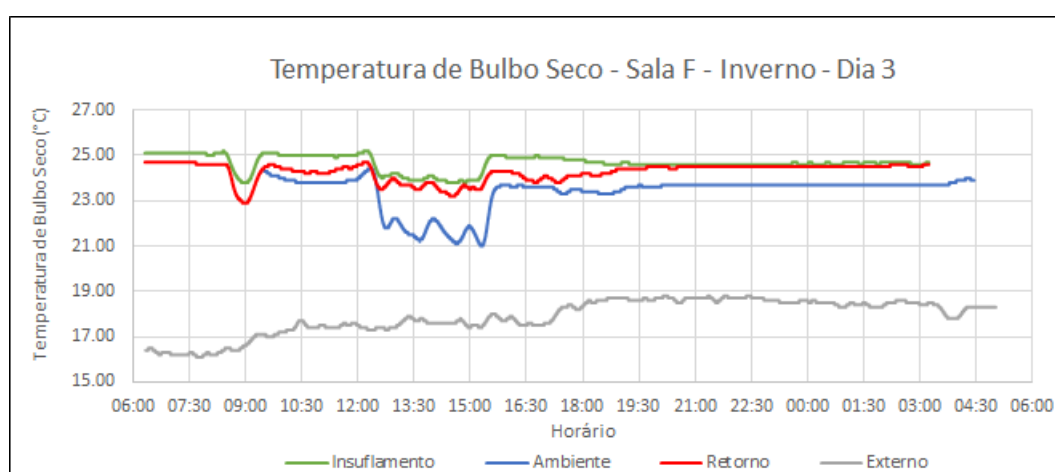


Gráfico 44 - Temperaturas de bulbo seco no terceiro dia de medição de inverno da Sala F.

Por mais que os tipos de cirurgias sejam diferentes, os ocupantes podem ser agrupados, respeitadas certas restrições, de forma semelhante aos da sala A. Os profissionais se distribuem na sala de maneira semelhante: cirurgiões, residentes e internos se posicionam no centro da sala enquanto anestesiológicos, circulantes e técnicos de enfermagem se localizam no entorno do ambiente. Como as vestimentas no Centro Cirúrgico são padronizadas, podem ser observadas as mesmas características relatadas para a sala A. As principais diferenciações à sala anterior decorrem do tipo de cirurgia e pela distribuição do fluxo de ar pela sala. As cirurgias realizadas nesta sala exigem esforço físico da equipe cirúrgica inferior às ortopédicas, conduzidas na sala A, de modo que as suas taxas metabólicas são ligeiramente inferiores às das

equipes de ortopedia. A caracterização destes dois grupos está definida na tabela 7, abaixo.

Tabela 7 - Agrupamento dos ocupantes da Sala F.

	Grupo I	Grupo II
Função dos ocupantes	Cirurgião, Residente	Anestesista, Circulante
Localização	Centro da sala	No entorno do ambiente
Sujeitos ao fluxo de ar principal	Não	Sim
Sujeitos ao foco luminoso da mesa de cirurgia	Sim	Não
Relato de desconforto por movimentação de ar	Não	Sim
Isolamento térmico da vestimenta predominante	Alto (acima de 0,75clo)	Baixo (menor que 0,75clo)
Taxa Metabólica (Tabela 1 da ISO 7243/89)	Média	Baixa
Sensação térmica predominante	Calor	Frio

Com o sistema de climatização desligado, a umidade relativa permaneceu no intervalo recomendado em Norma, de 45% a 55%, ao longo dos três dias, conforme gráficos 45, 46 e 47. Nos momentos em que o ar condicionado permaneceu ligado, porém, a umidade relativa se mostrou acima do que se recomenda para o tipo de ambiente.

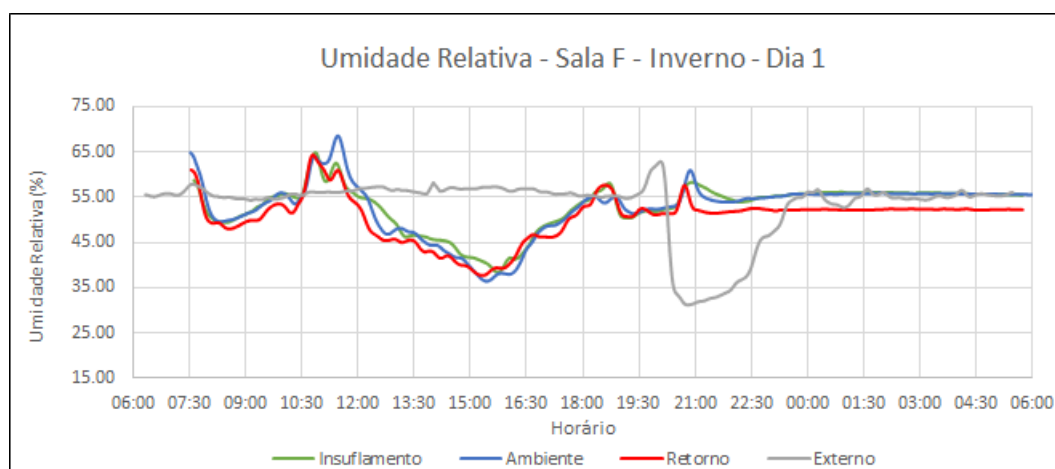


Gráfico 45 - Umidades Relativas no primeiro dia de medição de inverno da Sala F.

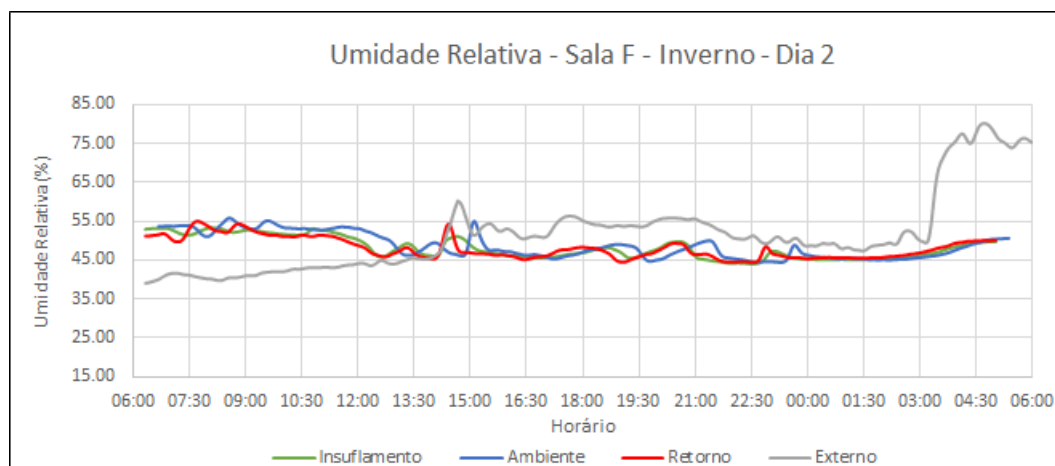


Gráfico 46 - Umidades Relativas no segundo dia de medição de inverno da Sala F.

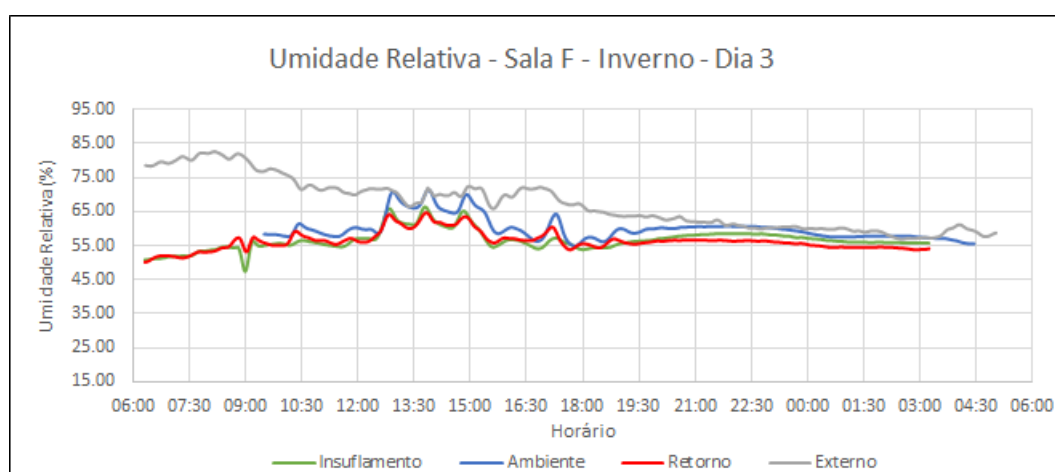


Gráfico 47 - Umidades Relativas no terceiro dia de medição de inverno da Sala F.

A umidade absoluta nas cirurgias do primeiro dia de medição apresentou-se adequada ao longo das cirurgias realizadas. Foi observada desumidificação do ar pelo sistema de climatização. Na primeira cirurgia do segundo dia, durante a qual o ar condicionado não foi ligado, observou-se um ganho de umidade na sala, ocasionado pela ocupação, suficiente para superar o limite de 11,5g/kg obtido através das restrições normativas. Ao longo da cirurgia realizada no terceiro dia, de maior porte, observou-se que a desumidificação promovida pelo sistema de climatização não foi capaz de compensar o ganho de umidade provocado pela ocupação, de forma que se observou um equilíbrio da umidade absoluta no período, em patamar ligeiramente superior ao que se recomenda pelas normas referenciadas (Gráfico 48). Não foram apresentadas queixas pelos ocupantes relacionadas à ressecamento de mucosas.

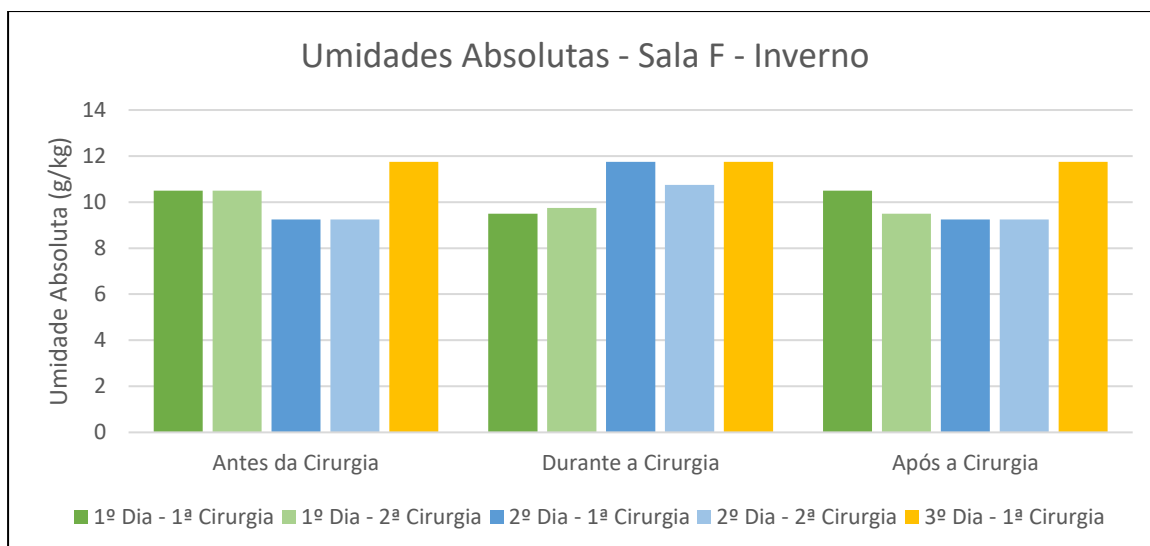


Gráfico 48 - Umidades Absolutas ao longo das medições de inverno da Sala F.

Em relação à qualidade do ar, foram analisadas as concentrações de dióxido de carbono, monóxido de carbono, compostos orgânicos voláteis e particulados 2.5µm. A concentração de CO₂ ultrapassou o limite máximo previsto na resolução 9ª da ANVISA apenas em uma ocasião ao longo destes três dias, durante a segunda cirurgia do segundo dia, atingindo 1100ppm (Gráfico 49). Nesta cirurgia o sistema de ventilação não foi acionado.

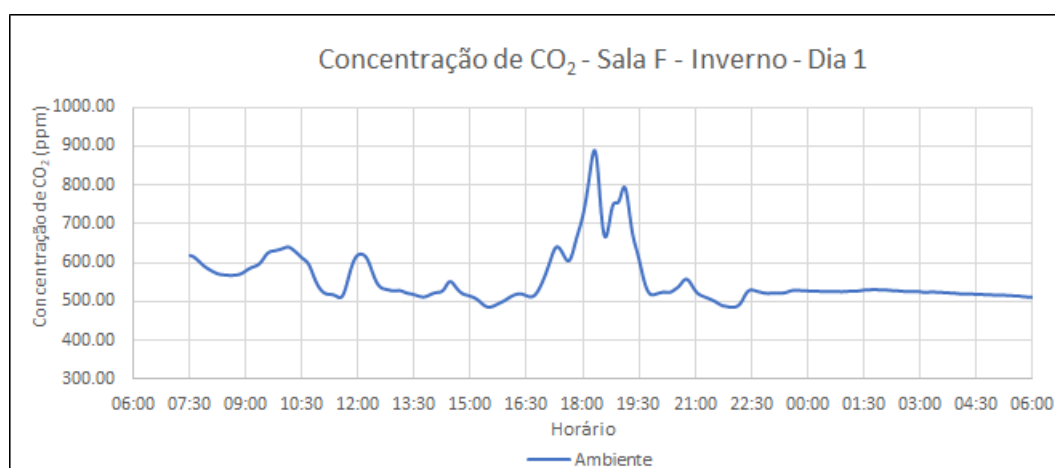


Gráfico 49 - Concentração de dióxido de carbono no segundo dia de medição de inverno da Sala F.

Nas cirurgias dos outros dois dias, antes de ser acionada a ventilação, a concentração do poluente sai da faixa dos 500ppm, verificada com a sala

desocupada, e cresce até que se ligue o sistema. Quando foi acionado, o sistema de ventilação se mostrou suficiente na remoção do gás, sendo capaz de impedir que a concentração de CO₂ atingisse o limite estabelecido (Gráficos 50 e 51).



Gráfico 50 - Concentração de dióxido de carbono no primeiro dia de medição de inverno da Sala F.

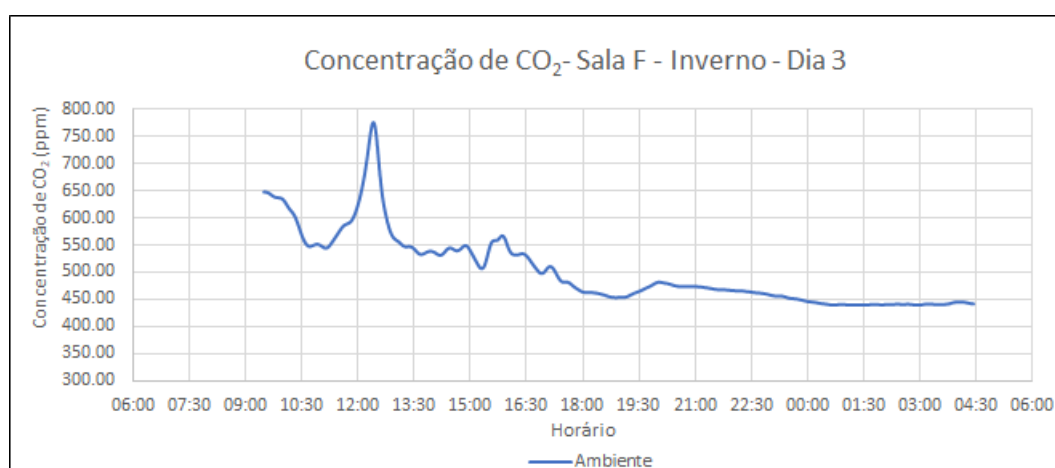


Gráfico 51 - Concentração de dióxido de carbono no terceiro dia de medição de inverno da Sala F.

O sistema de ventilação também se mostrou eficiente na remoção de monóxido de carbono. Da mesma forma que se observou para o CO₂, as concentrações do gás crescem com a ocupação da sala, mas retornam aos níveis próximos aos do exterior da sala com o sistema de ventilação em operação (Gráficos 52, 53 e 54). Assim como para os outros contaminantes já comentados, observa-se que a concentração dos compostos orgânicos voláteis é bastante reduzida com o funcionamento do sistema de ventilação, o que

reforça a sua eficiência na remoção de gases contaminantes do ambiente (Gráficos 55, 56 e 57).

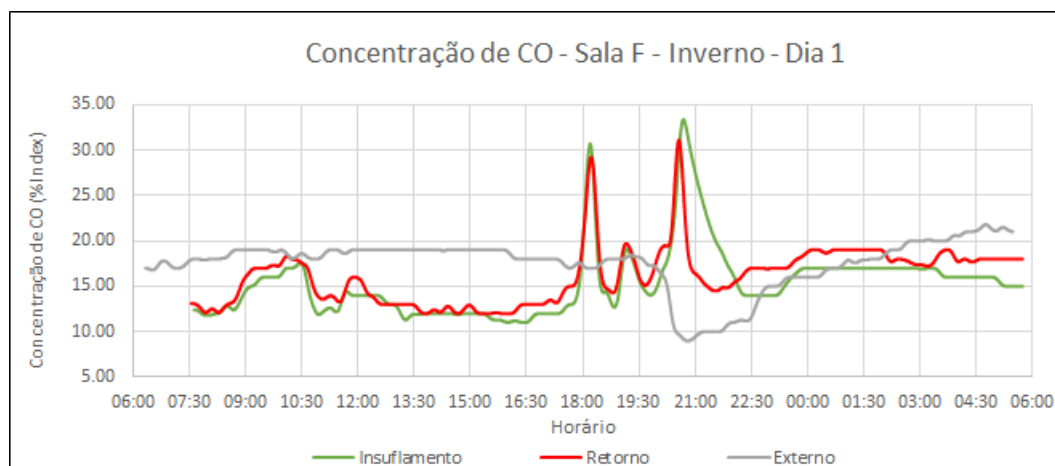


Gráfico 52 - Concentração de monóxido de carbono no primeiro dia de medição de inverno da Sala F.

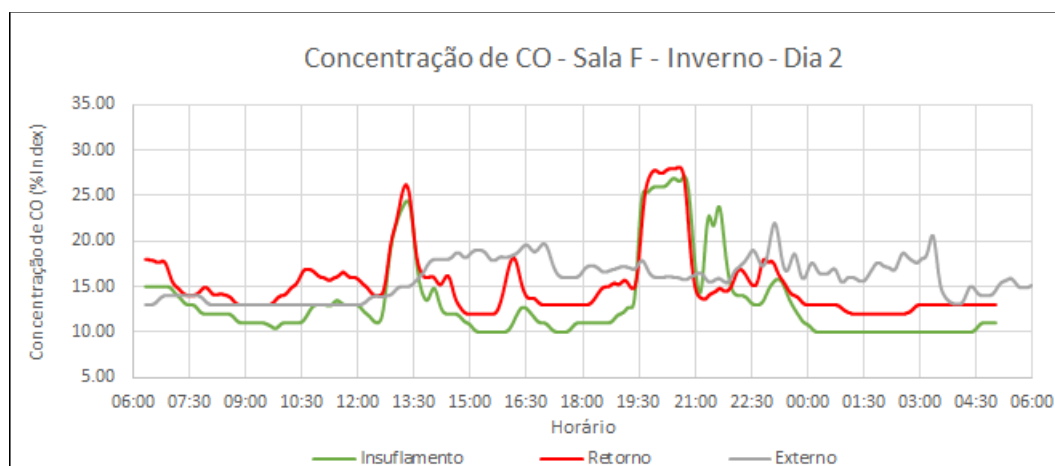


Gráfico 53 - Concentração de monóxido de carbono no primeiro dia de medição de inverno da Sala F.

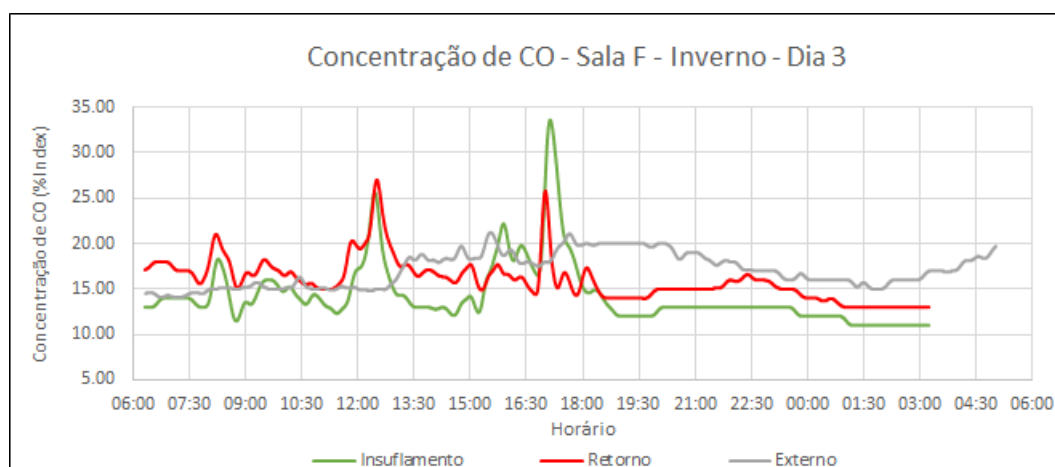


Gráfico 54 - Concentração de monóxido de carbono no primeiro dia de medição de inverno da Sala F.

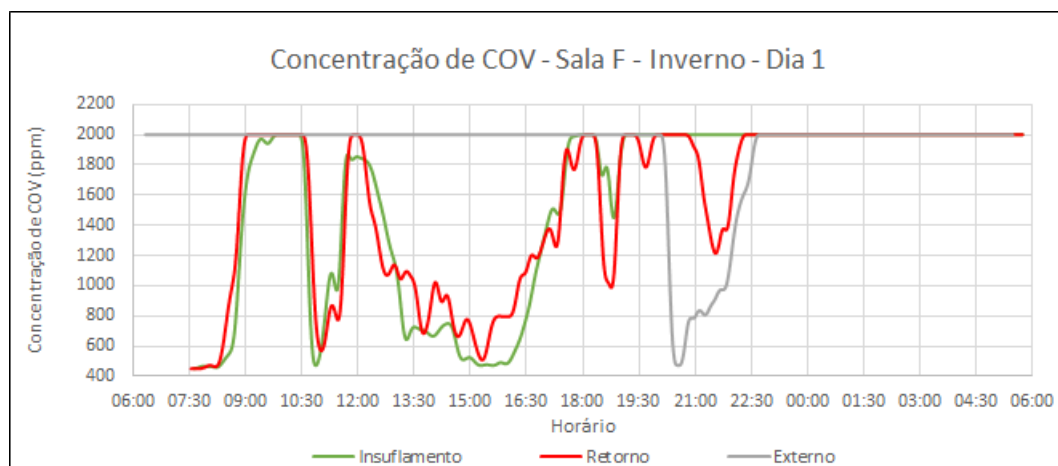


Gráfico 55 - Concentração de compostos orgânicos voláteis no primeiro dia de medição de inverno da Sala F.

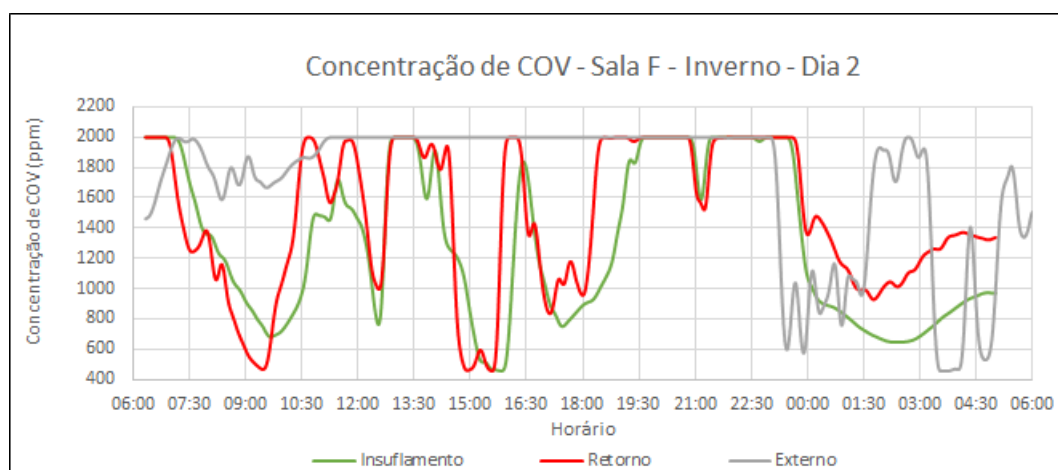


Gráfico 56 - Concentração de compostos orgânicos voláteis no segundo dia de medição de inverno da Sala F.

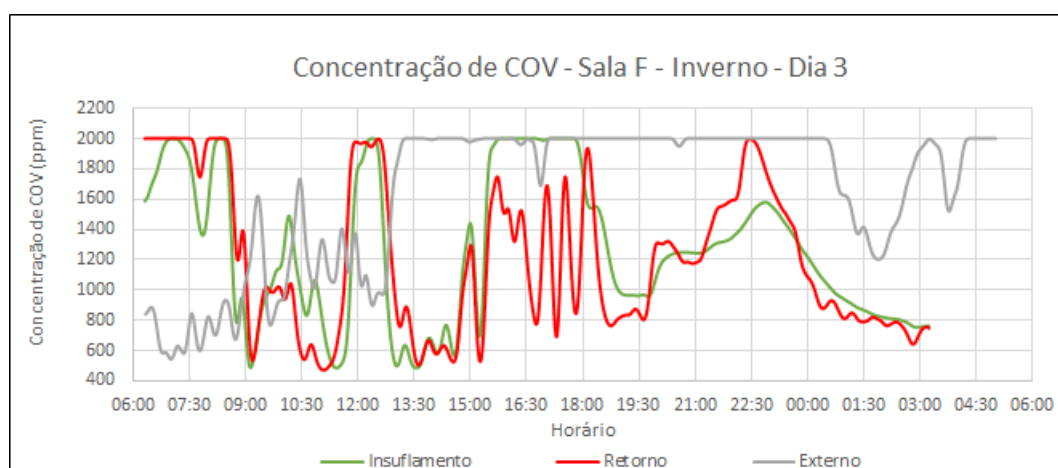


Gráfico 57 - Concentração de compostos orgânicos voláteis no terceiro dia de medição de inverno da Sala F.

Analisando o comportamento dos particulados observa-se que no ponto Retorno, a concentração do poluente permanece entre $70\mu\text{g}/\text{m}^3$ e $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ ao longo dos três dias de medição, enquanto a concentração no insuflamento se encontra por volta de $65\mu\text{g}/\text{m}^3$ e a externa ao edifício em aproximadamente $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Gráficos 58, 59 e 60). Esta situação pouco se altera com o acionamento do sistema de ventilação, evidenciando uma ineficiência do sistema de ventilação em remover o particulado do ambiente. A constante diferença entre a concentração de particulados no ponto Insuflamento e no ponto externo, mesmo com o ar condicionado ligado, sugere deficiências de filtros, limpeza de dutos, bem como na vazão de ar insuflado.

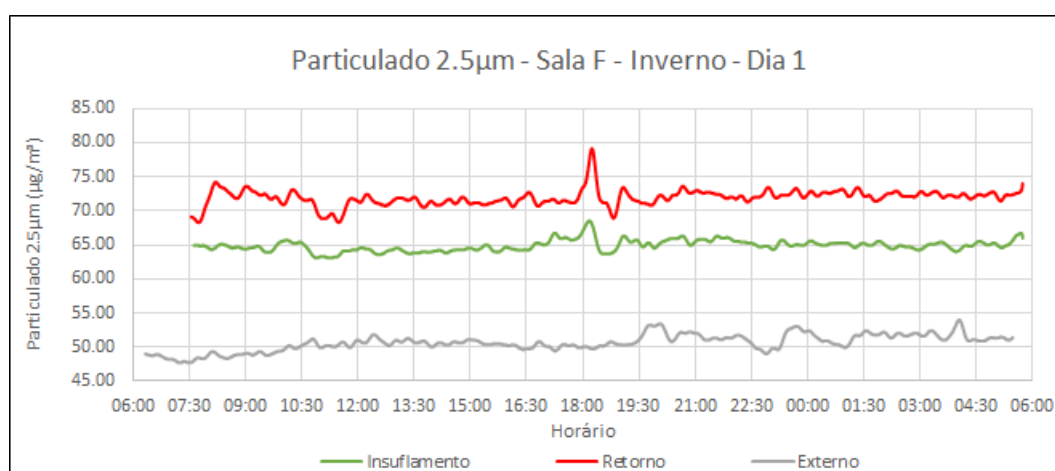


Gráfico 58 - Concentrações de Particulados $2,5\mu\text{m}$ no primeiro dia de medição de inverno da Sala F.

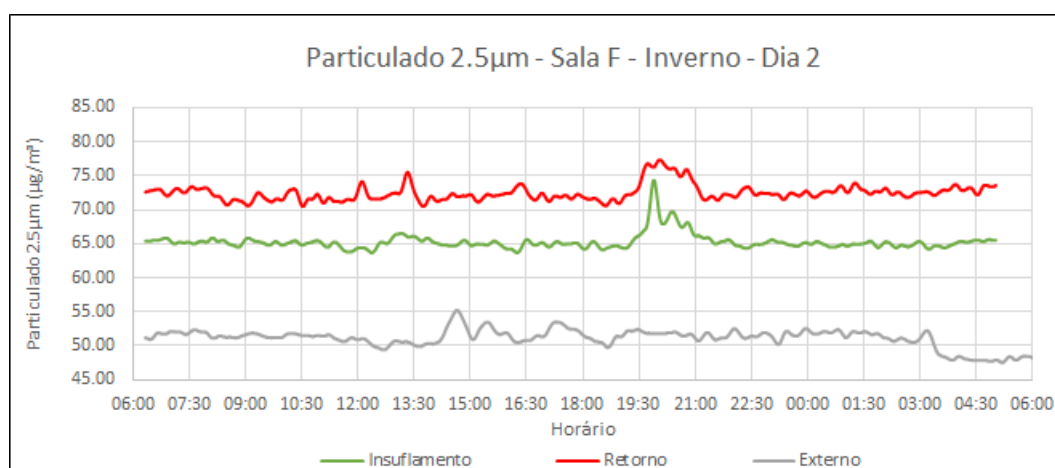


Gráfico 59 - Concentrações de Particulados $2,5\mu\text{m}$ no segundo dia de medição de inverno da Sala F.

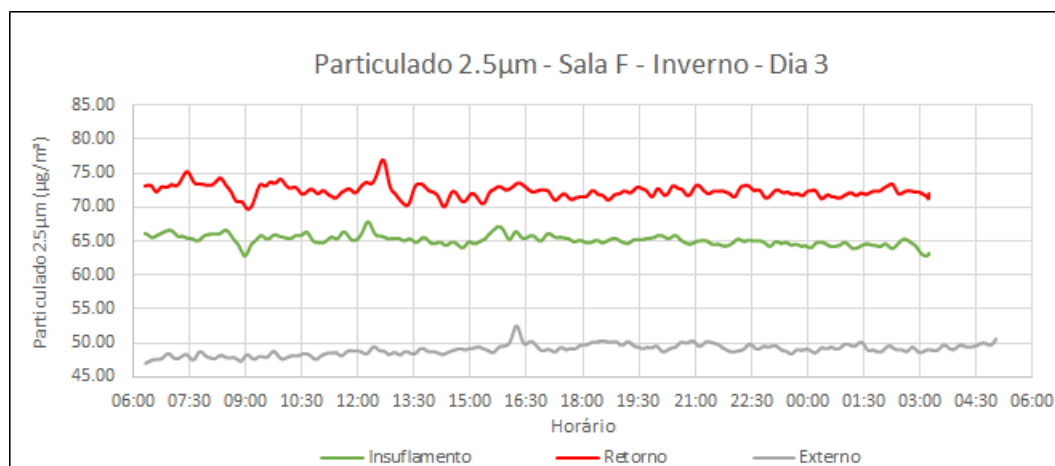


Gráfico 60 - Concentrações de Particulados 2,5µm no terceiro dia de medição de inverno da Sala F.

Em síntese, observa-se que, apesar de ser uma sala de cirurgias de menor porte e distinto layout, em relação à sala A, os fenômenos observados são bastante semelhantes. O sistema de ventilação é eficiente em promover a renovação de ar e remover os gases poluentes, mas não em remover os particulados. O sistema de distribuição de ar não se mostrou eficaz na promoção do conforto térmico, uma vez que o fluxo de ar insuflado é direcionado aos ocupantes com menor taxa metabólica e vestimentas mais leves, ocasionando sensação de frio, além de desconforto por movimentação de ar. Já o sistema de climatização se mostrou eficiente em manter a temperatura dentro da faixa recomendada pelas normas referenciadas, mas não foi suficientemente capaz de promover desumidificação do ar do ambiente.

5.1.2.2. Sala F – Verão:

As medições de verão na sala F foram conduzidas já no outono, nos dias 18, 19 e 20 de abril. Ao longo destes três dias foram realizadas sete procedimentos cirúrgicos, um no primeiro dia, no período da manhã, dois no segundo dia, sendo um no início da manhã e outro no início da tarde, e quatro no terceiro dia, dois no período da manhã, um no fim da tarde e outro à noite. O ar condicionado foi acionado apenas em quatro destas ocasiões, nas duas cirurgias do segundo dia e nos dois últimos procedimentos do terceiro dia.

Na cirurgia do primeiro dia observou-se que a temperatura de bulbo seco atingiu 25°C (Gráfico 61), acima do intervalo recomendado pelas Normas

referenciadas. A temperatura elevada gerou queixas por parte dos usuário, havendo relato de sensação de “muito calor” e transpiração. A mesma situação pode ser observada na segunda cirurgia do terceiro dia (Gráfico 63), na qual o sistema de climatização também não foi ligado.

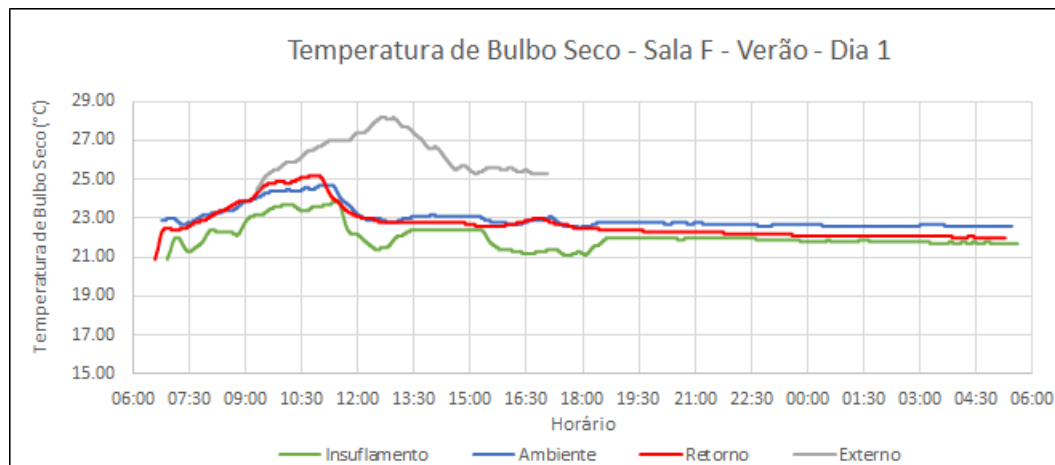


Gráfico 61 - Temperaturas de bulbo seco no primeiro dia de medição de verão na Sala F

Nas cirurgias do segundo dia é possível observar que, com o ar condicionado funcionando, a temperatura da sala se mantém próxima à 20°C, adequada para o tipo de ambiente. (Gráfico 62).

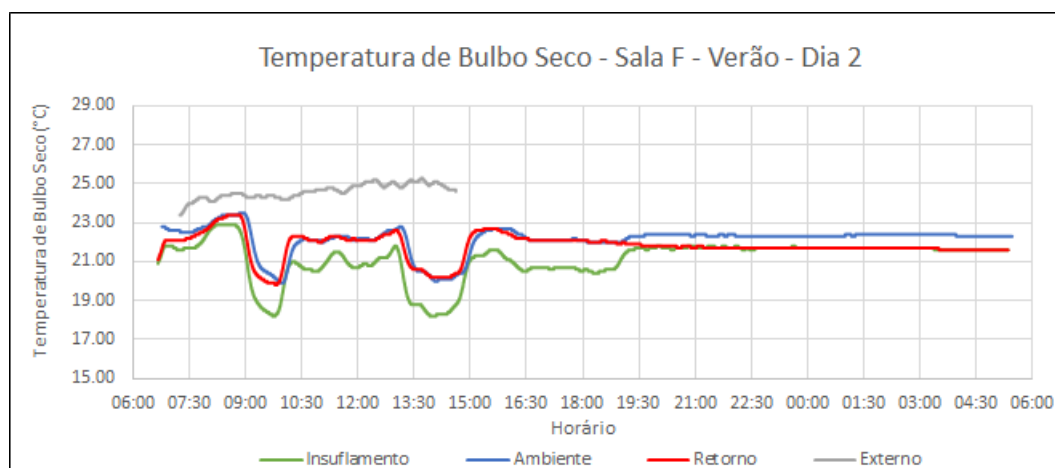


Gráfico 62 - Temperaturas de bulbo seco no segundo dia de medição de verão da Sala F

No terceiro dia, ao longo das cirurgias nas quais o sistema de climatização permaneceu em operação, observou-se pequena redução na temperatura do ambiente, a qual permaneceu próxima à 22°C, também adequada para o tipo de utilização da sala (Gráfico 63).

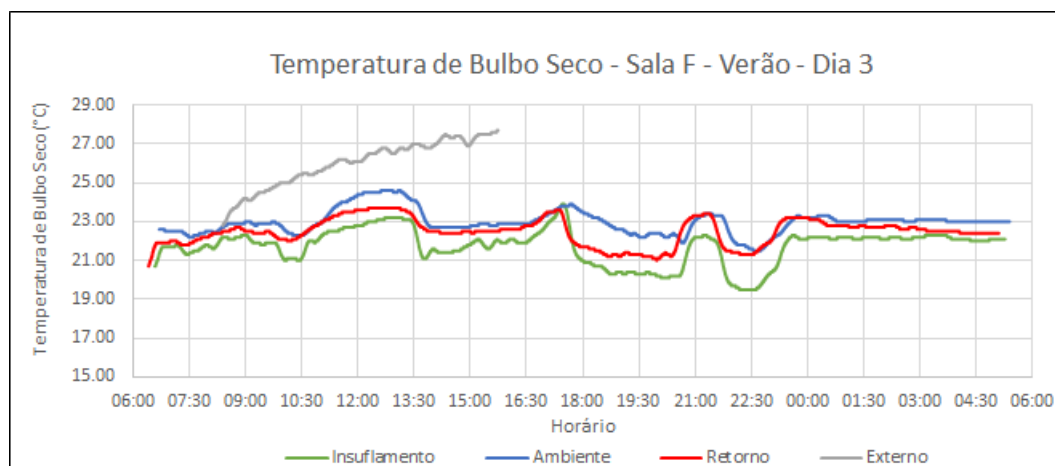


Gráfico 63 - Temperaturas de bulbo seco no terceiro dia de medição de verão na Sala F

A umidade relativa permaneceu ao longo dos três dias medidos acima do que se recomenda para salas de cirurgia, variando entre 55% e 85% (Gráficos 64, 65 e 66). São observados picos na umidade relativa nos momentos das sete cirurgias do período, tanto nas realizadas com o sistema de ar condicionado operando quanto nas conduzidas sem a sua utilização.

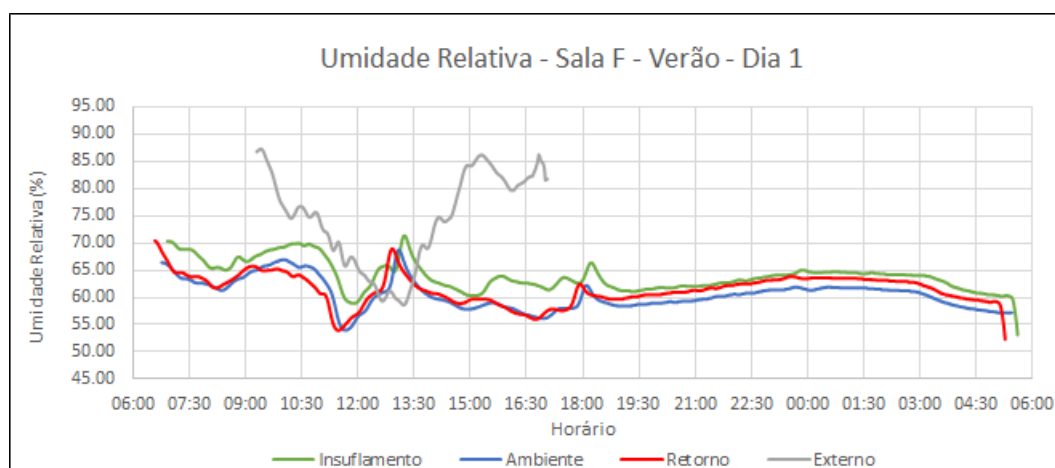


Gráfico 64 - Umidades relativas no primeiro dia de medição de verão na Sala F

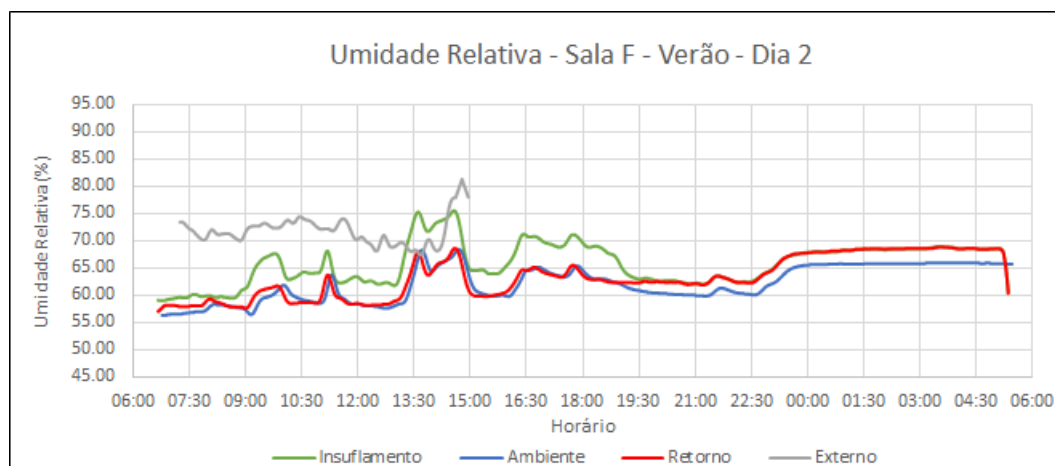


Gráfico 65 - Umidades relativas no segundo dia de medição de verão na Sala F

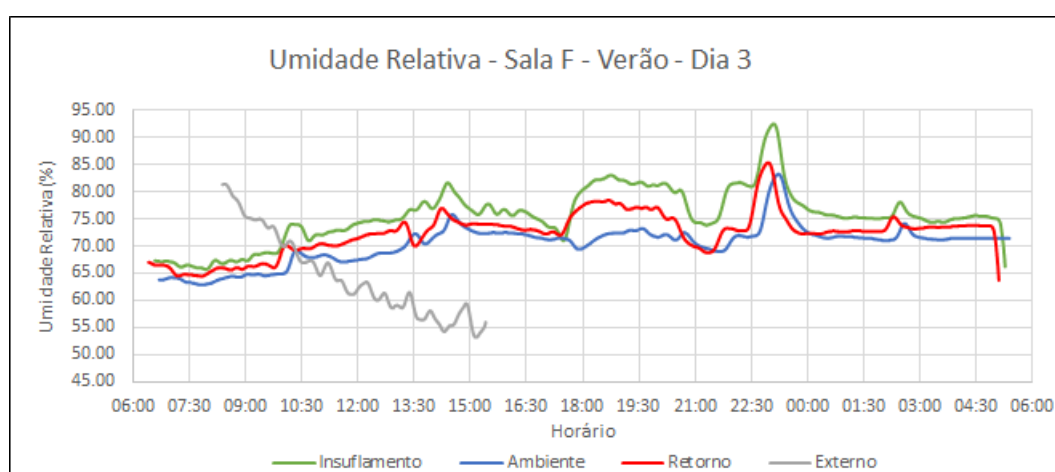


Gráfico 66 - Umidades relativas no terceiro dia de medição de verão na Sala F

A velocidade do ar permanece de acordo com o que se recomenda na NBR16.401/2008, abaixo de 0,15m/s nas cirurgias realizadas sem o funcionamento do ar condicionado. Com o sistema de distribuição de ar ligado, porém, são observadas velocidades de até 0,5m/s, sem que estas sejam compensatórias de temperaturas elevadas, como ressaltado em Norma (Gráficos 67, 68 e 69). Além de acima do recomendado, as velocidades variam de forma muito significativa com o sistema de ventilação ligado, indicando um fluxo de ar mais turbulento, o que intensifica a sensação de desconforto por movimentação de ar.

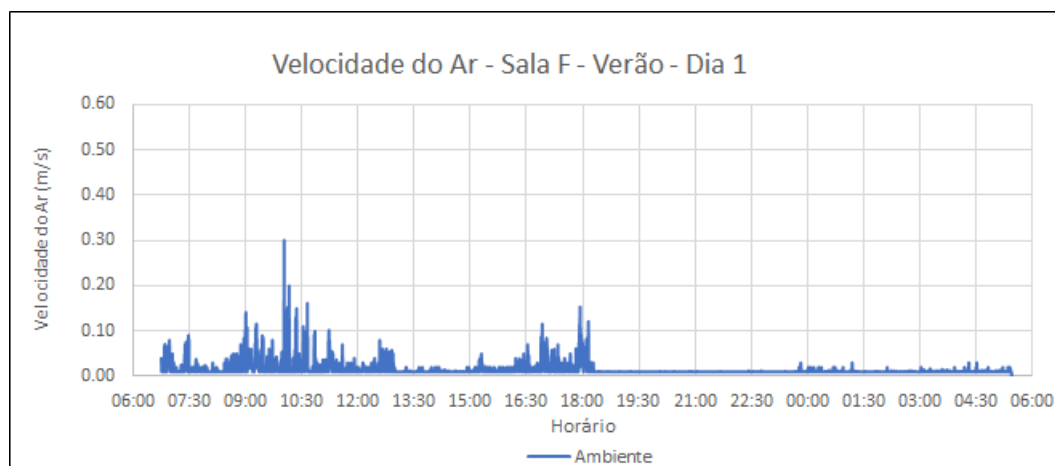


Gráfico 67 - Velocidades do ar no primeiro dia de medição de verão da Sala J

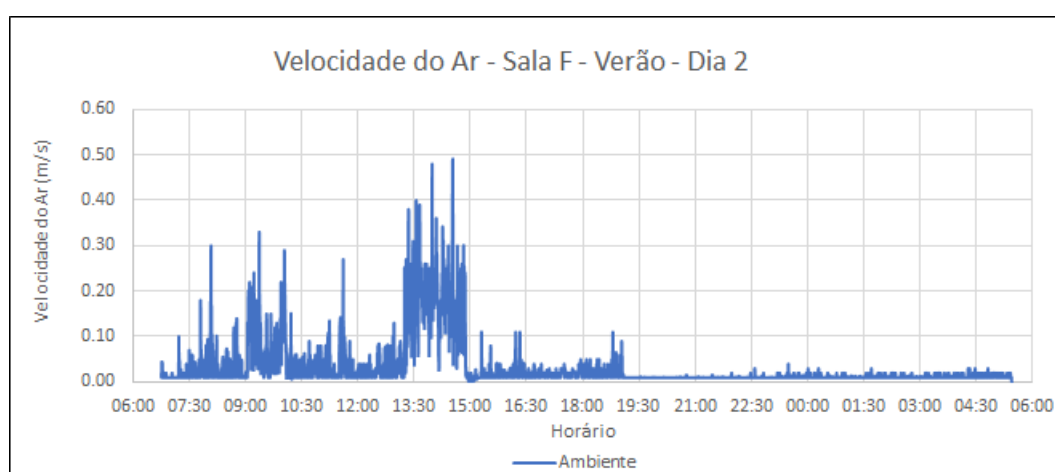


Gráfico 68 - Velocidades do ar no segundo dia de medição de verão da Sala J

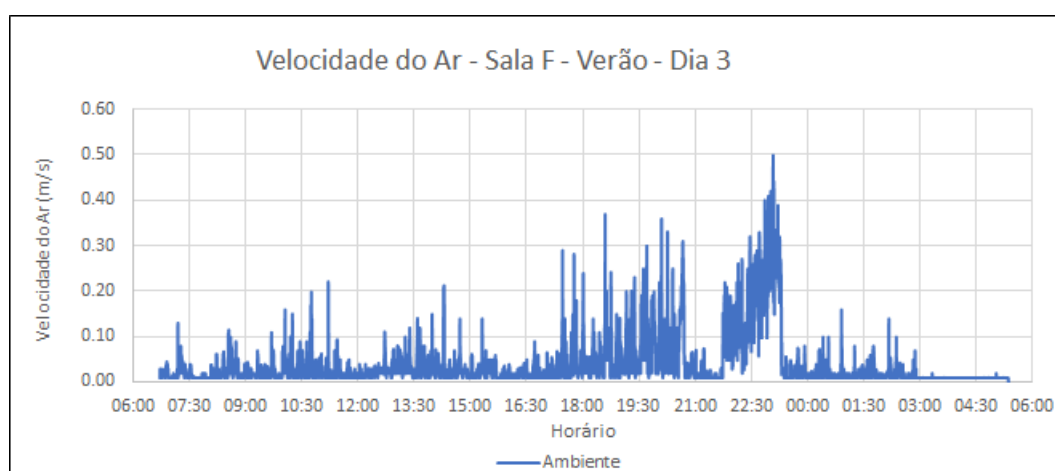


Gráfico 69 - Velocidades do ar no terceiro dia de medição de verão da Sala J

Foram observadas concentrações de dióxido de carbono acima do limite estabelecido pela resolução 9ª da ANVISA em quatro ocasiões, todas elas em momentos em que o sistema de ventilação estava desligado. Na cirurgia

realizada no primeiro dia, durante a qual o ar condicionado não foi acionado, foram atingidas concentrações de 1500ppm, sendo que o ar exterior apresentava concentração de 700ppm no momento. Desta forma, além de estar em desacordo com a resolução da ANVISA, também não foi atendido o que se recomenda na NBR16.401, estando a concentração interna 800ppm acima da interna (Gráfico 70). Situação similar é observada ao longo da segunda cirurgia do terceiro dia, também realizada sem o funcionamento do sistema de ventilação. Nesta ocasião a concentração de CO₂ na sala permanece durante praticamente toda a cirurgia acima de 1500ppm, chegando a atingir 2300ppm, enquanto a concentração do poluente no ar externo estava em 700ppm (Gráfico 71).

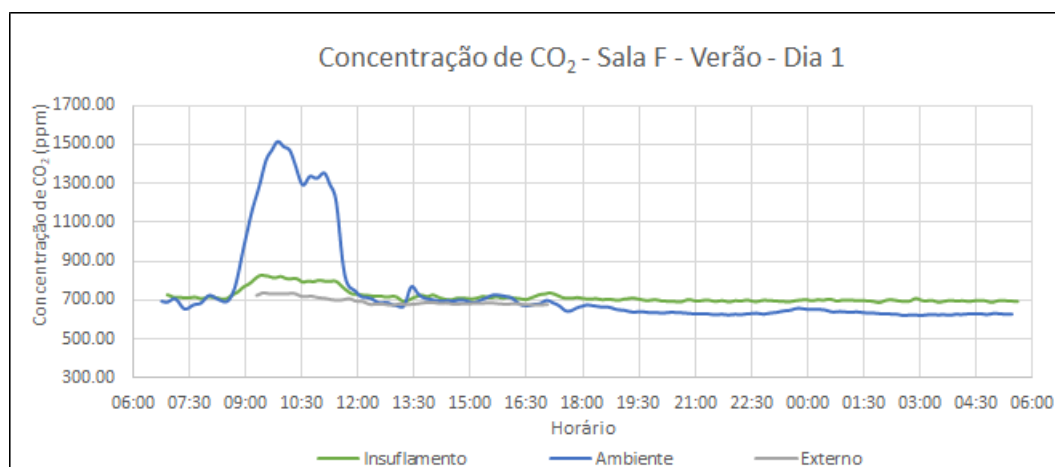


Gráfico 70 - Concentrações de dióxido de carbono no primeiro dia de medição de verão na Sala F

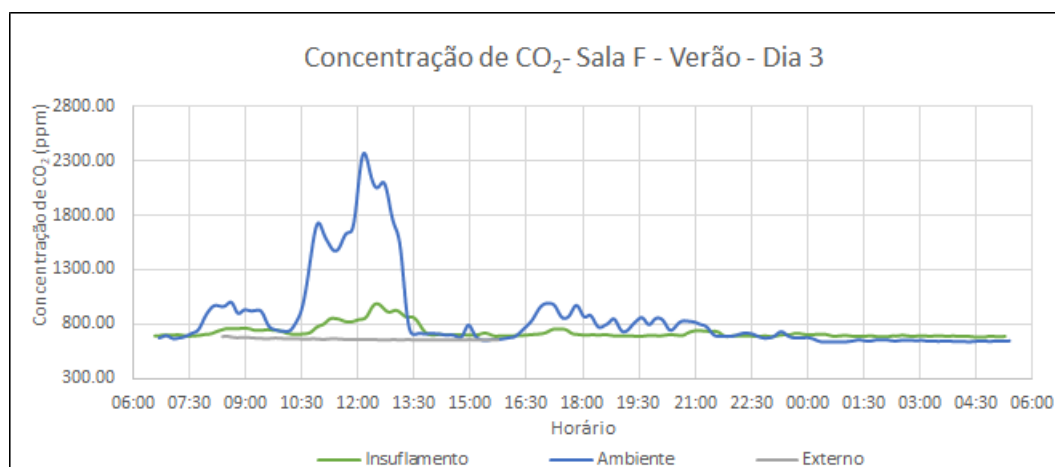


Gráfico 71 - Concentrações de dióxido de carbono no terceiro dia de medição de verão na Sala F

Nas cirurgias realizadas com o sistema de ventilação em funcionamento, pode-se observar que, ao ser acionado o sistema, ele se mostrou eficiente em promover a renovação de ar na sala, reduzindo a concentração do gás à níveis próximos ao externo. Esta situação é bem demonstrada pelas observação da primeira cirurgia do segundo dia, a qual foi iniciada com o ar condicionado desligado, momento no qual foram observadas concentrações acima de 1000ppm, limite estabelecido pela ANVISA, mas ao ser acionado o sistema de ventilação a concentração do poluente é reduzida aos 700ppm observados no ambiente externo (Gráfico 72).

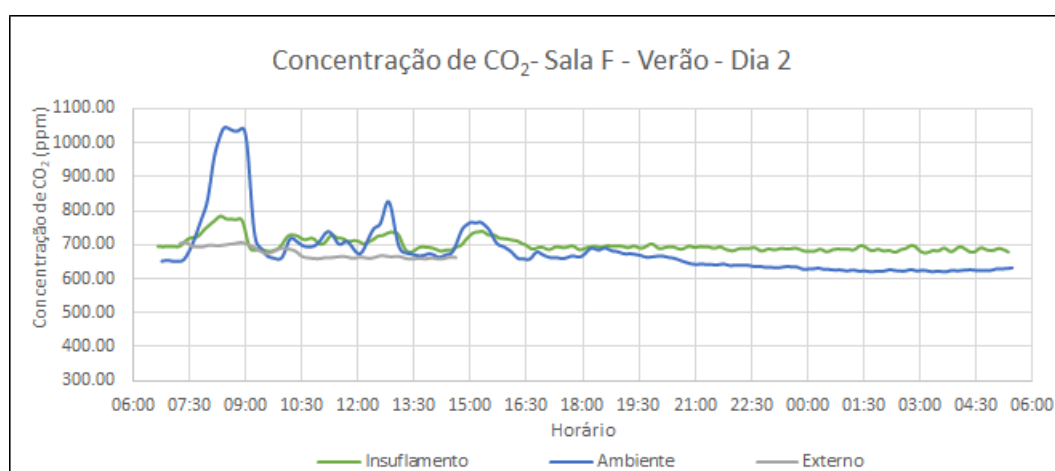


Gráfico 72 - Concentrações de dióxido de carbono no segundo dia de medição de verão na Sala F

Os compostos orgânicos voláteis permaneceram durante os três dias, salvo algumas exceções descritas em sequência, acima do limite máximo da escala de medição dos sensores utilizados (2000ppm). Observa-se, porém, que em apenas uma ocasião o sistema de ventilação foi capaz de reduzir a concentração de COV do ambiente para nível inferior a 2000ppm (Gráficos 73, 74 e 75).

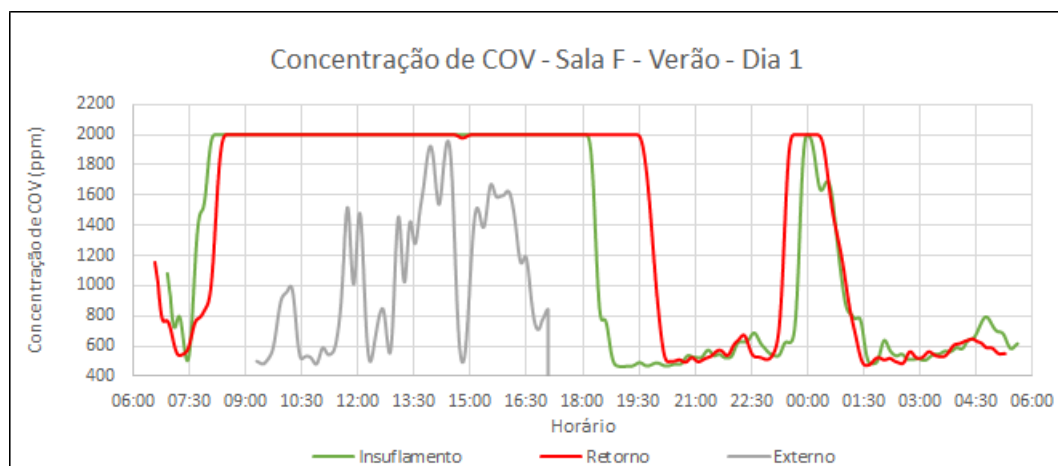


Gráfico 73 - Concentrações de compostos orgânicos voláteis no primeiro dia de medição de verão na Sala F

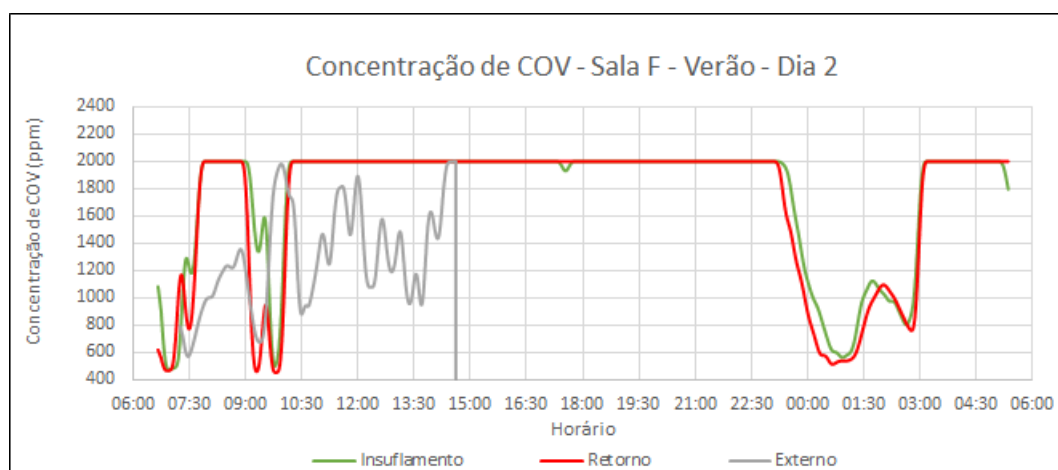


Gráfico 74 - Concentrações de compostos orgânicos voláteis no segundo dia de medição de verão na Sala F

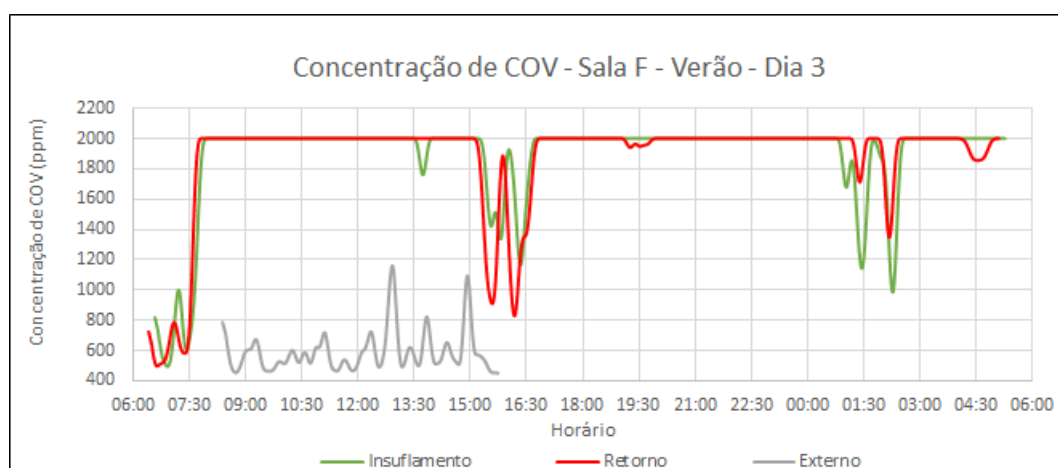


Gráfico 75 - Concentrações de compostos orgânicos voláteis no terceiro dia de medição de verão na Sala F

Se o sistema de ventilação se mostrou eficiente na remoção dos gases poluentes, na remoção dos particulados do ambiente ele se mostrou insuficiente. A mesma situação foi observada nas medições de inverno. Durante os três dias de medição, a concentração de particulados $2.5\mu\text{m}$ no ponto Retorno oscilou em torno de $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ e no Insuflamento se manteve próxima a $50\mu\text{g}/\text{m}^3$, enquanto no exterior do edifício foram observadas concentrações do particulado próximas a $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Gráficos 76, 77 e 78). A situação acima descrita pouco se altera com o acionamento do sistema de ventilação, sendo observadas apenas pequenas reduções, de forma que a concentração no ponto Insuflamento não se aproxima de maneira significativa da concentração externa, indicando deficiências de filtros, limpeza de dutos e vazão de ar insuflado. De maneira análoga ao que se destacou para a sala A, as concentrações do particulado observadas no período de inverno são, inclusive no ambiente externo, superiores às observadas no período de verão, dada o maior volume de chuvas ocorrido no segundo.

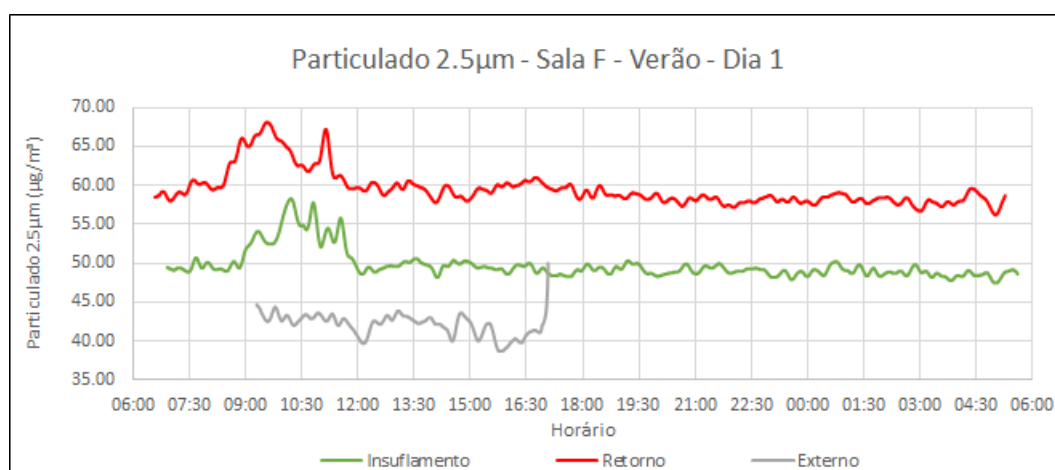


Gráfico 76 - Concentrações de particulados $2.5\mu\text{m}$ no primeiro dia de medição de verão na Sala F

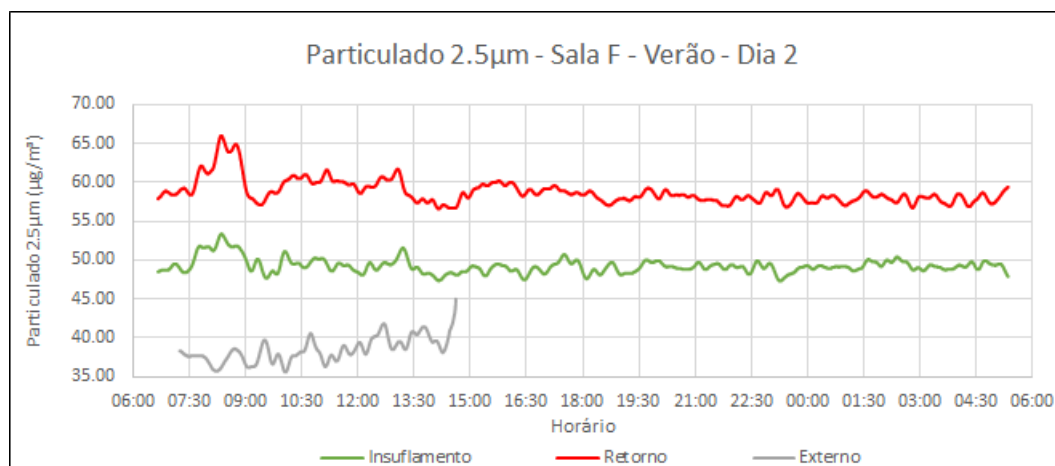


Gráfico 77 - Concentrações de particulados 2.5µm no segundo dia de medição de verão na Sala F

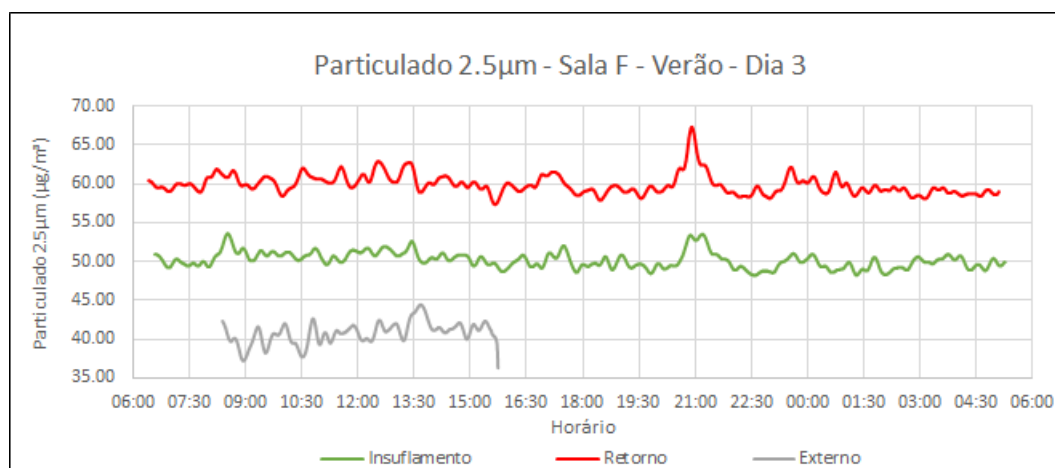


Gráfico 78 - Concentrações de particulados 2.5µm no terceiro dia de medição de verão na Sala F

Sinteticamente, observa-se que, apesar de suas peculiaridades em relação à sala A, os fenômenos observados nas duas são bastante semelhantes. O sistema de ventilação é eficiente em promover a renovação de ar e remover os gases poluentes, mas não em remover os particulados. O sistema de distribuição de ar se mostrou pouco eficaz na promoção do conforto térmico, direcionando o fluxo de ar insuflado aos ocupantes com menor taxa metabólica e vestimentas mais leves, ocasionando sensação de frio, além de desconforto por movimentação de ar. O sistema de climatização, por sua vez, apresentou-se eficiente em manter a temperatura dentro da faixa recomendada pelas normas referenciadas, mas não foi suficientemente capaz de promover desumidificação do ar do ambiente.

5.1.3. Sala J:

A sala J é uma das duas salas modernizadas do Centro Cirúrgico. Ela é principalmente utilizada para procedimentos laparoscópicos, uma vez que possui a infraestrutura necessária. Este tipo de procedimento demanda a utilização equipamentos adicionais, o que contribui para o aumento da carga térmica do ambiente. Por outro lado as cirurgias ali realizadas são de menor porte, se comparadas às das salas A e F, havendo um menor número de ocupantes na sala.

O insuflamento de ar é realizado através de quatro difusores de quatro vias localizados no forro e o retorno por uma grelha próxima ao piso, conforme representado na figura 10. Desta forma o sistema de distribuição de ar é bastante distinto do existente nas salas não modernizadas. Diferentemente das outras salas estudadas, a porta de acesso ao corredor sujo é motorizada e programada para não ser mantida aberta. Apesar de a sala ter sido modernizada, o sistema de ventilação é indissociável do sistema de climatização e há apenas a opção de ligar ou desligar o sistema, não havendo controle de *set-point*.

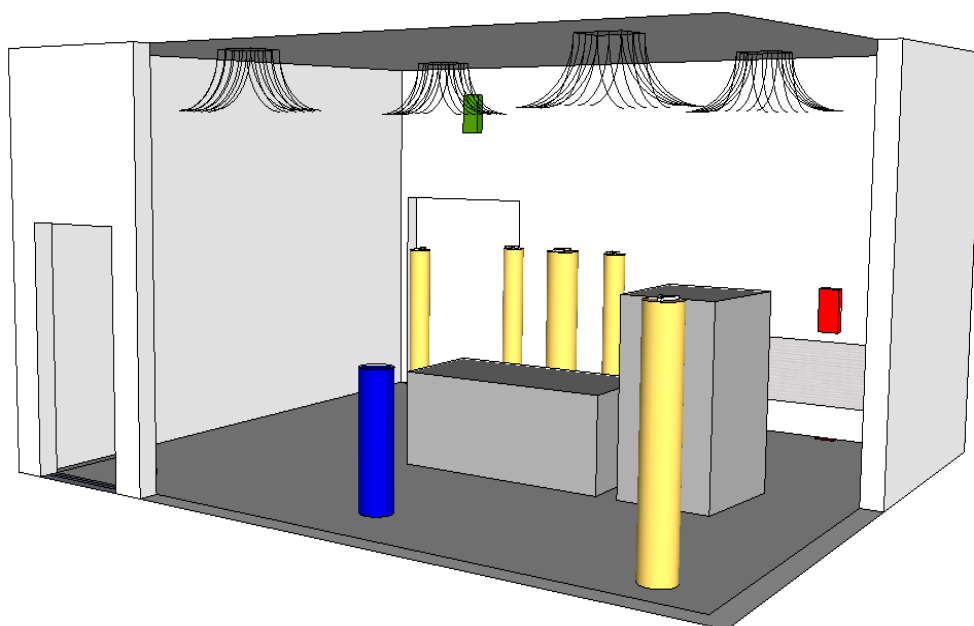


Figura 10 - Esquema representativo da Sala J do Centro Cirúrgico, destacando os pontos de medição e posicionamento da equipe básica de cirurgia.

5.1.3.1. Sala J – Inverno:

As medições de inverno na sala J ocorreram nos dias 13, 14 e 15 de setembro de 2016. No primeiro dia de medição foi realizada uma cirurgia no

período da manhã e o ar condicionado permaneceu ligado durante todo o dia. No segundo dia foi realizada também somente uma cirurgia, mas no período vespertino. No terceiro dia não foram realizadas cirurgias na sala. À exceção do dia 13 de setembro, o ar condicionado permaneceu sempre desligado.

A temperatura de bulbo seco oscilou entre 22°C e 24,5°C ao longo do primeiro dia de medição, atingindo assim o limite superior do intervalo recomendado nas Normas referenciadas (Gráfico 79). Apesar disto, as sensações térmicas relatadas pelos ocupantes variaram entre frio e confortável. Aqueles que se queixaram de frio alegaram também desconforto por movimentação de ar. Os demais também pontuaram sentir movimentação de ar, mas a classificaram como agradável.

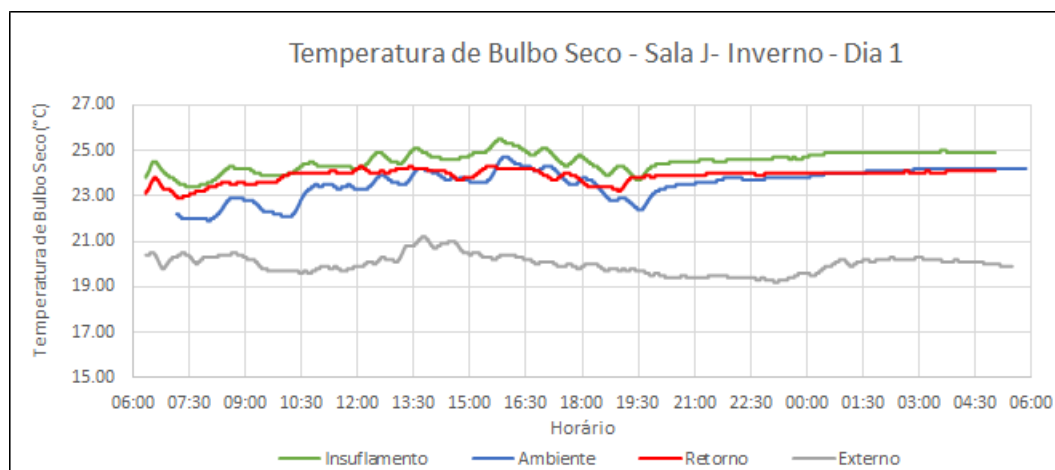


Gráfico 79 - Temperaturas de bulbo seco no primeiro dia de medição de inverno na Sala J

Apesar de ser esta uma sala do tipo modernizada, os seus ocupantes podem ser agrupados de maneira semelhante aos das salas A e F. Os profissionais se distribuem na sala de maneira semelhante: cirurgiões, residentes e internos se posicionam no centro da sala enquanto anestesiológicos, circulantes e técnicos de enfermagem se localizam no entorno do ambiente. Como as vestimentas no Centro Cirúrgico são padronizadas, podem ser observadas as mesmas características relatadas para as outras salas. As principais diferenciações às salas anteriores decorrem do tipo de cirurgia e pela distribuição do fluxo de ar pela sala. Da mesma maneira que na sala F, as cirurgias realizadas nesta sala exigem esforço físico da equipe cirúrgica inferior às ortopédicas, conduzidas na sala A, de modo que as suas taxas metabólicas são ligeiramente inferiores às

das equipes de ortopedia. A caracterização destes dois grupos está definida na tabela 8, abaixo.

Tabela 8 - Agrupamento dos ocupantes da Sala J

	Grupo I	Grupo II
Função dos ocupantes	Cirurgião, Residente	Anestesista, Circulante
Localização	Centro da sala	No entorno do ambiente
Sujeitos ao foco luminoso da mesa de cirurgia	Sim	Não
Relato de desconforto por movimentação de ar	Não	Sim
Isolamento térmico da vestimenta predominante	Alto (acima de 0,75clo)	Baixo (menor que 0,75clo)
Taxa Metabólica (Tabela 1 da ISO 7243/89)	Média	Baixa
Sensação térmica predominante	Calor	Frio

Vale ressaltar que aqueles que responderam ao questionário aplicado pertencem ao Grupo II, cujos membros são mais suscetíveis a sentir frio. Ao contrário do que se observou nas outras salas, não houve uma hegemonia de sensação de frio para os profissionais classificados como membros do Grupo II, uma vez que o sistema de distribuição de ar da sala J não possui apenas uma grelha de insuflamento, mas quatro difusores espalhados pelo forro da sala, o que reduz as velocidades do ar no ambiente, atenuando a sensação de desconforto.

Ao longo de todo o segundo dia, no qual foi realizada uma cirurgia, a temperatura permanece estável, em aproximadamente 24°C (Gráfico 80). No terceiro dia, com o ar condicionado desligado e a sala vazia, a temperatura interna se manteve constante em 23,5°C (Gráfico 81).

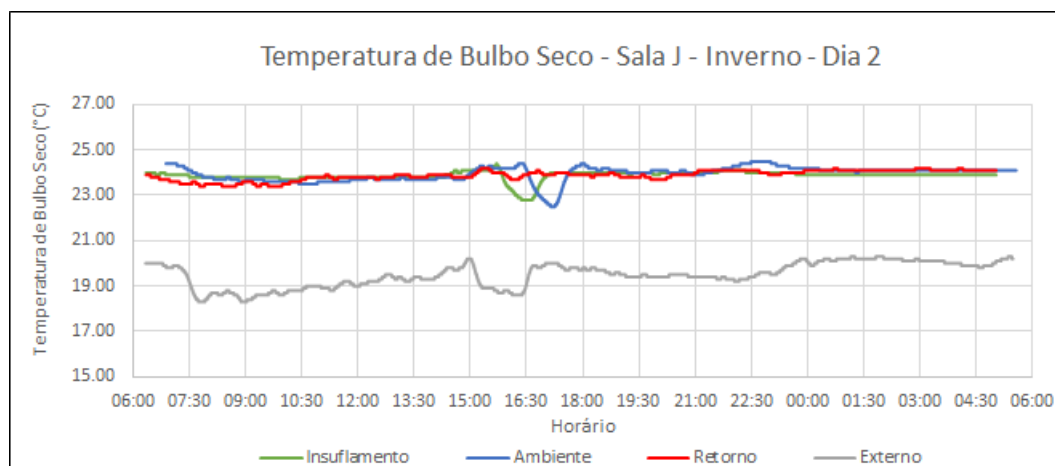


Gráfico 80 - Temperaturas de bulbo seco no segundo dia de medição de inverno na Sala J

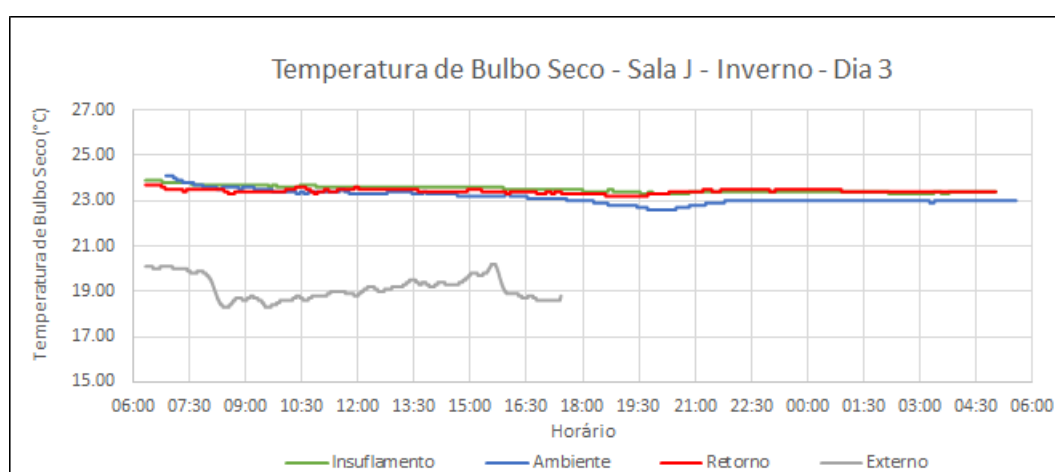


Gráfico 81 - Temperaturas de bulbo seco no terceiro dia de medição de inverno na Sala J

A umidade relativa no início do primeiro dia de medição estava em 55%, mas com o acionamento do sistema de climatização ela foi gradualmente reduzida até que se atingiu 40%, ligeiramente abaixo do mínimo recomendado pela NBR7256, nível no qual permaneceu até o fim do dia (Gráfico 82). Parte dos ocupantes relatou ressecamento de mucosas no período. Estes ocupantes são os mesmos que relataram sensação de frio e desconforto por movimentação de ar.

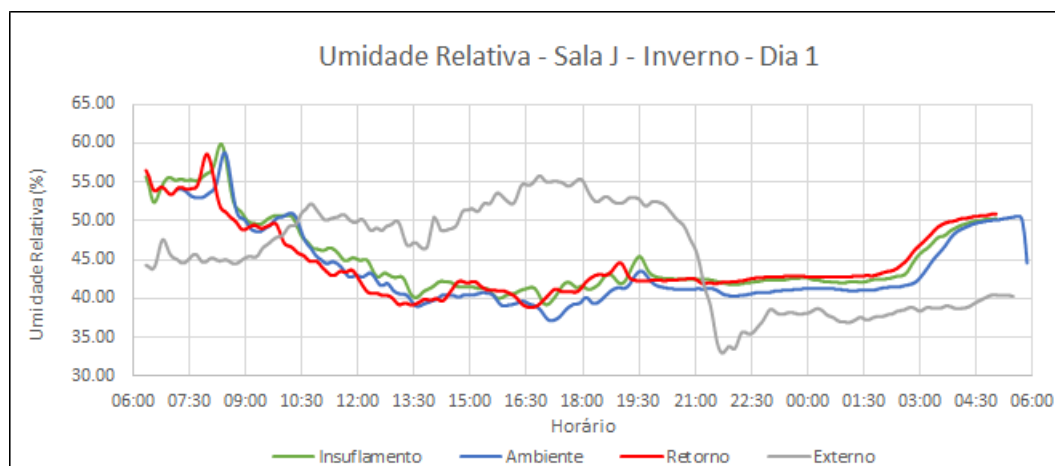


Gráfico 82 - Umidades relativas no primeiro dia de medição de inverno na Sala J

Foram observadas no início do segundo dia de medição umidades relativas acima do recomendado pelas Normas referenciadas, sendo atingidos valores próximos a 60%. A partir das 16:30 foi observada uma desumidificação no ar externo, cuja umidade absoluta passou de 8,5g/kg para 5,75g/kg. Essa desumidificação foi percebida também no interior da sala, indicando que há influência do ar externo mesmo com a sala fechada (Gráfico 83). No terceiro dia a umidade relativa oscilou dentro do intervalo recomendado em Norma, de 45% a 55%, conforme Gráfico 84.

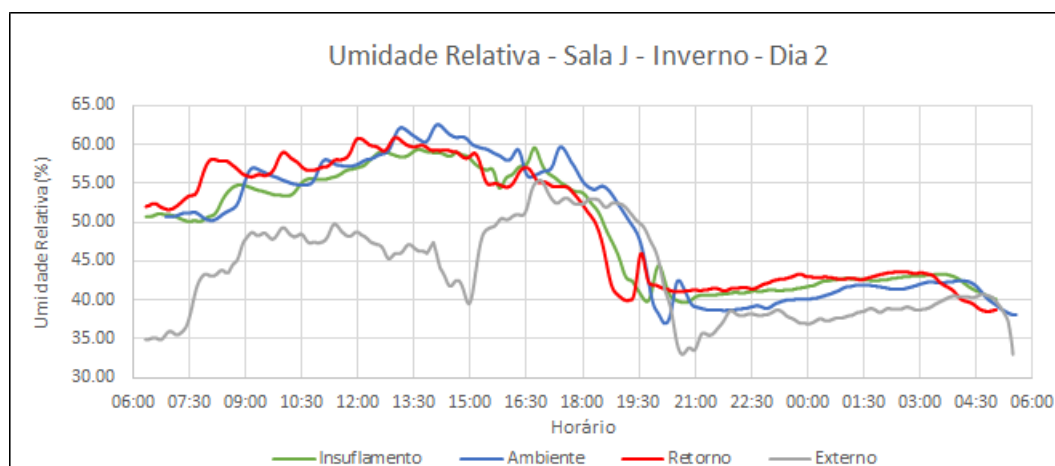


Gráfico 83 - Umidades relativas no segundo dia de medição de inverno na Sala J

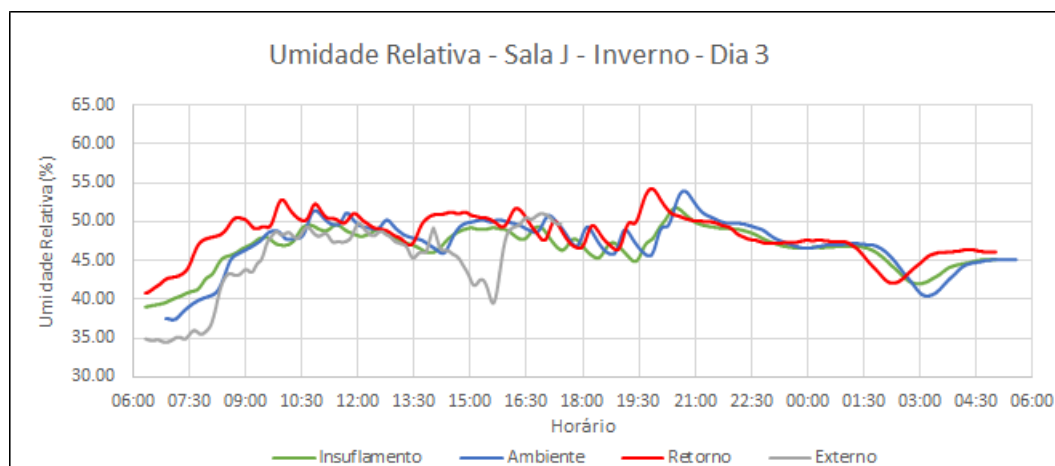


Gráfico 84 - Umidades relativas no terceiro dia de medição de inverno na Sala J

A concentração de dióxido de carbono não ultrapassou o limite máximo permitido pela ANVISA em nenhum momento ao longo dos três dias de medição, estando, inclusive, ao longo de todo o período inferior à observada no exterior do edifício. Durante a cirurgia realizada no primeiro dia de medição, o sistema de climatização manteve a concentração do gás limitada a 600ppm, enquanto a concentração no ar externo era aproximadamente 700ppm (Gráfico 85). Vale ressaltar que essa concentração de CO₂ no ambiente externo é significativamente superior a observada nos outros dias de medição. Após a finalização do procedimento a concentração do poluente se estabilizou em torno de 450ppm.

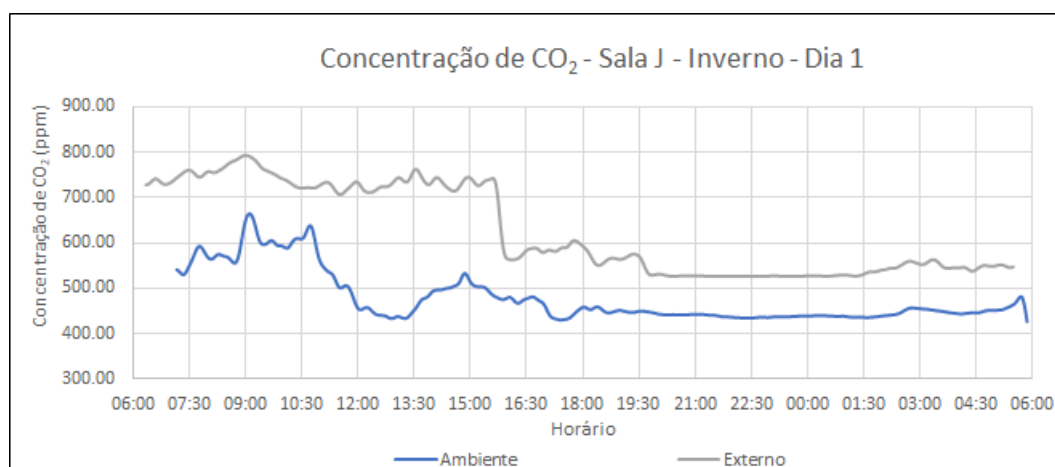


Gráfico 85 - Concentrações de dióxido de carbono no primeiro dia de medição de inverno na Sala J

No segundo dia de medição, no qual o ar condicionado ficou desligado, a concentração de CO₂ se manteve ligeiramente abaixo de 500ppm sofrendo

pequeno aumento com a condução da cirurgia, iniciada por volta das 15:00hs (Gráfico 86). Ainda assim, foram respeitadas as recomendações das normas e regulamentações referenciadas. Durante o terceiro dia, a concentração do gás se manteve estável por volta de 450ppm uma vez que a sala não foi utilizada. A concentração externa estava por volta de 500ppm (Gráfico 87).

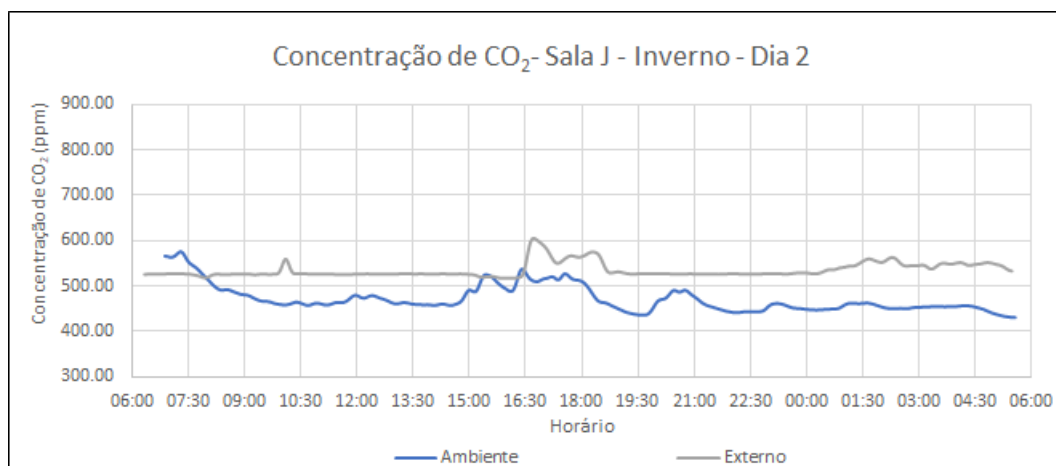


Gráfico 86 - Concentrações de dióxido de carbono no segundo dia de medição de inverno na Sala J

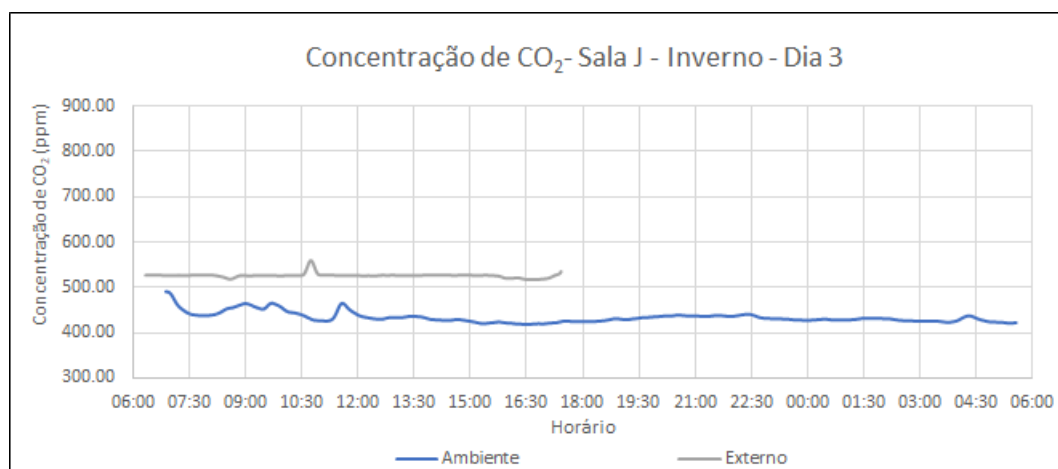


Gráfico 87 - Concentrações de dióxido de carbono no terceiro dia de medição de inverno na Sala J

Nos momentos em que a sala permaneceu vazia, a concentração de monóxido de carbono se manteve majoritariamente abaixo da observada no exterior do edifício, sendo observadas algumas elevações pontuais. Não são evidenciadas diferenças significativas entre os períodos em que o sistema de ventilação foi mantido ligado ou desligado (Gráficos 88 e 90). Ao longo da cirurgia, no entanto, observou-se uma elevação da concentração do gás no ambiente interno (Gráfico 89).

No primeiro dia de medição, como o sistema de ventilação permaneceu ligado ao longo de todo o dia, é possível notar que, mesmo com a sala desocupada, há três picos de concentração de CO. Estas elevações da concentração do poluente ocorrem por volta das 08:00, 12:00 e 18:00, horários de maior movimentação dos ônibus no campus (Gráfico 88). O monóxido de carbono é produto da combustão incompleta, a qual é comum em ônibus e caminhões em aceleração e a captação de ar do sistema de ventilação está localizada próxima a um ponto de ônibus na avenida Prof. Lineu Prestes, indicando que o sistema admite essa poluição e a transmite ao ambiente interno.

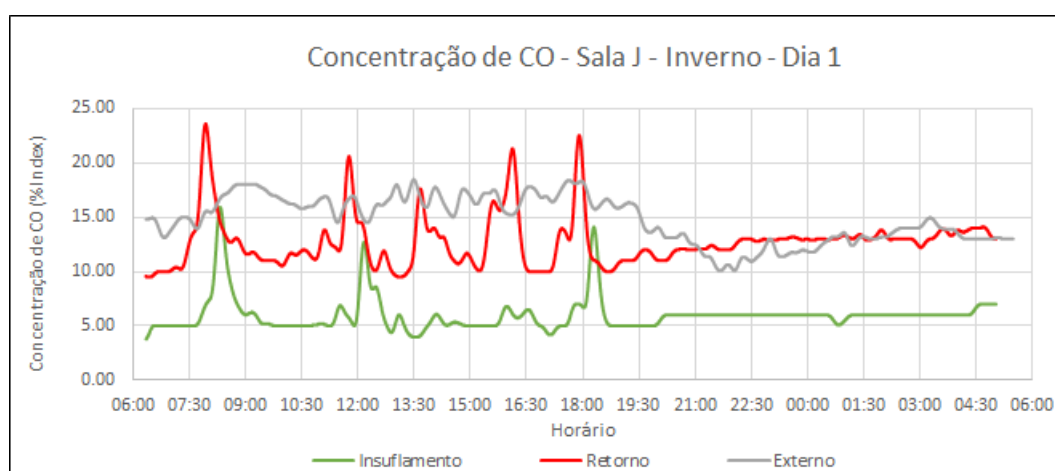


Gráfico 88 - Concentrações de monóxido de carbono no primeiro dia de medição de inverno na Sala J

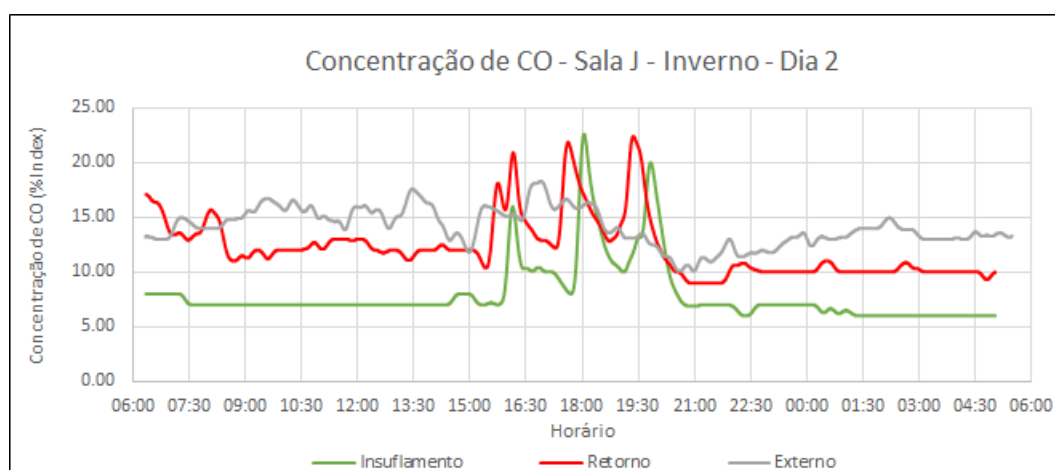


Gráfico 89 - Concentrações de monóxido de carbono no segundo dia de medição de inverno na Sala J

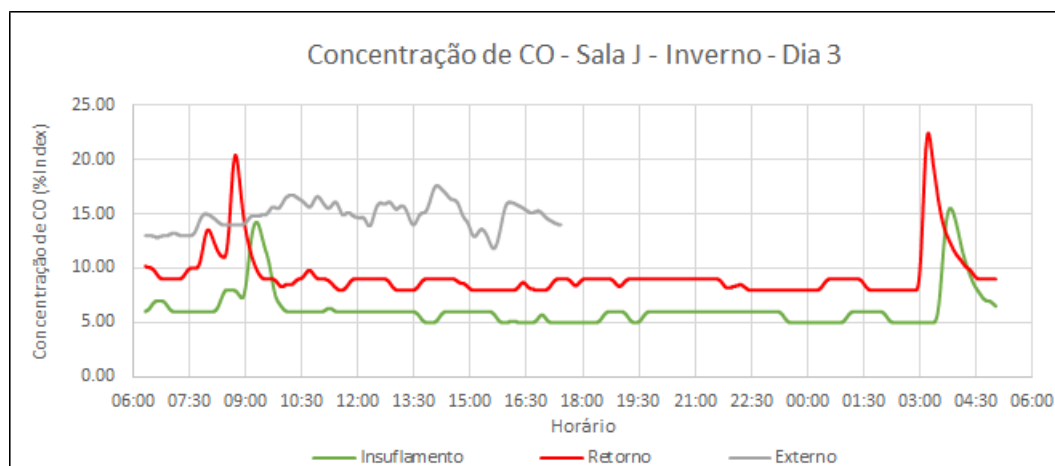


Gráfico 90 - Concentrações de monóxido de carbono no terceiro dia de medição de inverno na Sala J

O fato de o sistema de ventilação estar ligado ao longo de todo o primeiro dia fez com que a concentração dos compostos orgânicos voláteis na sala sofresse de forte oscilação, seguindo as variações observadas no exterior do edifício (Gráfico 91). Nos outros dois dias, a concentração do poluente interno se mostrou menos instável, enquanto a sala esteve desocupada e o ar condicionado desligado (Gráficos 92 e 93). Ao longo da cirurgia realizada no segundo dia a concentração de COV ficou acima do limite máximo da escala de medição dos sensores utilizados (2000ppm), conforme pode ser observado no Gráfico 92, abaixo.

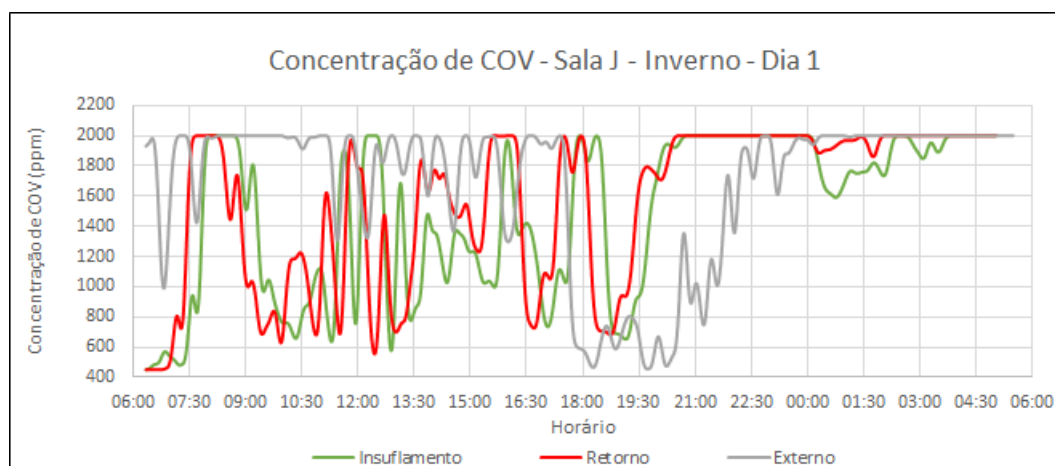


Gráfico 91 - Concentrações de compostos orgânicos voláteis no primeiro dia de medição de inverno na Sala J

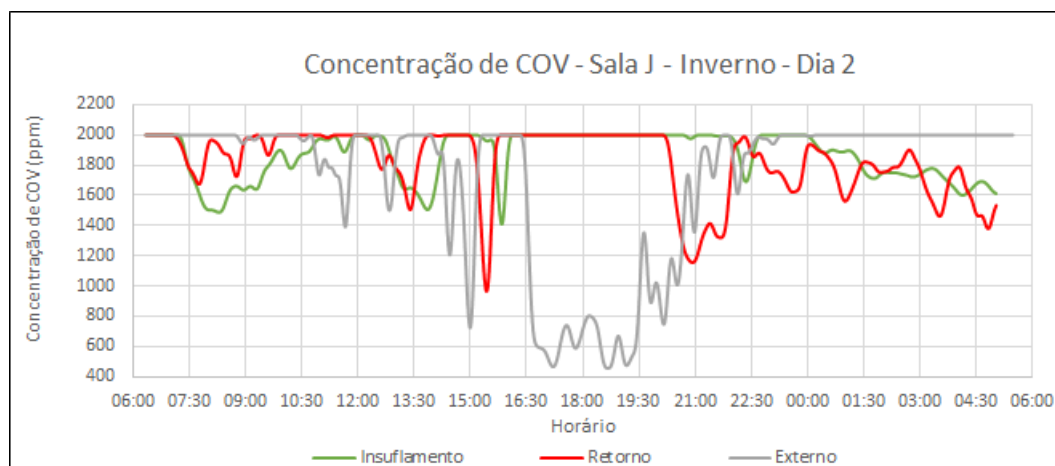


Gráfico 92 - Concentrações de compostos orgânicos voláteis no segundo dia de medição de inverno na Sala J

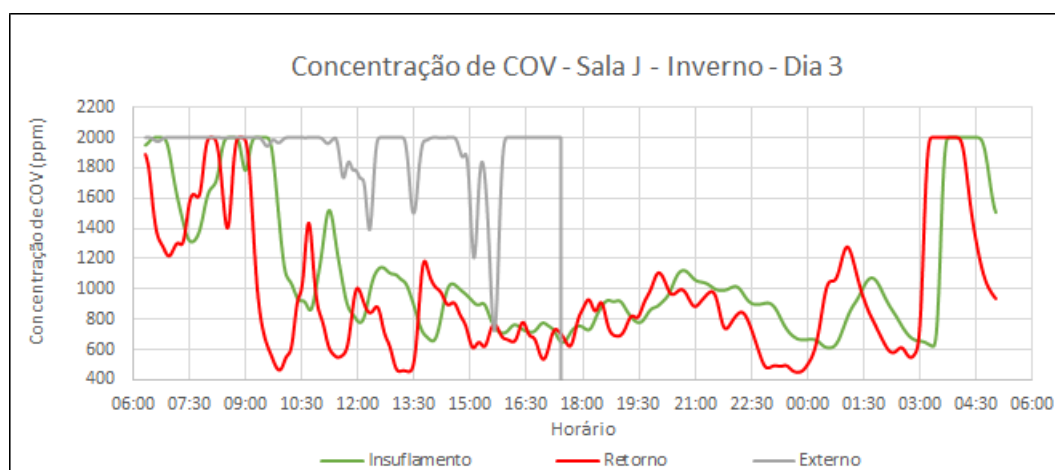


Gráfico 93 - Concentrações de compostos orgânicos voláteis no terceiro dia de medição de inverno na Sala J

A concentração de particulados $2.5\mu\text{m}$ no ponto Insuflamento, assim como observado nas outras salas estudadas, é pouco influenciada pela operação do sistema de ventilação, não havendo significativas diferenças no seu comportamento entre os momentos em que o ar condicionado está ligado (Gráfico 94) ou desligado (Gráficos 95 e 96). Observa-se, ainda, que a concentração do particulado no ponto Insuflamento ($65\mu\text{g}/\text{m}^3$), mesmo com o sistema de ventilação em funcionamento, é significativamente superior ao observado no exterior do edifício ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$ a $55\mu\text{g}/\text{m}^3$), indicando deficiências de filtros, limpeza de dutos e vazão de ar insuflado. A diferença entre a concentração do particulado entre os pontos de insuflamento e retorno é bastante inferior à observada nas outras salas, o que corresponde a baixa frequência de utilização da sala J no período.

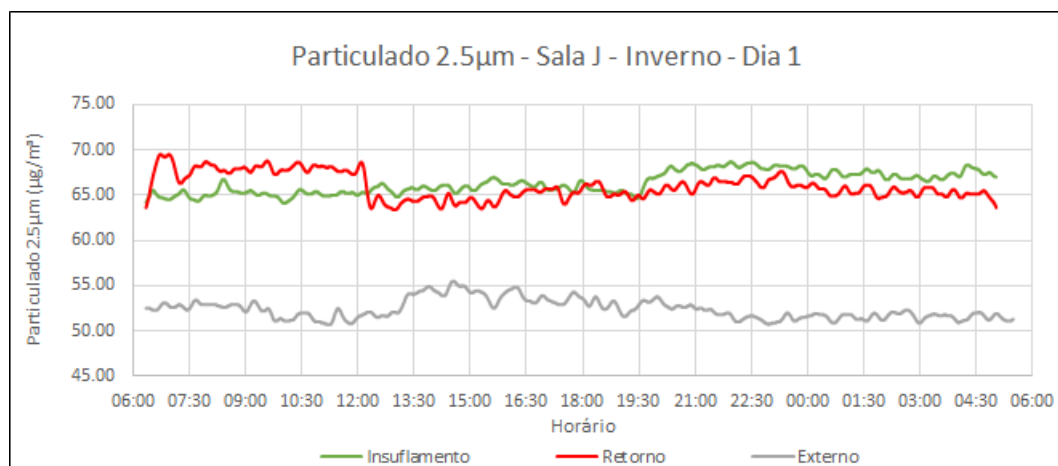


Gráfico 94 - Concentrações de particulados 2,5µm no primeiro dia de medição de inverno na Sala J

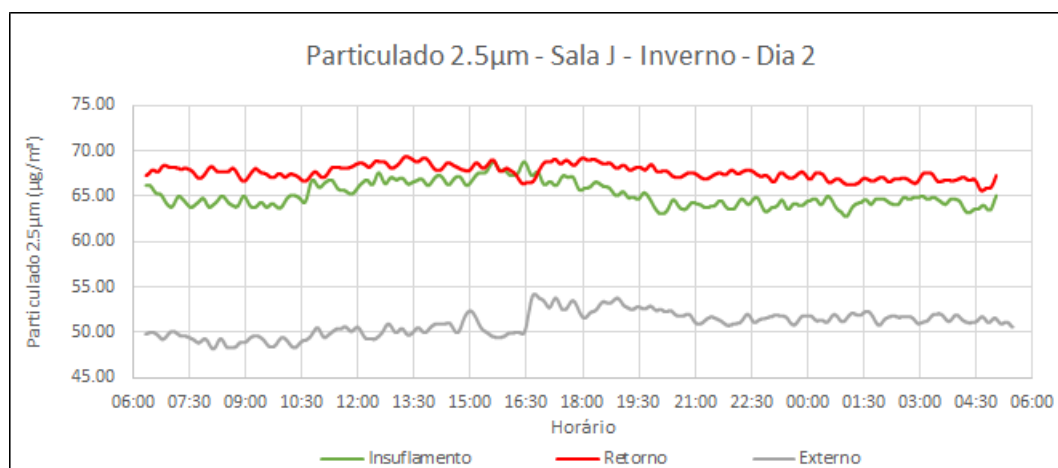


Gráfico 95 - Concentrações de particulados 2,5µm no segundo dia de medição de inverno na Sala J

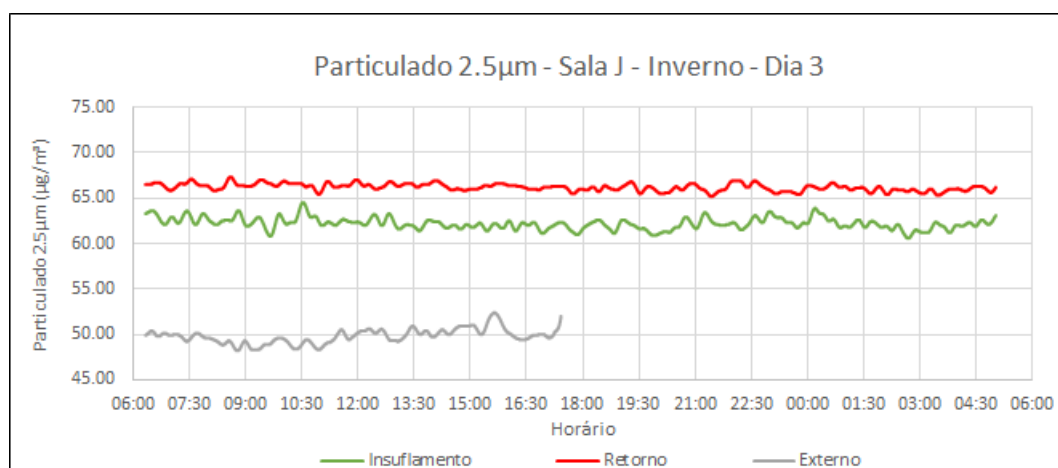


Gráfico 96 - Concentrações de particulados 2,5µm no terceiro dia de medição de inverno na Sala J

Em suma, observa-se nos resultados das medições de inverno na sala J que, apesar de a sala ser do tipo modernizada, poucas diferenças são observadas em relação às outras duas salas estudadas. Na parte de qualidade do ar interior, o comportamento das variáveis analisadas foi muito próximo ao observado nas salas A e F, levando em conta que a sala foi pouco utilizada e as cirurgias ali realizadas são de menor porte do que as conduzidas nas outras duas salas. A principal diferença percebida se deu no conforto térmico, mais especificamente no que toca o sistema de distribuição de ar. Enquanto nas salas anteriores houve uma hegemonia de queixas de sensação de frio e desconforto por movimentação de ar por parte daqueles que se posicionam no perímetro do ambiente, na sala J isso não foi percebido, tendo parte destes ocupantes classificado a movimentação de ar na sala como “agradável”. Desta forma, pode-se perceber que o sistema de distribuição de ar nesta sala não se mostrou ineficiente em promover o conforto térmico como no caso das salas não modernizadas.

5.1.3.2. Sala J – Verão:

As medições de verão na sala J foram conduzidas ao longo dos dias 29, 30 e 31 de maio de 2017. Conforme já explicitado anteriormente, o que se denominou medições de verão, compreendeu o período de verão e outono de 2017. Foram observadas cinco cirurgias ao longo dos três dias, sendo duas em cada um dos dois primeiros dias e a quinta no dia 31 de maio. O ar condicionado foi acionado em três dessas ocasiões, no início da primeira cirurgia do primeiro dia e nas duas cirurgias do segundo dia de medição.

Ao longo dos três dias de medição, a temperatura de bulbo seco, com sala vazia e o ar condicionado desligado, oscilou em torno de 24°C, limite superior do intervalo recomendado nas Normas referenciadas. Durante a primeira cirurgia observada no período, o sistema de climatização manteve a temperatura do ambiente entre 20°C e 21°C, faixa considerada adequada para o tipo de ambiente (Gráfico 97).

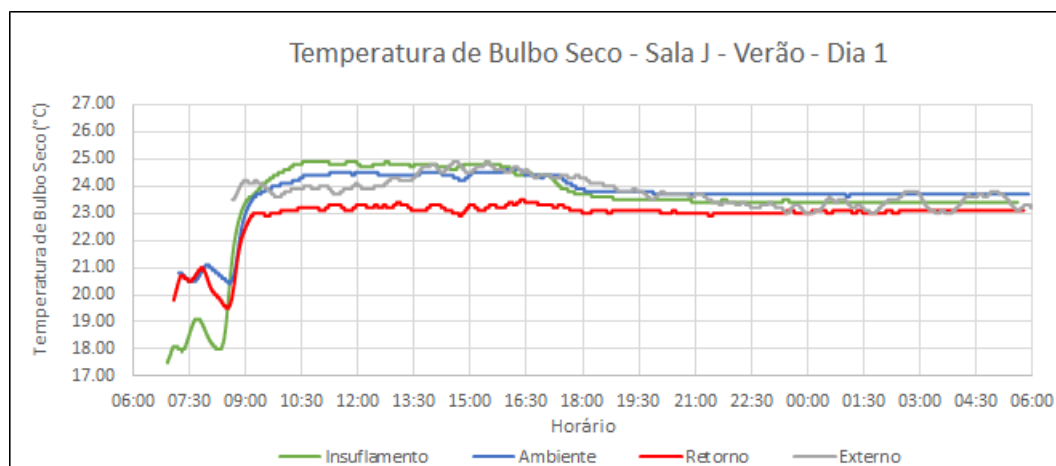


Gráfico 97 - Temperaturas de bulbo seco no primeiro dia de medição de verão da Sala J

Os ocupantes da sala, assim como feito para as outras análises, podem ser agrupados em dois grupos, conforme a tabela 9, abaixo. Da mesma forma que no primeiro dia das medições de verão da sala, foram respondidos questionários apenas por aqueles profissionais posicionados no entorno da sala, havendo relatos de sensações de frio e conforto. Vale ressaltar que não foram feitas queixas de desconforto por movimentação de ar, ainda que o ar condicionado estivesse ligado no momento. Ressalva-se que parte dos colaboradores reportou a utilização de jalecos adicionalmente a roupa padronizada.

Tabela 9 - Agrupamento dos ocupantes da Sala J do Centro Cirúrgico

	Grupo I	Grupo II
Função dos ocupantes	Cirurgião, Residente	Anestesista, Circulante
Localização	Centro da sala	No entorno do ambiente
Sujeitos ao foco luminoso da mesa de cirurgia	Sim	Não
Relato de desconforto por movimentação de ar	Não	Sem Predominância das Respostas
Isolamento térmico da vestimenta predominante	Alto (acima de 0,75clo)	Baixo (menor que 0,75clo)
Taxa Metabólica (Tabela 1 da ISO 7243/89)	Alta	Baixa
Sensação térmica predominante	Calor	Sem Predominância das Respostas

No segundo dia de medição, o sistema de climatização foi acionado nas duas cirurgias realizadas, mas apenas após o seu início, havendo, portanto, períodos de utilização da sala sem o funcionamento do ar condicionado. No início dessas cirurgias observa-se uma elevação da temperatura do ambiente, a qual ultrapassa o limite recomendado para o ambiente, atingindo 25°C. O sistema de climatização reduz a temperatura para níveis considerados adequados pelas Normas referenciadas, entre 23°C e 24°C (Gráfico 98). Nesta situação, ocupantes do Grupo I relataram sentir calor e não perceber efeitos de movimentação de ar, o que condiz com as baixas velocidades do ar observadas ao longo dos três dias de medição, mesmo nos períodos com o sistema de ventilação em funcionamento (Gráficos 97, 98 e 99). No terceiro dia de medição, a cirurgia ocorreu sem a utilização do ar condicionado, de modo que a temperatura no ambiente se manteve ligeiramente acima de 24°C (Gráfico 99).

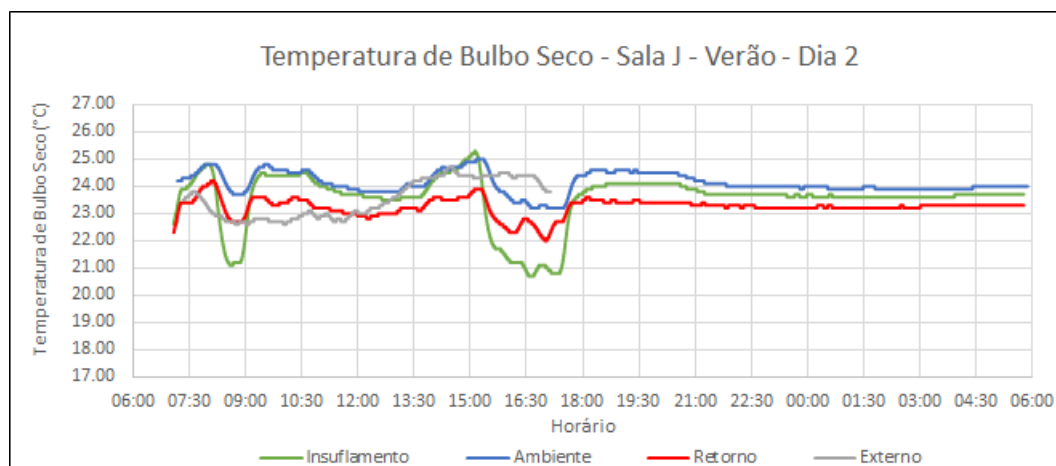


Gráfico 98 - Temperaturas de bulbo seco no segundo dia de medição de verão da Sala J

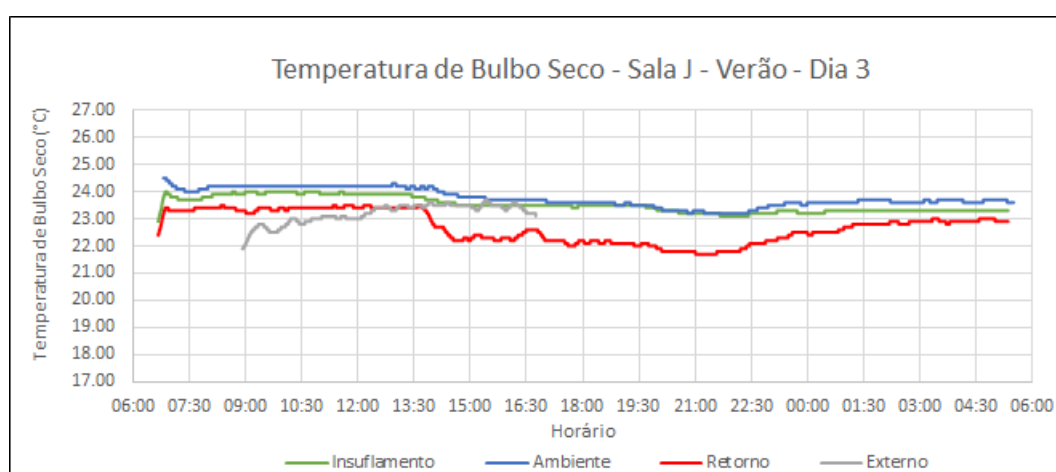


Gráfico 99 - Temperaturas de bulbo seco no terceiro dia de medição de verão da Sala J

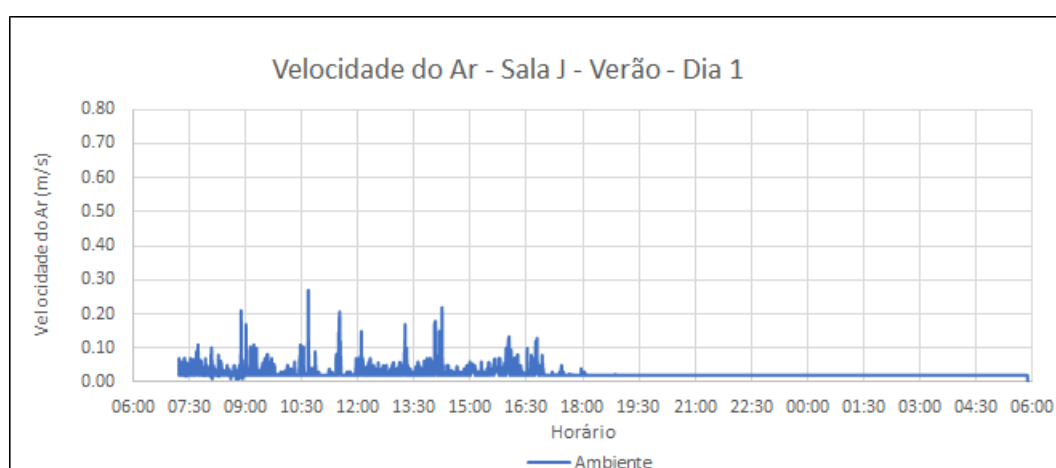


Gráfico 100 - Velocidades do ar no primeiro dia de medição de verão da Sala J

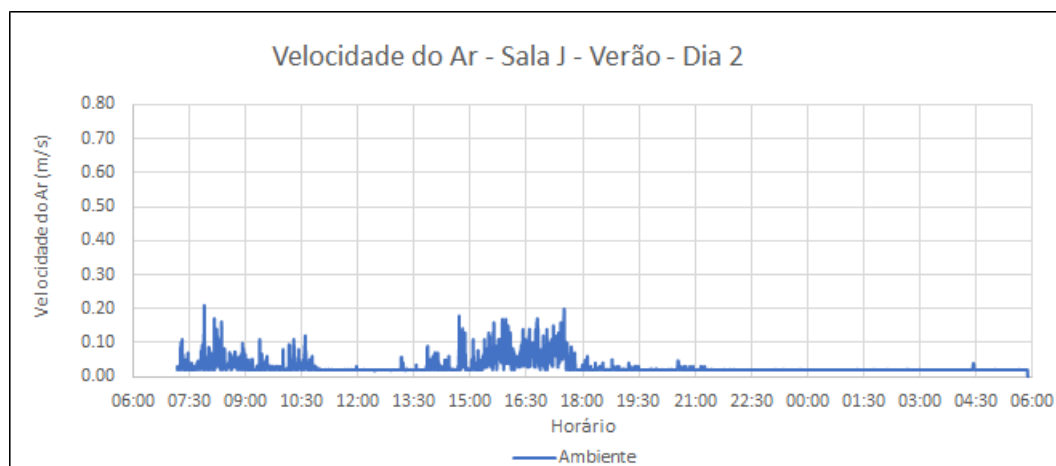


Gráfico 101 - Velocidades do ar no segundo dia de medição de verão da Sala J

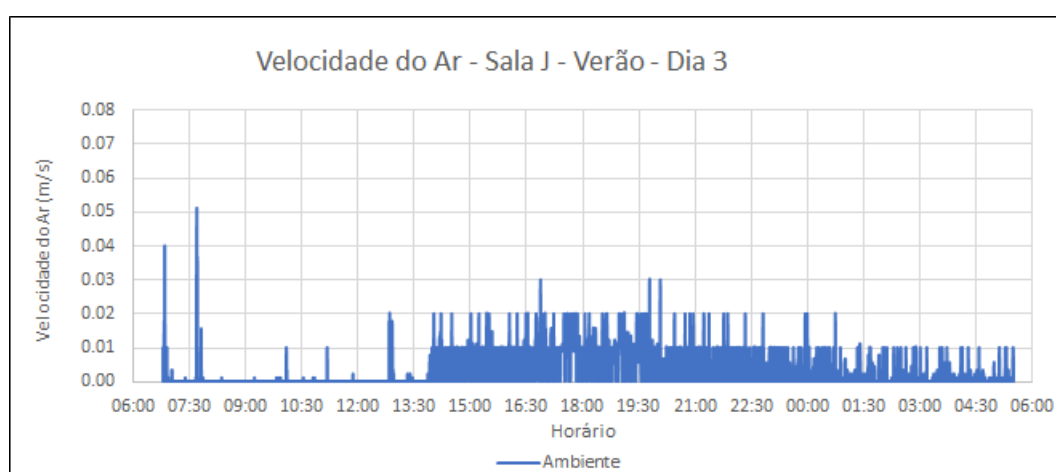


Gráfico 102 - Velocidades do ar no terceiro dia de medição de verão da Sala J

Ao decorrer dos três dias de medição de verão na sala J, a umidade relativa oscilou entre 55% e 70%, estando, assim, constantemente acima do que se recomenda nas Normas referenciadas, seja com a sala ocupada, desocupada, com o sistema de climatização em operação ou não (Gráficos 103, 104 e 105).

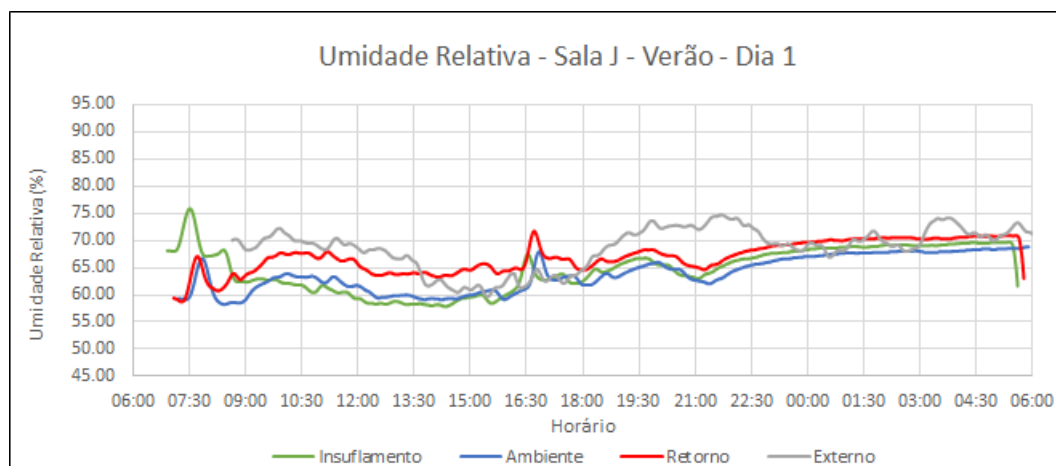


Gráfico 103 - Umidades relativas no primeiro dia de medição de verão da Sala J

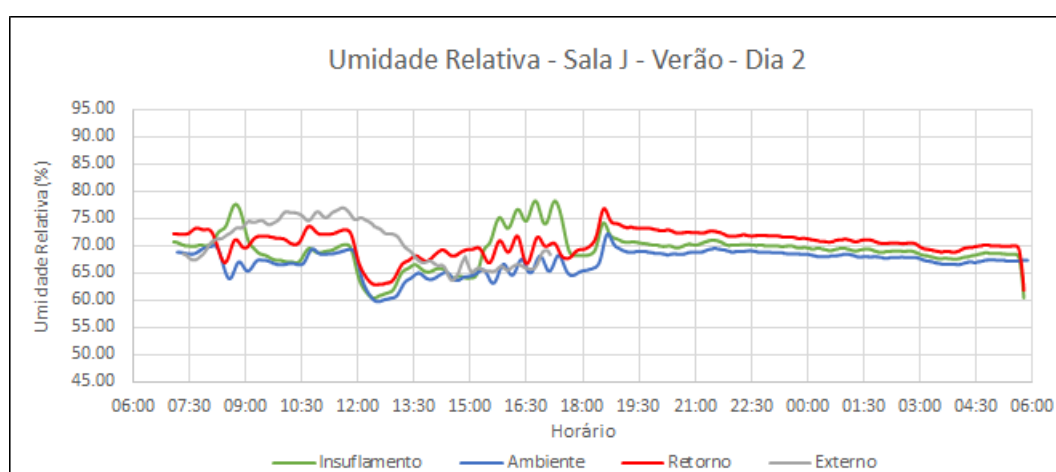


Gráfico 104 - Umidades relativas no segundo dia de medição de verão da Sala J

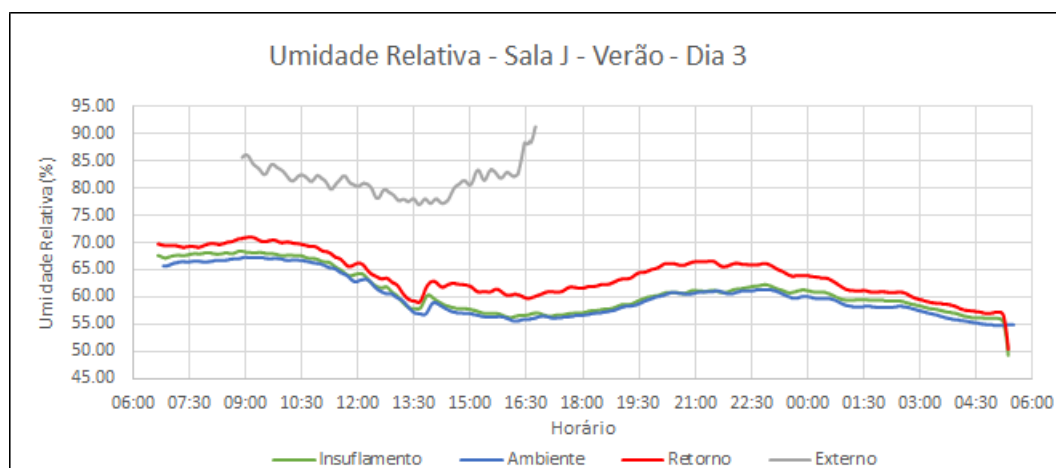


Gráfico 105 - Umidades relativas no terceiro dia de medição de verão da Sala J

Analisando a umidade absoluta, percebe-se que o sistema de climatização não é suficientemente capaz de promover a desumidificação do ambiente, de modo que apenas na primeira cirurgia do primeiro dia de medição a umidade

absoluta na sala se restringe ao intervalo recomendado, de 6,5g/kg a 11,5g/kg (Gráfico 106). Ao longo dos três dias não foram reportadas queixas de ressecamento de mucosas.

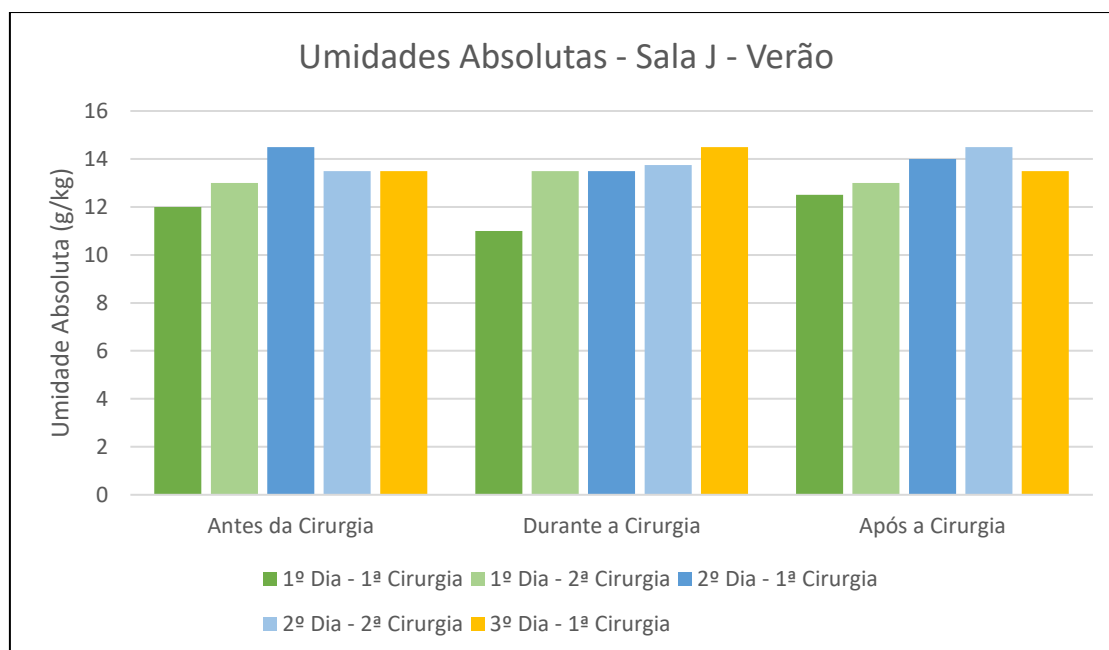


Gráfico 106 - Umidades absolutas nas medições de verão da Sala J

Em relação ao dióxido de carbono, observa-se que o sistema de ventilação é bastante eficiente em promover a renovação de ar de modo a manter a concentração do gás em nível semelhante ao observado no exterior do edifício. Percebe-se, porém, uma deficiência na utilização do sistema, que não é mantido em funcionamento durante a totalidade das cirurgias, ocasionando concentrações do poluente bastante superiores ao que se permite pela Resolução 9ª da ANVISA, 1000ppm. No início da segunda cirurgia do segundo dia, por exemplo, antes de ser ligado o sistema de ventilação, o gás atinge uma concentração de 1400ppm, mas quando se aciona o sistema, esta concentração rapidamente é reduzida a 700ppm, nível externo (Gráfico 108).

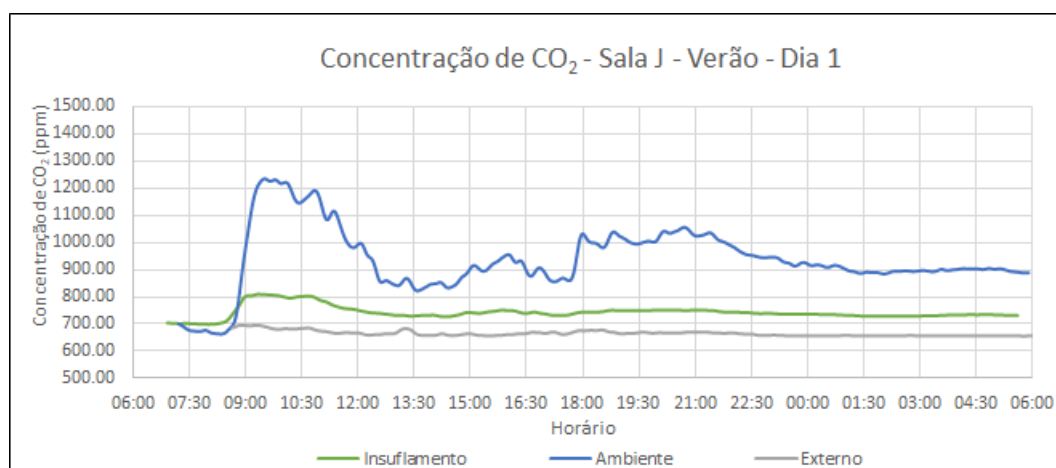


Gráfico 107 - Concentrações de dióxido de carbono no primeiro dia de medição de verão da Sala J

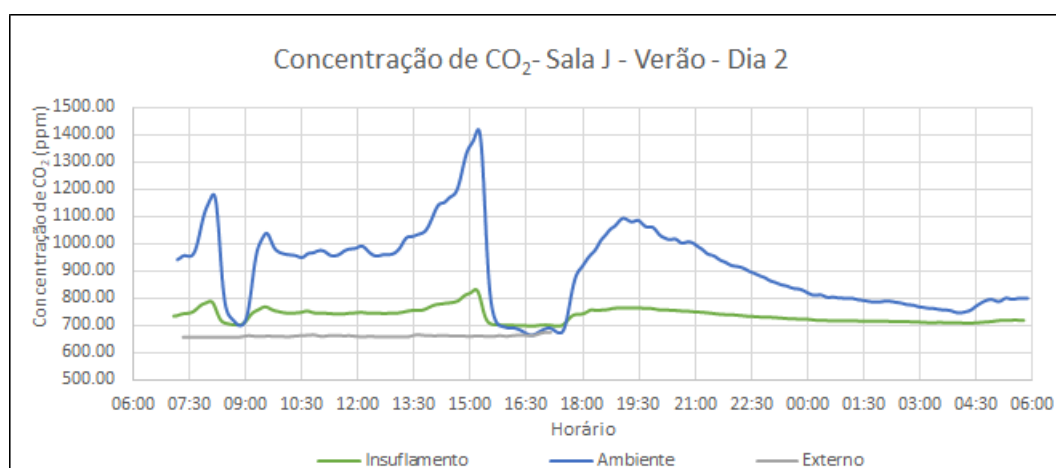


Gráfico 108 - Concentrações de dióxido de carbono no segundo dia de medição de verão da Sala J

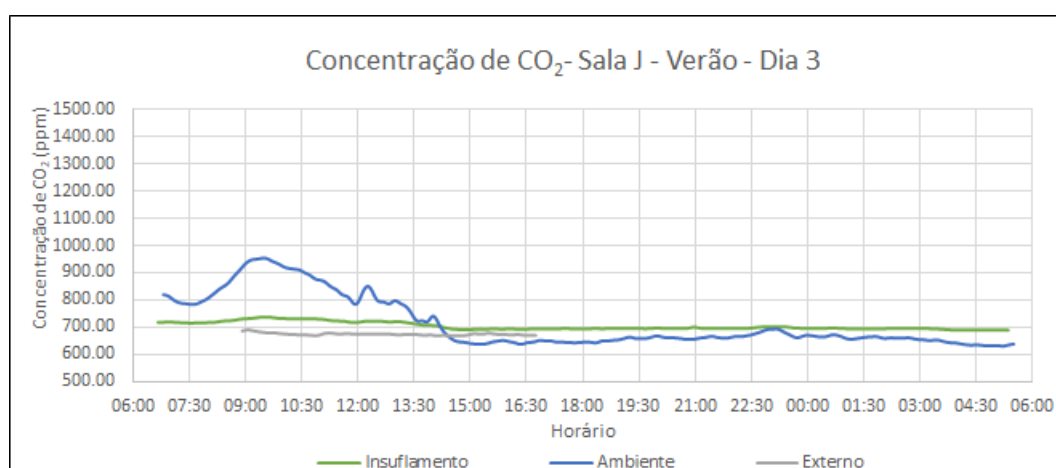


Gráfico 109 - Concentrações de dióxido de carbono no terceiro dia de medição de verão da Sala J

No decorrer dos dois primeiros dias de medição do período a concentração de compostos orgânicos voláteis se mantem acima do limite máximo da escala de medição dos sensores utilizados (2000ppm), à exceção dos momentos em que o sistema de ventilação é mantido em funcionamento, nos quais ela se aproxima da observada no exterior do edifício (Gráficos 110 e 111). No terceiro dia de medição, mesmo sem o sistema de ventilação em funcionamento são observadas menores concentrações de COV, mas sem a sala estar em utilização (Gráfico 112).

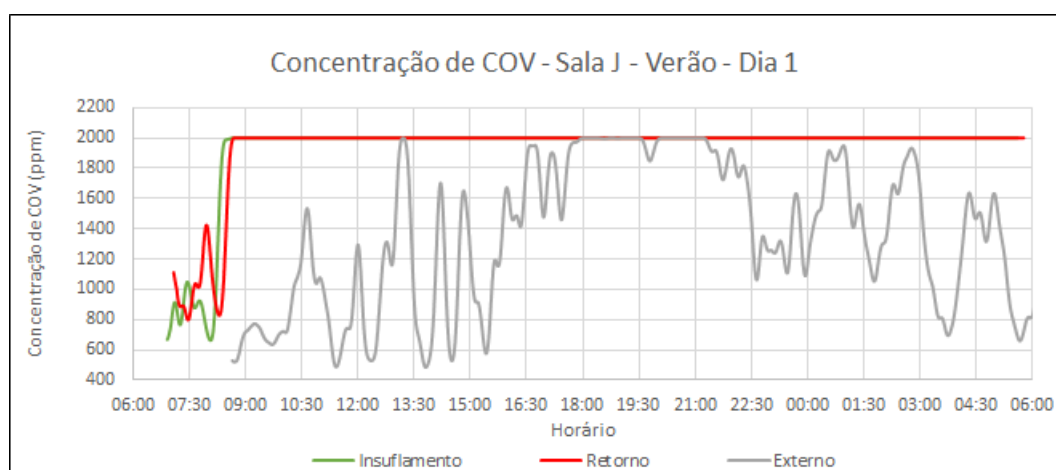


Gráfico 110 - Concentrações de compostos orgânicos voláteis no primeiro dia de medição de verão da Sala J

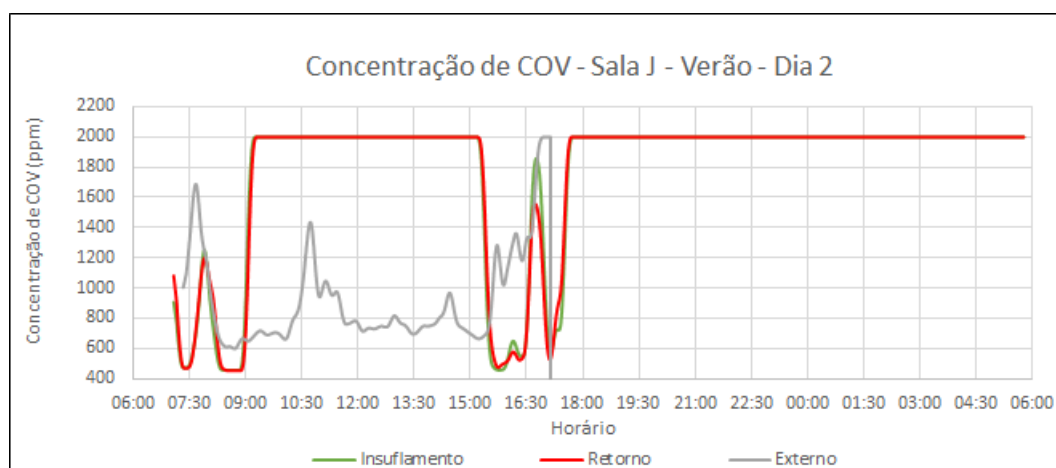


Gráfico 111 - Concentrações de compostos orgânicos voláteis no segundo dia de medição de verão da Sala J

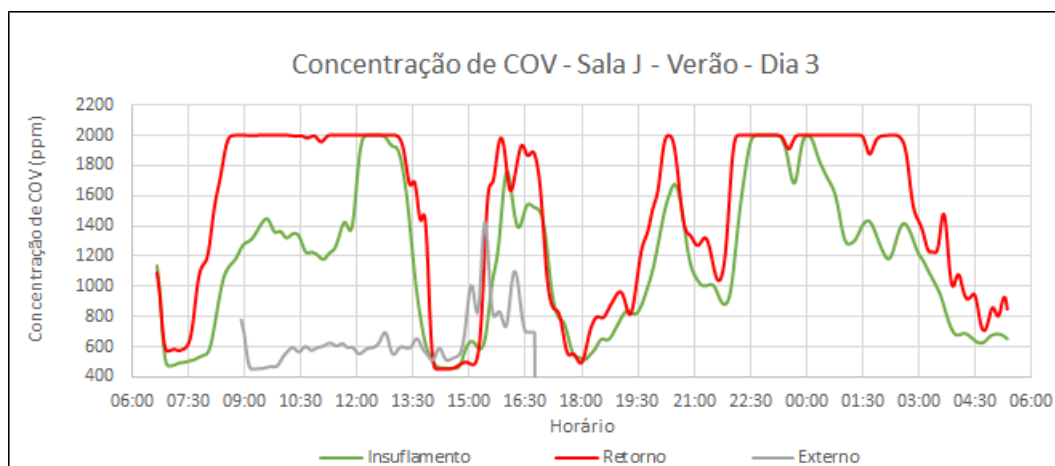


Gráfico 112 - Concentrações de compostos orgânicos voláteis no terceiro dia de medição de verão da Sala J

Ao se observar o comportamento dos particulados $2,5\mu\text{m}$ ao longo dos três dias de medição de verão na sala, percebe-se que o sistema de ventilação não é eficiente na remoção desse particulado do ambiente. Observa-se ainda, da mesma forma que para o inverno e para as outras salas, que a concentração do particulado no ponto Insuflamento, mesmo nos momentos em que o sistema de ventilação permaneceu em operação, é significativamente superior à observada no exterior do Hospital, indicando deficiência de filtros, limpeza de dutos e de vazão de ar insuflado. É possível, porém, perceber que, em comparação às outras salas, há uma maior sensibilidade da concentração do particulado no ponto Retorno em relação ao funcionamento do sistema de ventilação, de modo que, quando acionado, é percebida uma redução na concentração do particulado (Gráficos 113, 114 e 115).

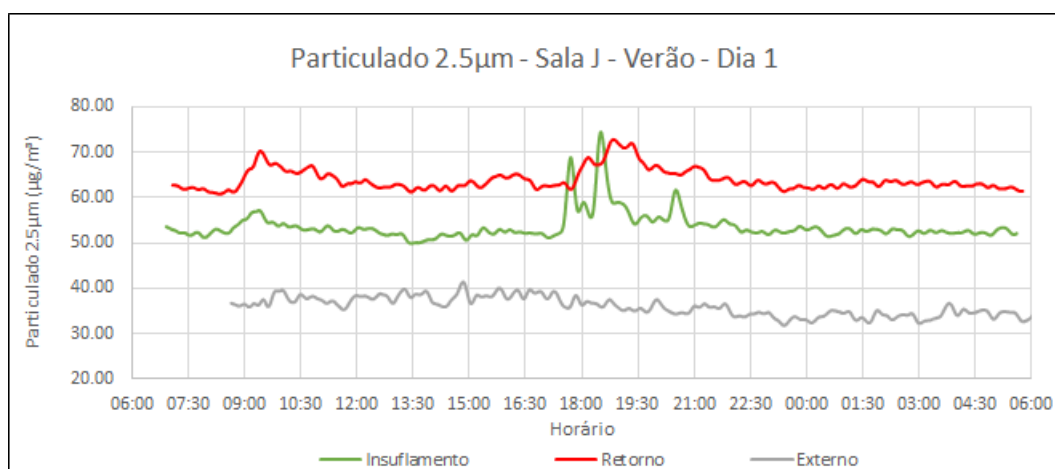


Gráfico 113 - Concentrações de particulados $2,5\mu\text{m}$ no primeiro dia de medição de verão da Sala J

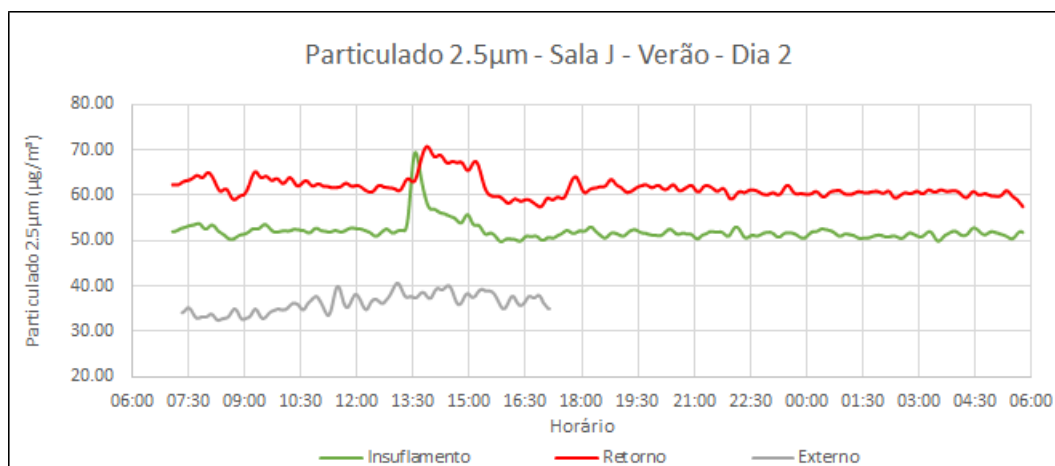


Gráfico 114 - Concentrações de particulados 2,5µm no segundo dia de medição de verão da Sala J

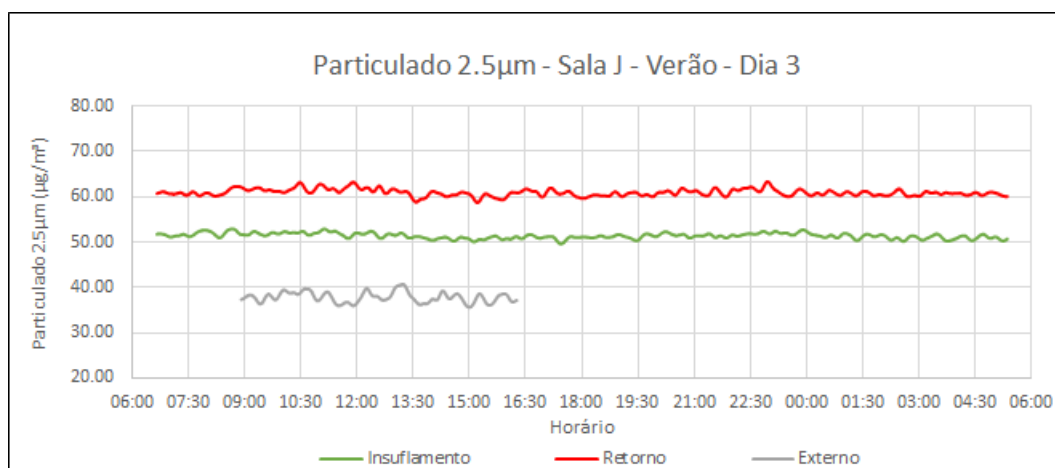


Gráfico 115 - Concentrações de particulados 2,5µm no terceiro dia de medição de verão da Sala J

Em síntese, apesar de a sala ser do tipo modernizada, o que se observou nas medições de verão da sala J segue a mesma tendência do percebido nas outras salas. O sistema de ventilação foi eficiente em promover a renovação de ar na sala e remover os gases poluentes, mas apresentou deficiências na remoção de particulado. Observou-se também que a não utilização do sistema de ventilação durante algumas cirurgias ocasionou em concentrações inadequadas de gases poluentes internos, apesar de o sistema, em funcionamento, ser capaz de manter o ambiente nas condições recomendadas. Em relação ao conforto térmico, o sistema de climatização foi eficiente no controle da temperatura do ambiente, mas não foi capaz de promover suficiente desumidificação do ambiente.

A principal diferenciação em relação às salas não modernizadas diz respeito ao sistema de distribuição de ar, que, mesmo com o ar condicionado ligado, não gerou altas velocidades do ar, de forma a não serem reportadas sensações de desconforto por movimentação de ar.

5.1.4. Corredores:

Foram conduzidas medições nos dois principais corredores do Centro Cirúrgico, o “Corredor Limpo” e o “Corredor Sujo” e em um hall de acesso às salas E, F, G e H. Estes ambientes não são artificialmente climatizados e possuem ocupação transitória, de modo que, sem dados concomitantes dos eventos ocorridos dentro das salas de cirurgia, a análise de seus resultados se tornou inconclusiva.

6. CONCLUSÕES:

Pode-se concluir a partir da pesquisa que os requisitos de conforto térmico e de qualidade do ar interior não são atendidos em sua plenitude nos ambientes do Centro Cirúrgico do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo (HU-USP). São observadas concentrações inadequadas de contaminantes internos em ocasiões em que o sistema de ventilação não estava em funcionamento, evidenciando problemas na operação do sistema. Ainda em relação à qualidade do ar interior, através dos particulados, pode-se notar sinais de deficiências na manutenção do sistema, indicando mau funcionamento de filtros e insuficiência na limpeza de dutos. Também relativo à qualidade do ar, pode ser percebida inadequação no ponto de captação de ar, localizada próxima à avenida Prof. Lineu Prestes, de modo que há o carregamento de poluentes nela gerados pelos veículos (ônibus) para o ambiente das salas de cirurgia.

Em relação ao conforto térmico, foram observados problemas relativos ao controle de temperatura e de umidade e, principalmente, em relação à distribuição de ar no ambiente. O sistema instalado nas salas A e F, composto por uma grelha de insuflamento e outra de retorno, faz com que a distribuição de temperaturas na sala não seja homogênea, havendo mais intenso resfriamento no perímetro do ambiente, onde há menor carga térmica e ocupantes com vestimentas e em atividades mais leves, gerando desconforto nos ocupantes. Além disso, o sistema ali instalado gera um fluxo de ar com velocidades altas, que também provocam sensação de desconforto nos ocupantes.

6.1. Sugestões de Melhoria:

Com os resultados obtidos foi possível observar que as condições dos ambientes analisados não atendem plenamente aos requisitos de conforto térmico e qualidade do ar interior. Desta forma, foram apontadas algumas sugestões de melhoria, as quais visam a mitigação das deficiências encontradas. As sugestões apontadas contemplam desde alterações na operação dos sistemas de climatização, ventilação e distribuição de ar, até intervenções nos sistemas em si.

A partir dos resultados obtidos através das análises dos particulados, conforme já explicitado, foi possível identificar deficiências de manutenção do sistema de ventilação, como ausência ou mau funcionamento de filtros e falta de limpeza de dutos. Sendo assim, buscando a redução das concentrações de particulado no ponto de insuflamento e, por consequência, nos outros pontos do ambiente, recomenda-se manutenção de filtros e dutos, conforme as especificações da NBR7256/2005.

Foi identificado com os resultados das medições que o sistema de ventilação é eficiente em remover os gases poluentes do ambiente interno, promovendo suficiente renovação de ar nas salas. Por outro lado, conforme já destacado, o sistema é usualmente acionado posteriormente ao início da ocupação nas salas e desligado antes da desocupação, de modo que são observadas concentrações inadequadas destes poluentes internos no início e no término dos procedimentos. Sugere-se, portanto, que o sistema de ventilação seja ligado anteriormente ao início da ocupação do ambiente e assim permaneça até que a sala seja desocupada. A implementação desta sugestão, porém, traz um efeito colateral relativo ao conforto térmico, podendo levar a sala a apresentar temperaturas abaixo da faixa recomendada nas Normas referenciadas, ocasionando desconforto nos ocupantes por sensação de frio. Sendo assim, têm-se a terceira sugestão de melhoria.

A terceira melhoria proposta consiste na automatização do controle da climatização adicionando válvulas de três vias automatizadas nas serpentinas dos *fan-coils*. Esta alteração traria ao sistema um controle de *setpoint*, o que evitaria situações como as ocorridas no primeiro dia de medição de inverno da Sala A, no qual foram atingidas temperaturas entre 17°C e 18°C, consideradas inadequadas para o tipo de ambiente. Conforme mencionado anteriormente, esta melhoria possibilitaria que o sistema de ventilação permanecesse em funcionamento ao longo de toda a cirurgia, sem que a temperatura fosse reduzida a ponto de gerar desconforto nos ocupantes, mas garantindo a adequada renovação de ar na sala.

Propõe-se ainda, objetivando mitigar o desconforto por movimentação de ar e homogeneizar a temperatura no ambiente, a alteração na distribuição de ar nas salas A e F, a qual passaria a ser feita através de difusores de ar localizados no forro, distribuídos homogeneamente pela sala, a exemplo do sistema instalado na sala J. O alto pé direito da sala e a altura da atual grelha de insuflamento permitem a colocação de um forro rebaixado, sob o qual passariam os dutos de ar para alimentação dos difusores. Desta maneira, o ar insuflado seria distribuído pela sala de maneira mais uniforme e a velocidades mais baixas, evitando situações de desconforto por movimentação de ar e reduzindo as diferenças de temperatura entre os diferentes pontos da sala. Na Sala J, na qual há solução similar à aqui proposta, foram observados resultados melhores em relação ao conforto térmico, tanto pela homogeneização da temperatura quanto pelas menores velocidades do ar.

Outra sugestão de melhoria consiste na mudança do ponto de captação de ar do sistema, atualmente próximo à avenida Prof. Lineu Prestes, fato que ocasiona a admissão de poluentes para o ambiente interno. Esta situação ficou evidente nos resultados do primeiro dia de medição de inverno da Sala J, no qual é possível perceber, no ponto de insuflamento, três picos de concentração na sala de monóxido de carbono nos momentos de maior movimento de ônibus na avenida (08:00, 12:00 e 18:00). A NBR7256/2005 indica que o ponto de captação de ar deve estar distante de fontes de poluição, como o caso da avenida, em pelo menos 8m, devendo ser levada em conta a direção principal de ventos no local.

A captação de ar do sistema está localizada dentro da casa de máquinas, a qual é ventilada por venezianas em seu perímetro. Uma das laterais da casa de máquinas está voltada para a avenida Prof. Lineu Prestes, na qual há inclusive um ponto de ônibus, fonte de poluição.

6.2. Trabalhos Futuros:

O presente trabalho, conforme já explicitado, está vinculado ao Programa de Pré-Mestrado em Inovação na Construção Civil. Desta forma, esta pesquisa é a parte inicial de uma pesquisa de mestrado a ser iniciada no ano de 2019. Nesta próxima etapa estarão contempladas as análises do Centro Obstétrico, Hospital Dia, Radiologia e Ambulatório, não abordadas aqui. Além disso, nesta próxima etapa da pesquisa, as sugestões de melhoria aqui apontadas serão desenvolvidas de modo a se tornarem propostas de intervenção.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E BIBLIOGRAFIA CONSULTADA:

1. AFONSO, M. S. M., SOUZA, A. C. S., TIPPLE, A. F. V., MACHADO, E. A., LUCAS, E. A. **Condicionamento de Ar em Salas de Operação e Controle de Infecção – Uma Revisão.** Revista Eletrônica de Enfermagem, v.08 n.01, p.134 – 143, 2006.
2. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR 7256: Instalações de Ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários.** Rio de Janeiro, 2008.
3. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR 16401: Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais a saúde (EAS) – Requisitos para projeção e execução das instalações.** Rio de Janeiro, 2005.
4. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº9 de 16 de janeiro de 2003.** Dispõe sobre os Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo, e dá outras providências. Brasília, 2003.
5. ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers. **Standard 55-2013: Thermal environmental conditions for human occupancy.** Atlanta: ASHRAE, 2013a.
6. ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers. **Standard 62.1-2013: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.** Atlanta: ASHRAE, 2013b.
7. ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers. **Standard 170-2008: Ventilation of Health Care Facilities.** Atlanta: ASHRAE, 2010.
8. ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and air-conditioning Engineers. **Handbook of HVAC-Applications.** Atlanta, 2011.
9. ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and air-conditioning Engineers. **HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics.** Atlanta, 2003.
10. DEVORE, J. L. **Probabilidade e Estatística para Engenharia e Ciências.** Tradução da 8ª edição norte americana. São Paulo: CENAGE Learning, 2014.
11. FANGER, P.O. **Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental Engineering.** Copenhagen: McGraw-Hill Book Company, 1972.
12. FÉLIX, V. B. **Condições de conforto térmico e desconforto local em salas cirúrgicas.** 2008. Tese (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 2008.

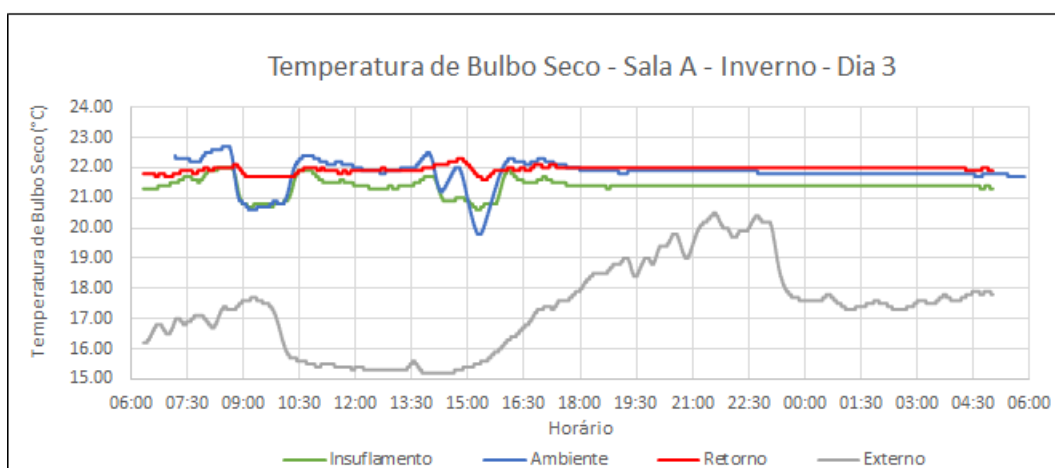
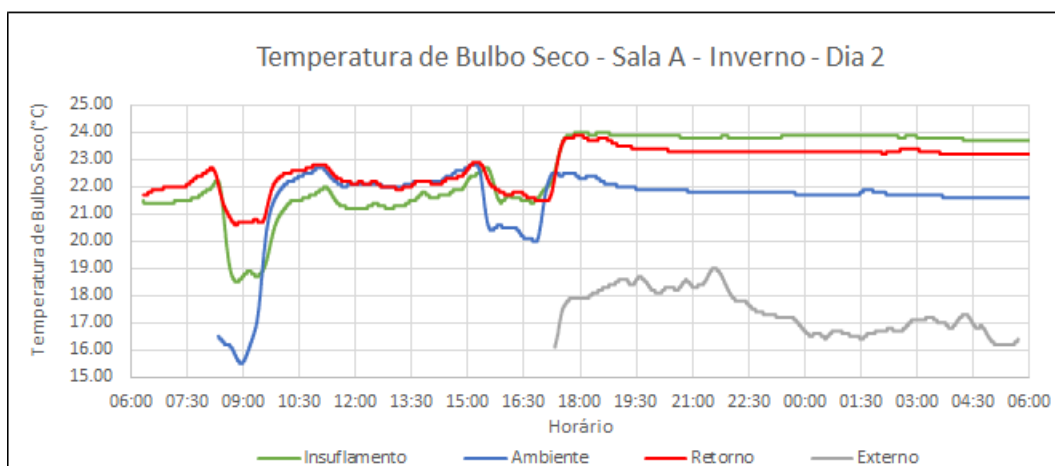
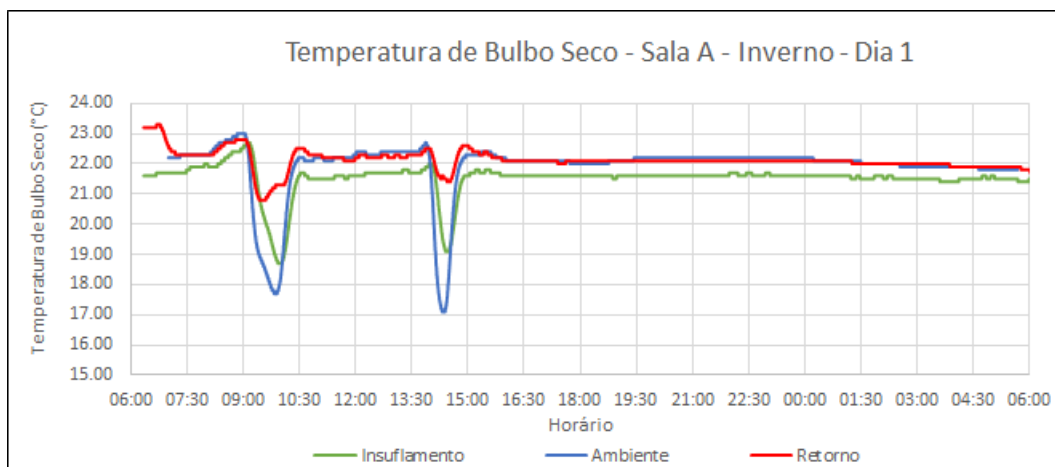
13. HAINES, R. W., MYERS, M. E. **HVAC systems design handbook**. New York: McGraw-Hill Book Company, 2010. 560p.
14. HANSEN, S. J. **Managing Indoor air quality**. Lilburn: The Fairmont Press, 1991.
15. HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Histórico**. Disponível em: <http://www.hu.usp.br/historico/>, acesso em 21 mar 2016.
16. INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMAP - Dados Históricos**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>, acesso em 31 de agosto de 2018.
17. ISO – International Organization For Standardization. **ISO7726:1998, Ergonomics of the thermal environment: Instruments for measuring physical quantities**. ISO, 1998.
18. KRITSKI, A. L., SILVA, C. R. M., FILHO, P.P.G. **Ambientes Climatizados, Portaria 3.523 de 28/08/1998 do Ministério da Saúde e Padrões de Qualidade do Ar de Interiores do Brasil**. Jornal de Pneumologia v.26 n.5. São Paulo, 2000.
19. LAMBERTS, R., XAVIER, A. A. P. **Conforto Térmico e Stress Térmico**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis, 2002.
20. LEITE, B. C. C. **Sistema de ar condicionado com insuflamento pelo piso em ambientes de escritórios: avaliação do conforto térmico e condições de operação**. 2003, Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003.
21. MECKLER, M. P. E. **Indoor air quality design guidebook**. Lilburn: The Fairmont Press, INC, 199. 283p.
22. MINISTÈRE DU TRAVAIL ET DES AFFAIRES SOCIALES. **Pollution atmosphérique à l'intérieur des bâtiments: Sources, expositions et risques sanitaires**. Paris: Technique & Documentation, 1996. 100p.
23. MINISTÉRIO DE ESTADO DA SAÚDE, **Portaria nº3523**. 1998
24. MOBIN, M., SLAMITO, M. A. Microbiota fúngica dos condicionadores de ar nas unidades de terapia intensiva de Teresina, PI. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Teresina, 2006.
25. NETO, P. L. O. C. **Estatística**. 2ed. São Paulo, Edgard Blucher, 2002
26. NUNES, Z.G. **Estudo da qualidade microbiológica do ar de ambientes internos climatizados**. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2005

27. PEREIRA, M. L. **Medição, predição e análise de partículas aéreas em salas cirúrgicas**. 2008. 163 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
28. QUADROS, M. E., LISBOA, H. M., OLIVEIRA, V. L., SCHIMER, W. N. Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: estudo de caso e análise crítica dos padrões atuais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Vol. 14 n. 3, Rio de Janeiro, 2009
29. RAMOS, A. W. **Apostila do curso de estatística**. São Paulo, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2013.
30. SANTANA, E.G.F. **Conforto térmico e concentração de CO₂ em salas de cirurgia e salas de espera para pacientes, climatizadas artificialmente**. 2013. Tese (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2013.
31. SUZUKI, E.H. **Avaliação do conforto térmico e do nível de CO₂ em edifícios de escritório com climatização artificial na cidade de São Paulo**. 2010. Tese (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2010.
32. TRIBESS, A., PEREIRA, L J., VILAIN, R., PEREIRA, M. L. **Contaminação aérea em salas cirúrgicas: o impacto da utilização de um sistema de condicionamento de ar de parede**. VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Campina Grande, 2010.
33. VILAIN, R. **Análise experimental e numérica da concentração e dinâmica de partículas em sala cirúrgica ou quarto de isolamento hospitalar**. 2016. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2016.
34. WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Prevention of hospital-acquired infections: a practical guide**. Genebra, Lyon, 2002.
35. WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **World Health Statistics 2015**. Luxemburgo, 2015.

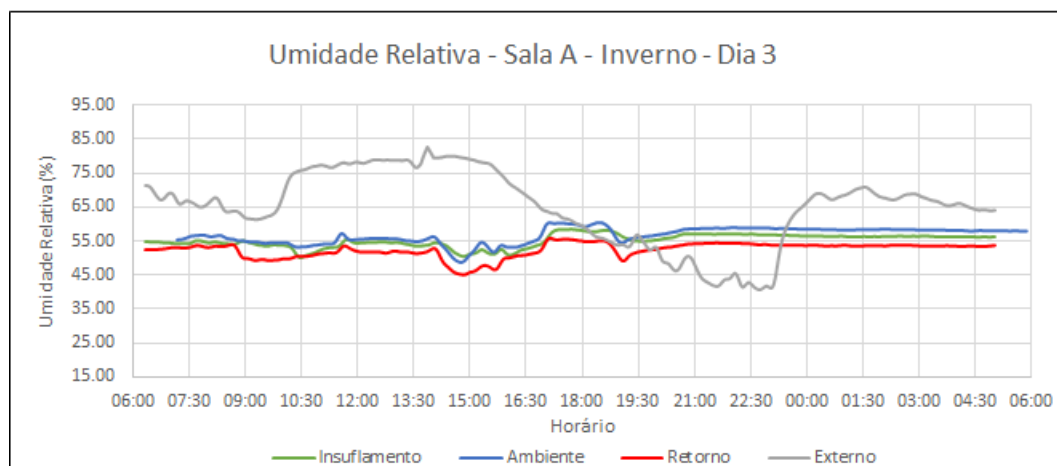
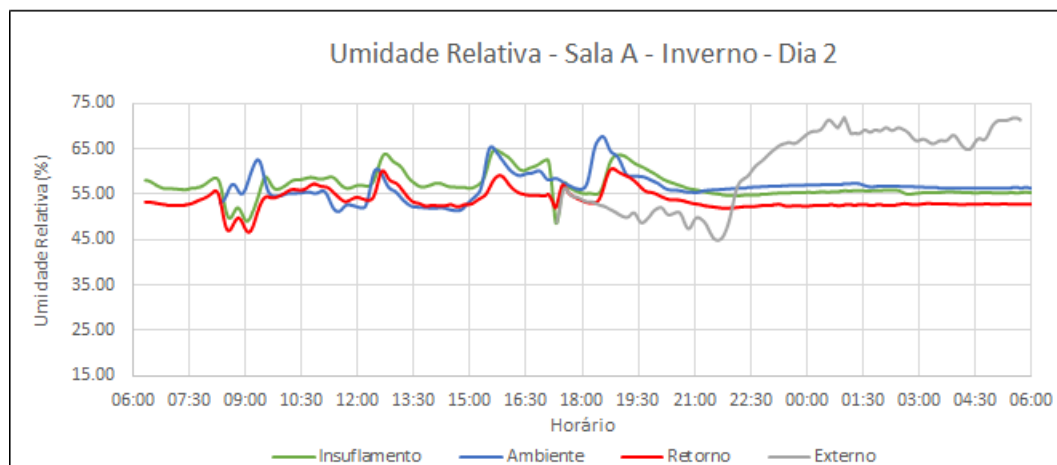
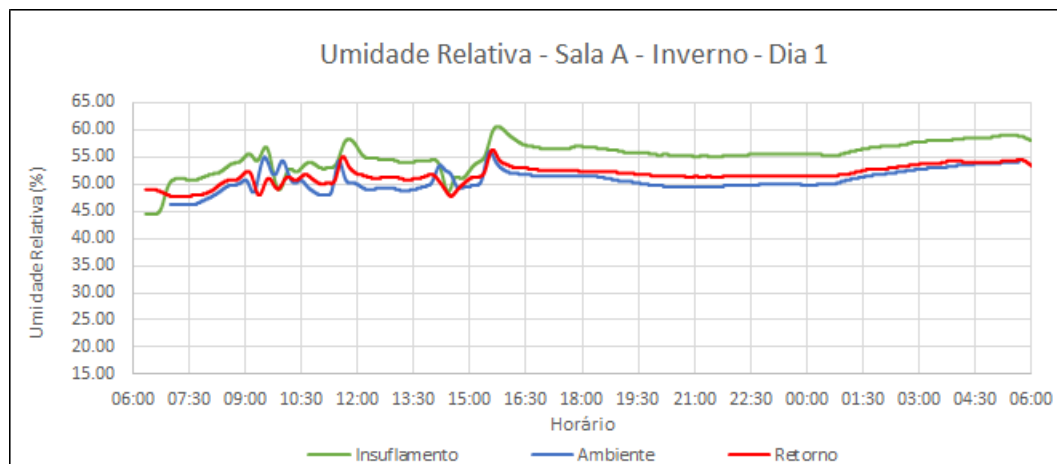
8. APÊNDICES:

8.1. APÊNDICE I – GRÁFICOS SALA A – INVERNO:

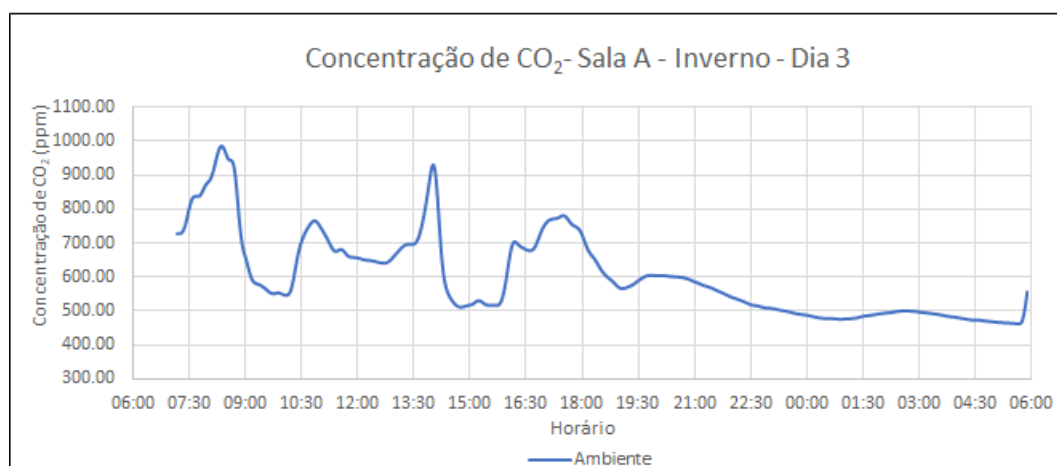
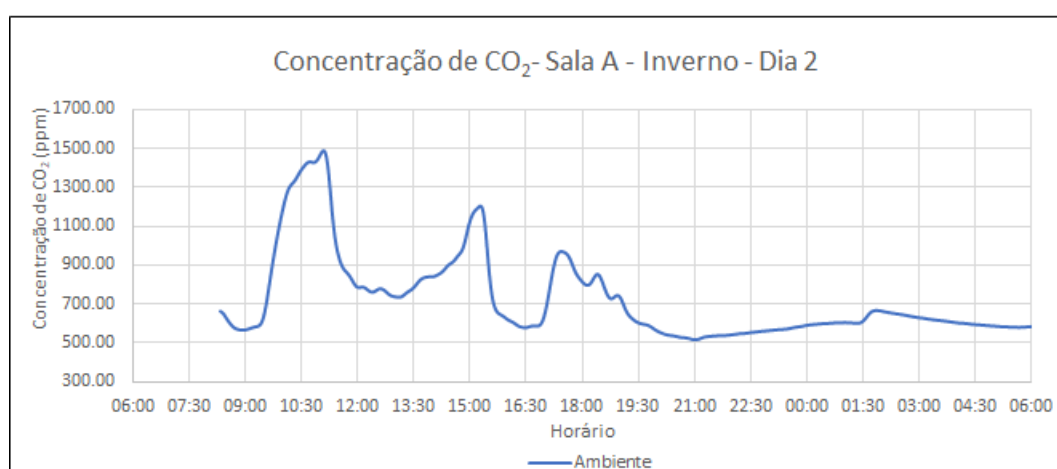
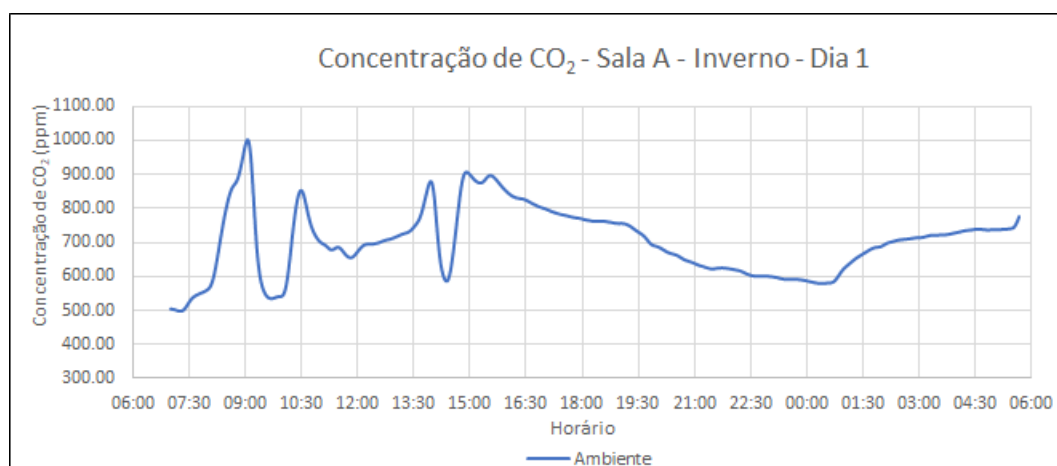
8.1.1. Temperatura de Bulbo Seco:



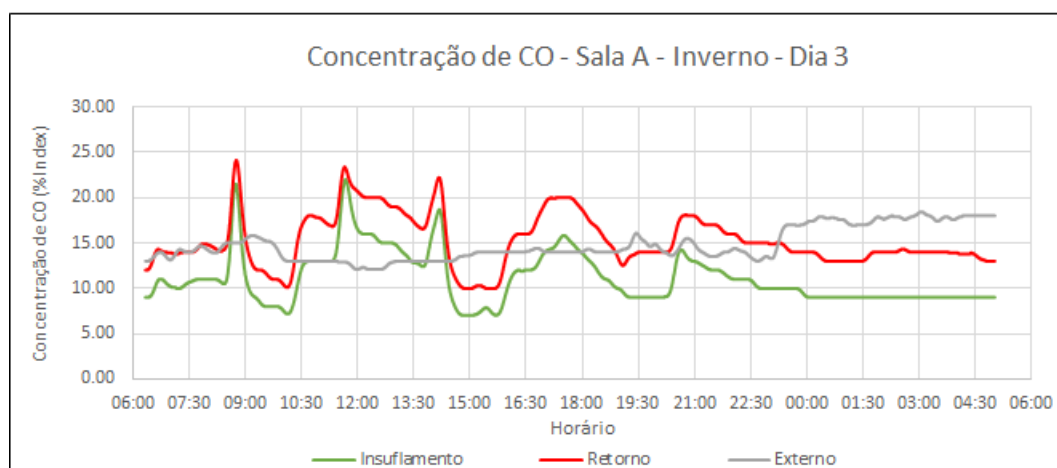
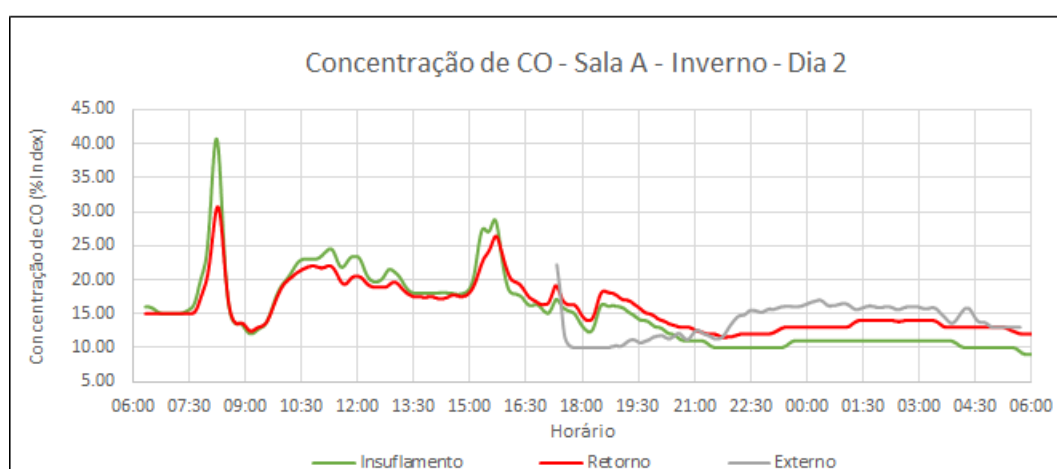
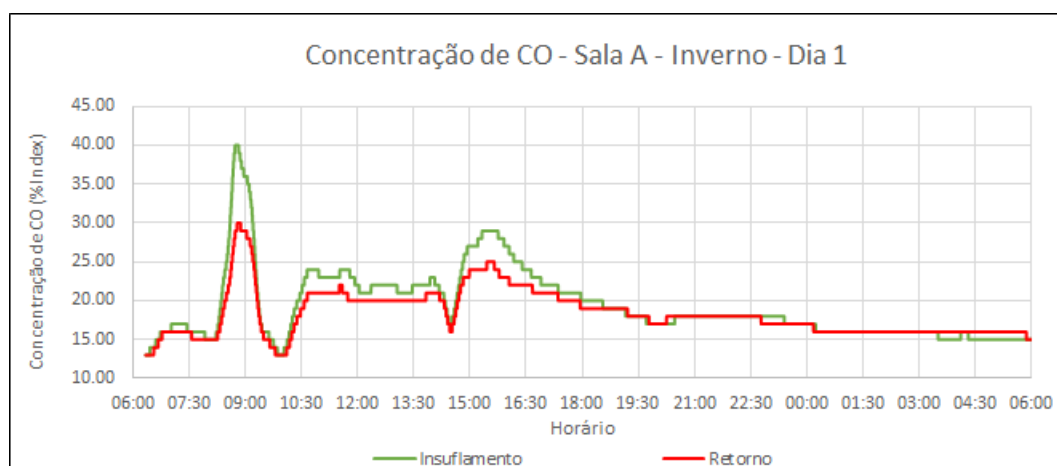
8.1.2. Umidade Relativa:



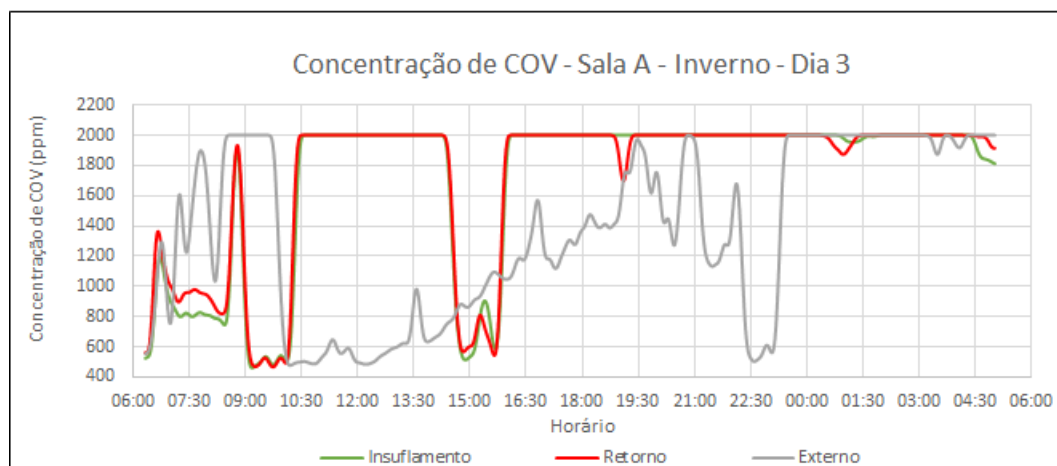
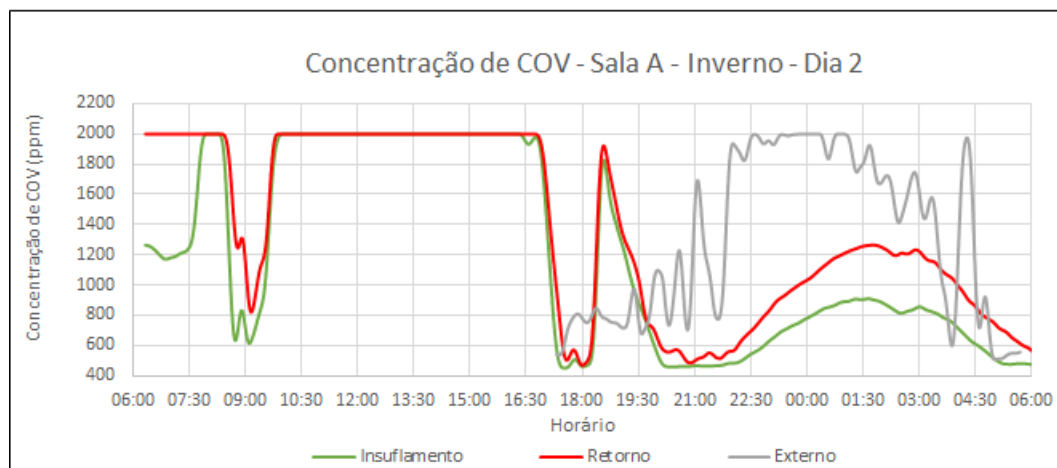
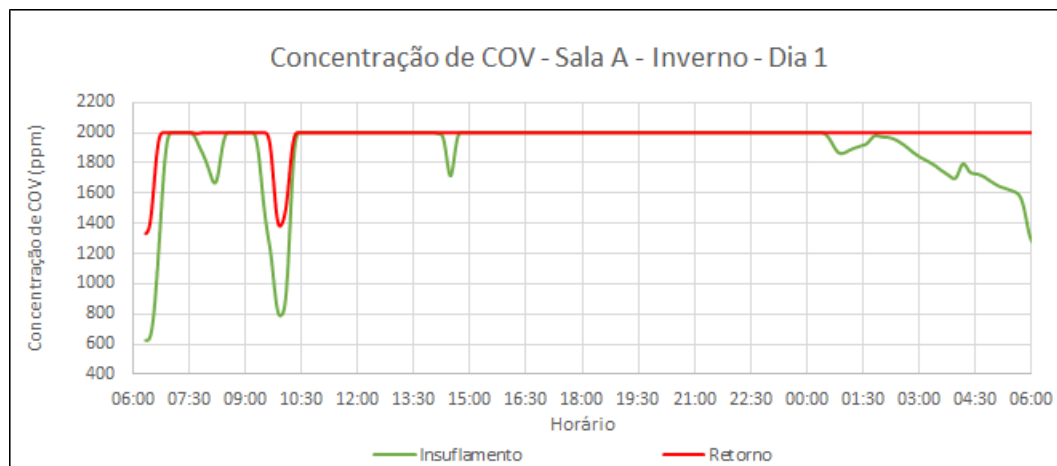
8.1.3. Concentração de CO₂:



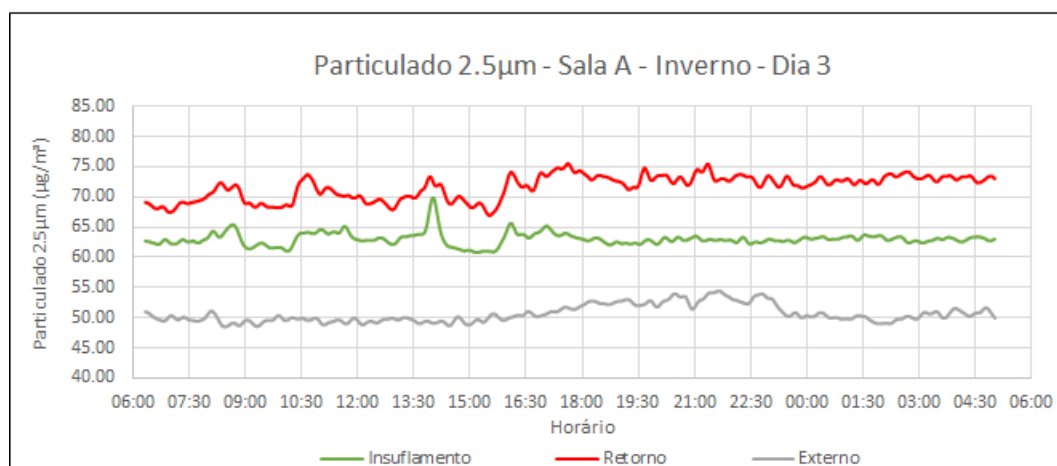
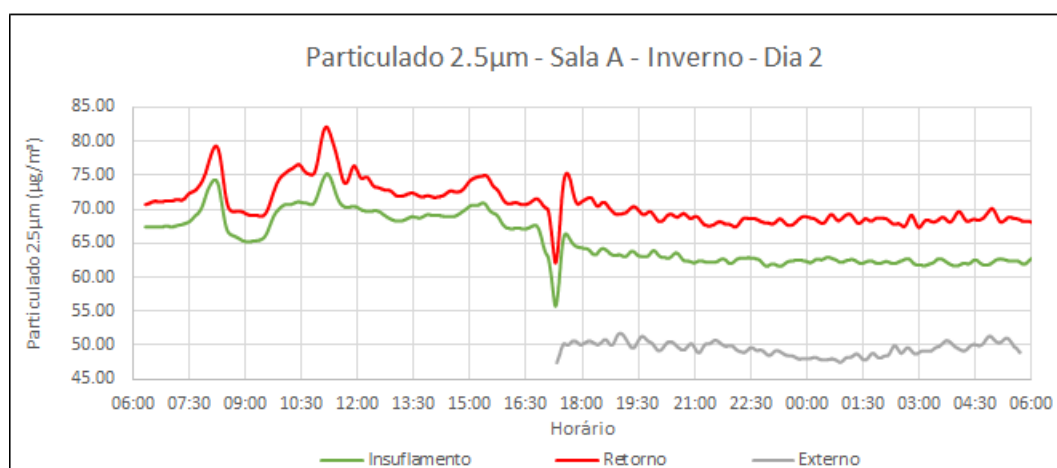
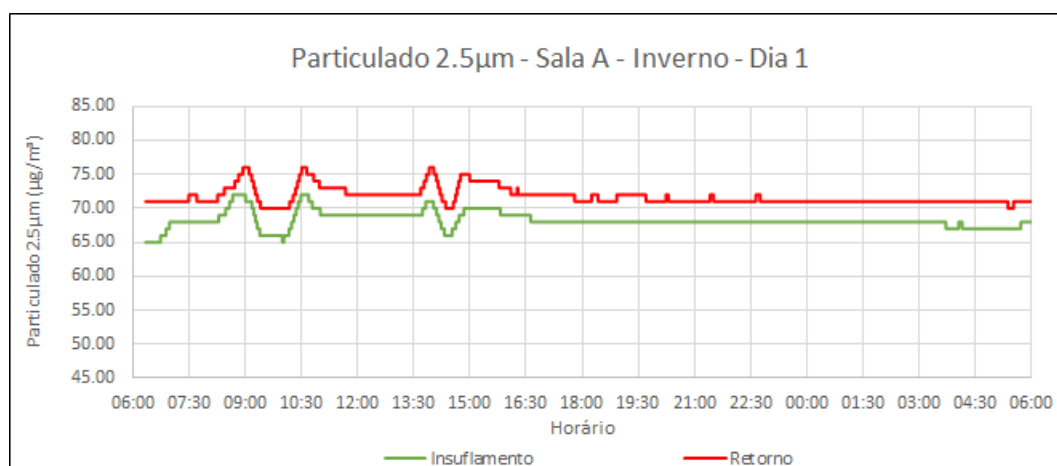
8.1.4. Concentração de CO:



8.1.5. Concentração de COV:

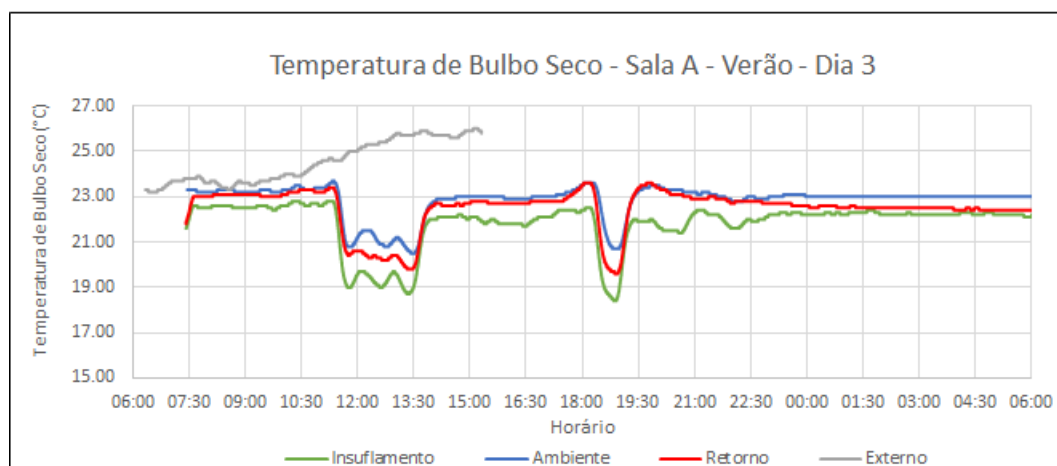
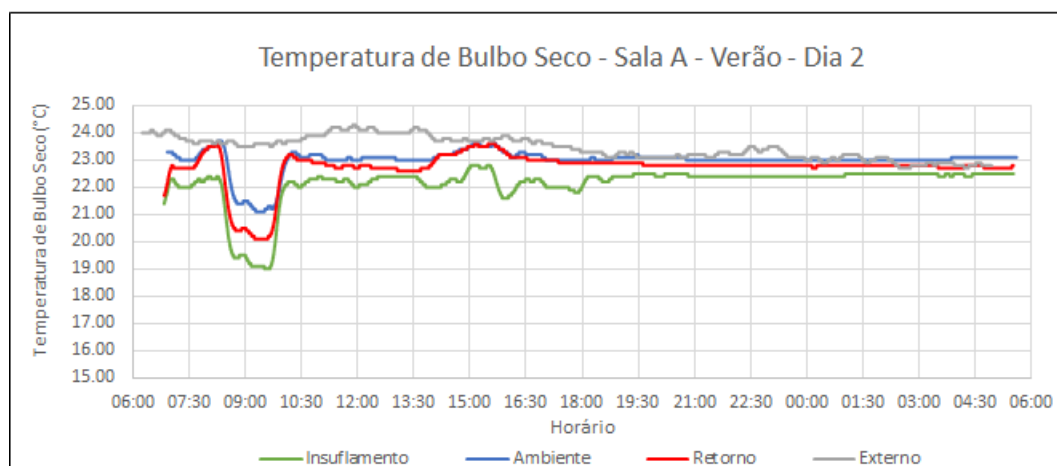
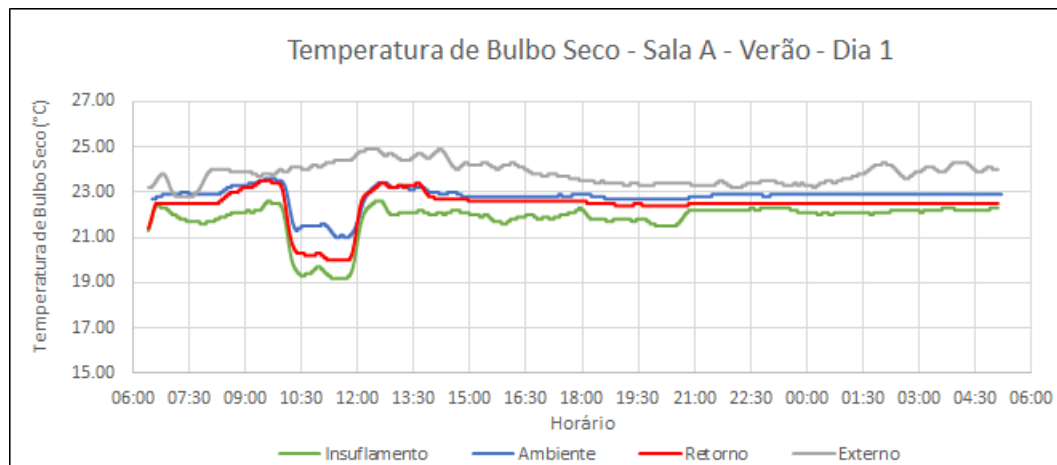


8.1.6. Concentração de Particulado 2.5 μ m:

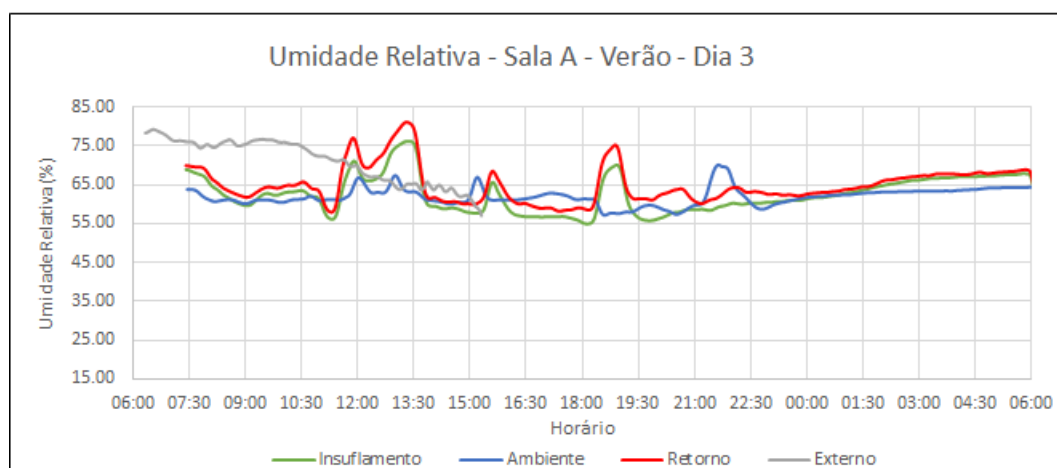
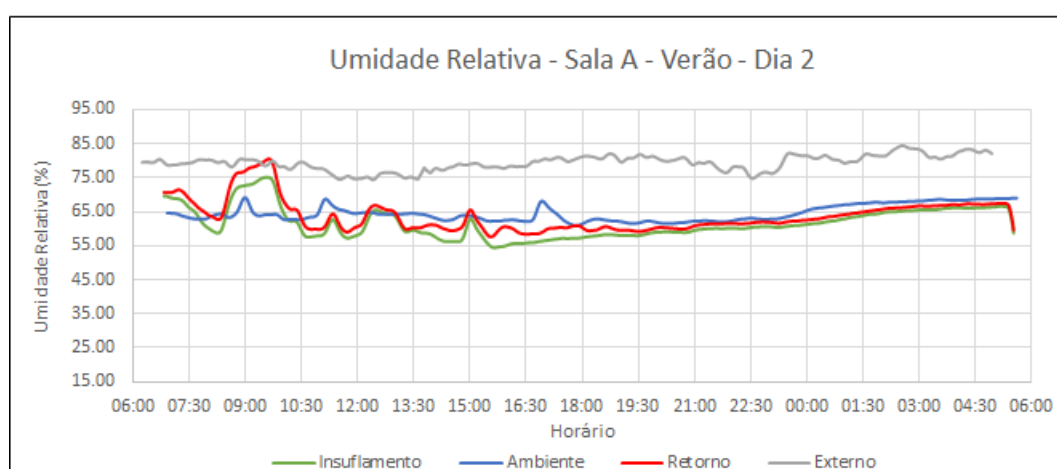
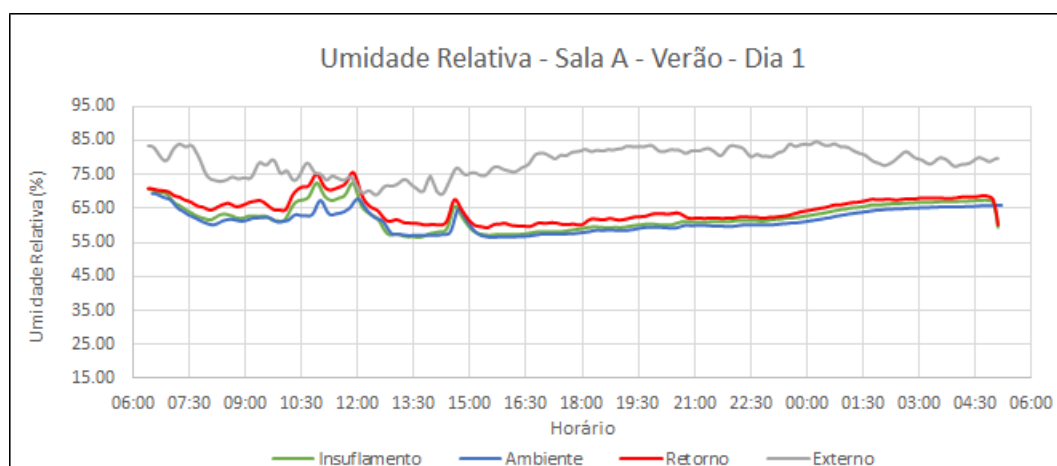


8.2. APÊNDICE II – GRÁFICOS SALA A – VERÃO:

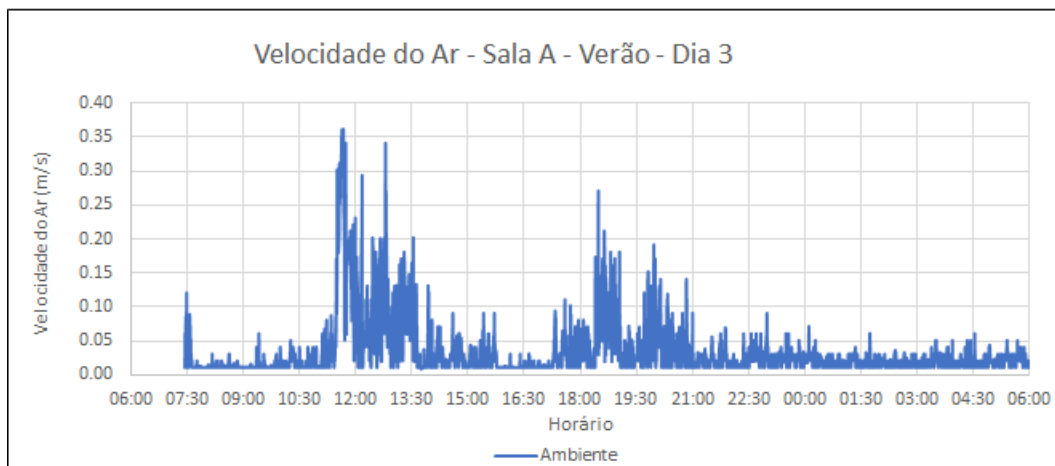
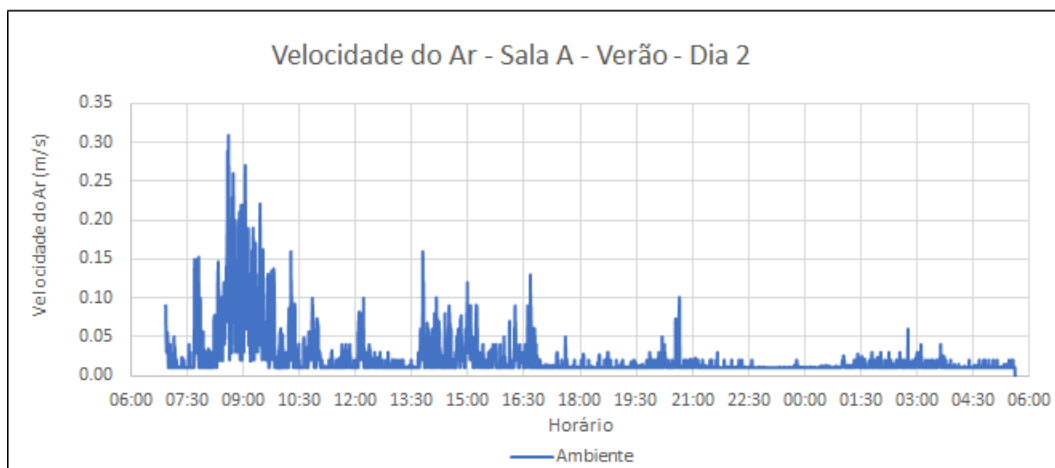
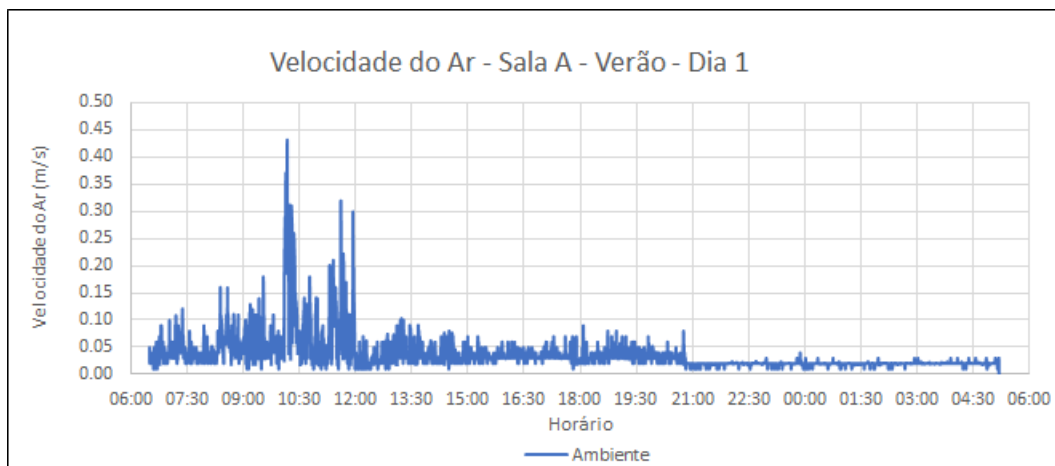
8.2.1. Temperatura de Bulbo Seco:



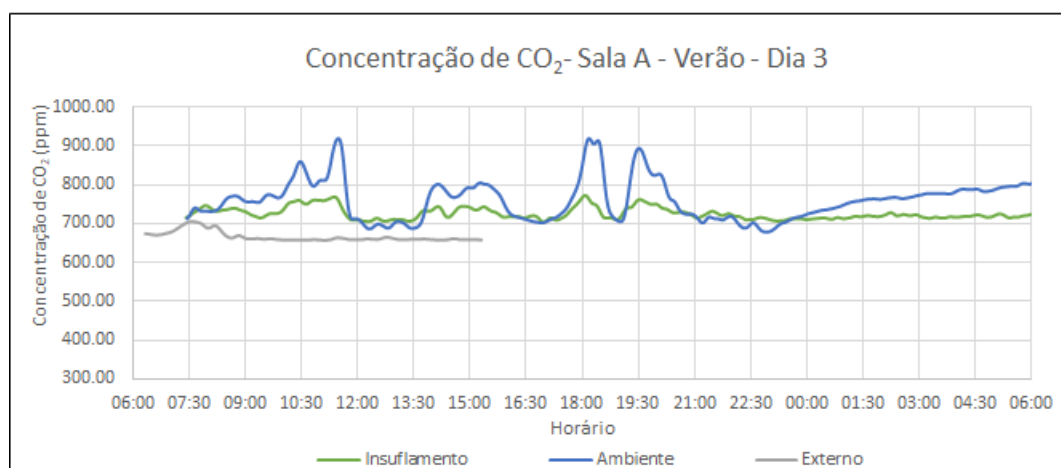
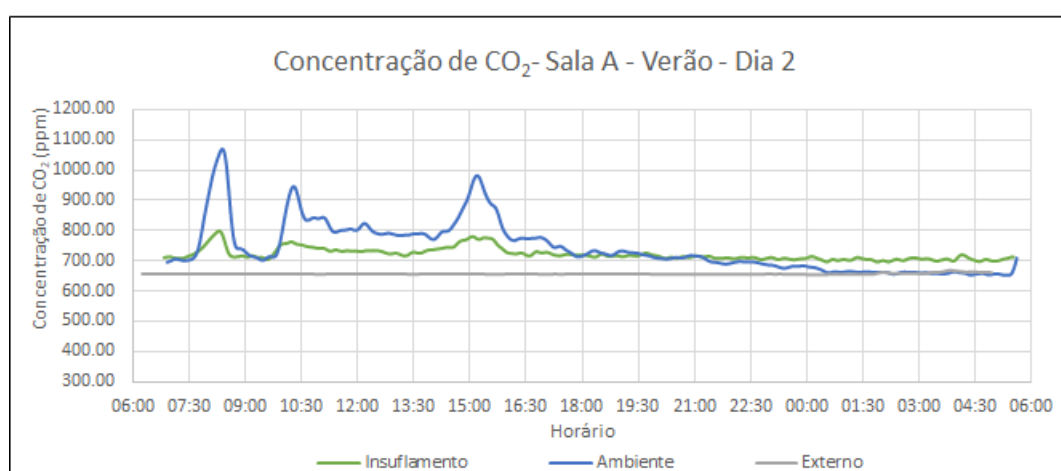
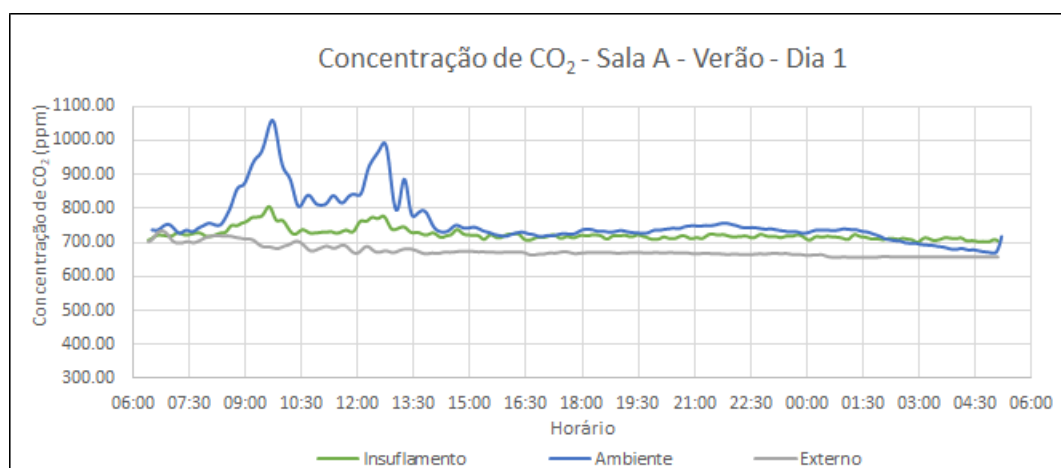
8.2.2. Umidade Relativa:



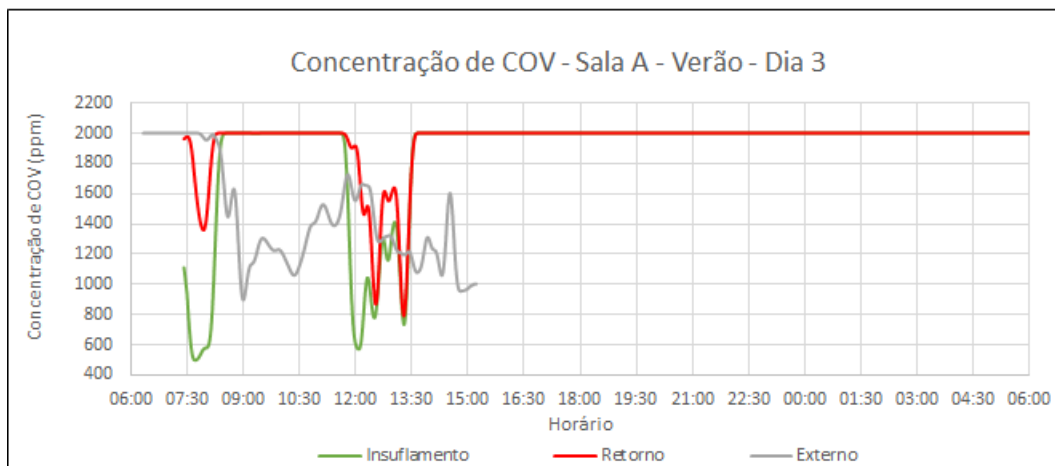
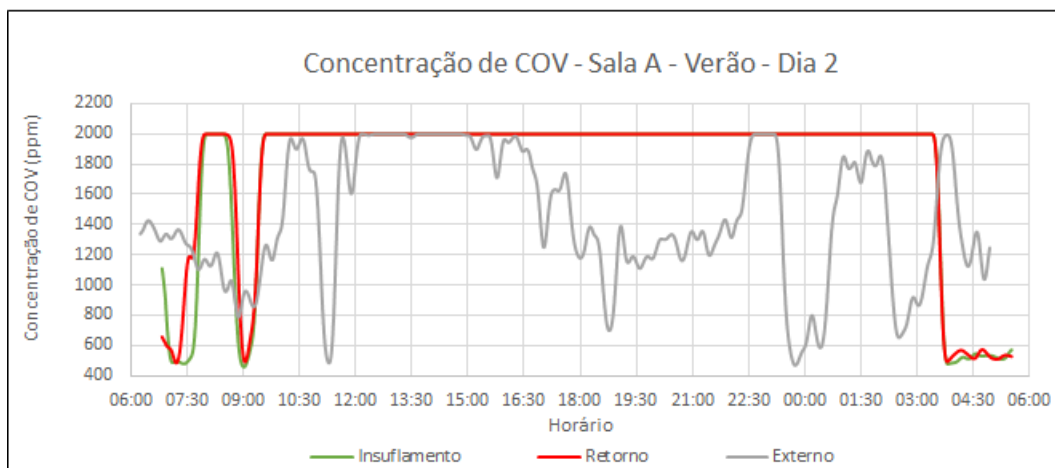
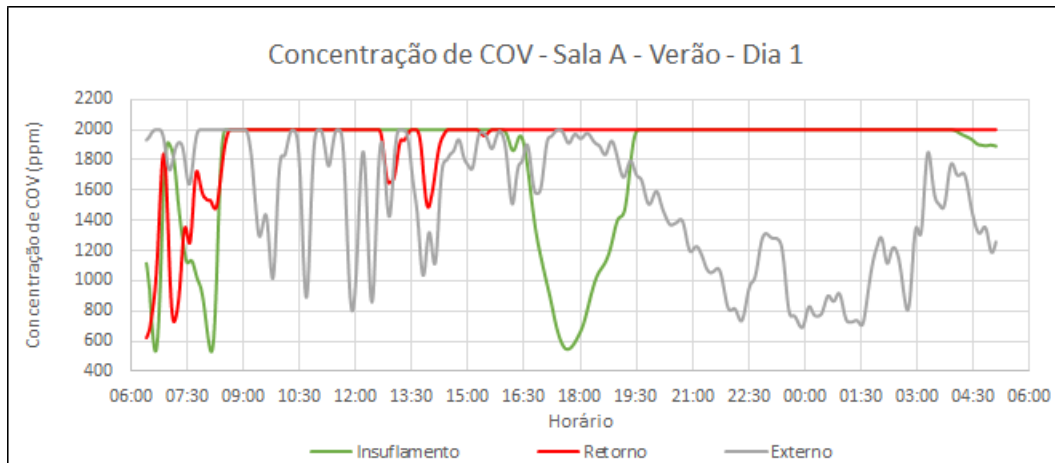
8.2.3. Velocidade do Ar:



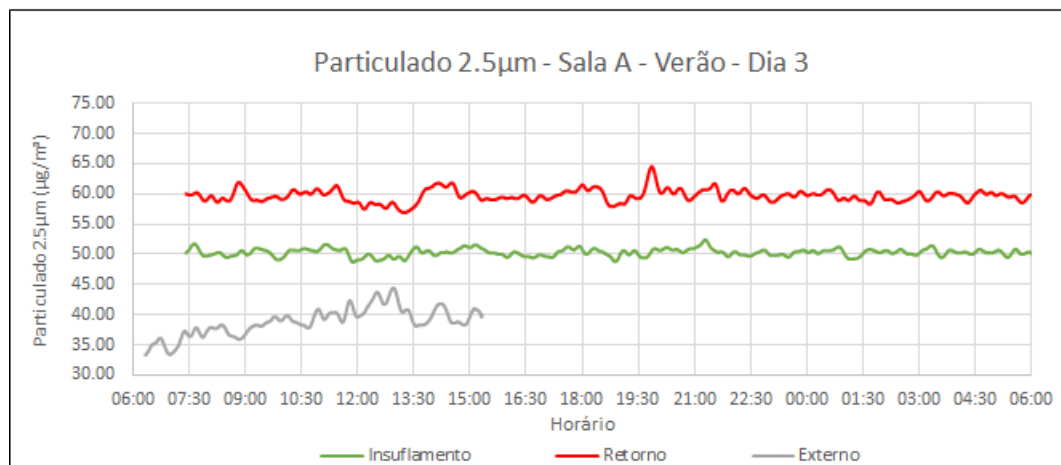
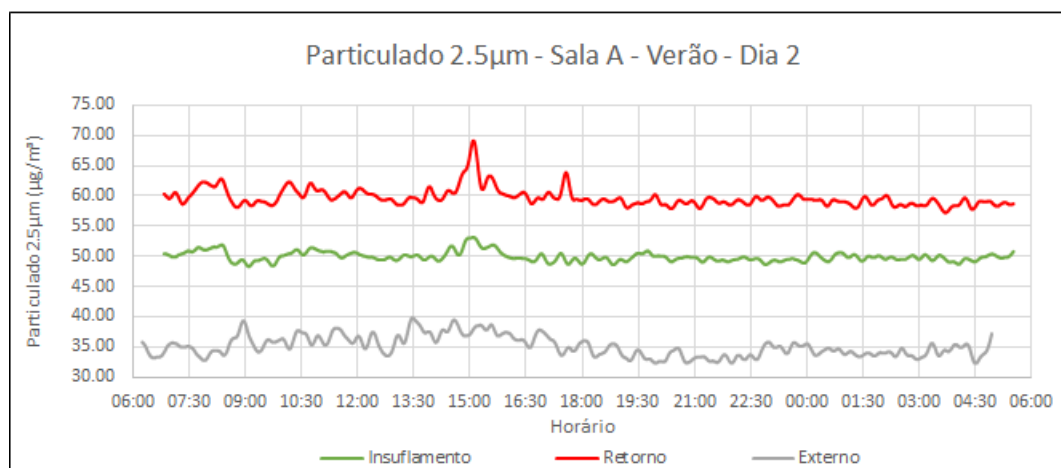
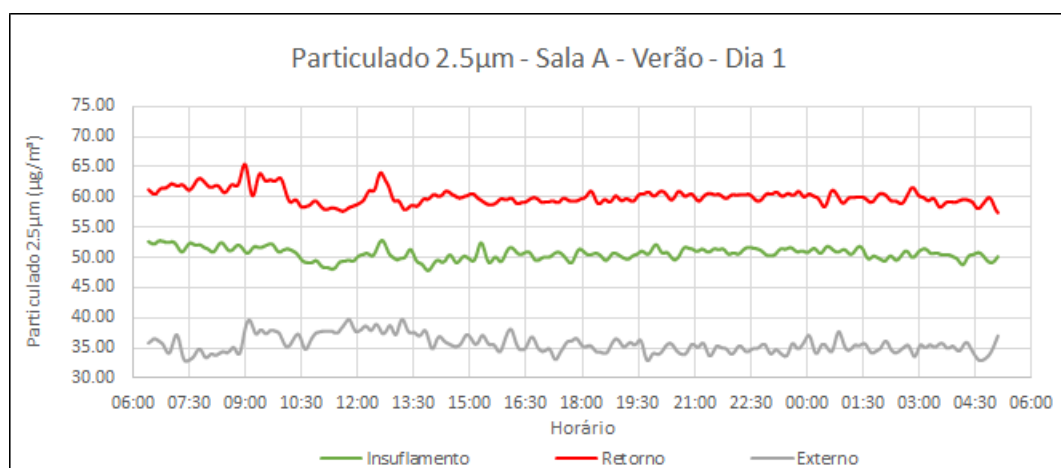
8.2.4. Concentração de CO₂:



8.2.5. Concentração de COV:

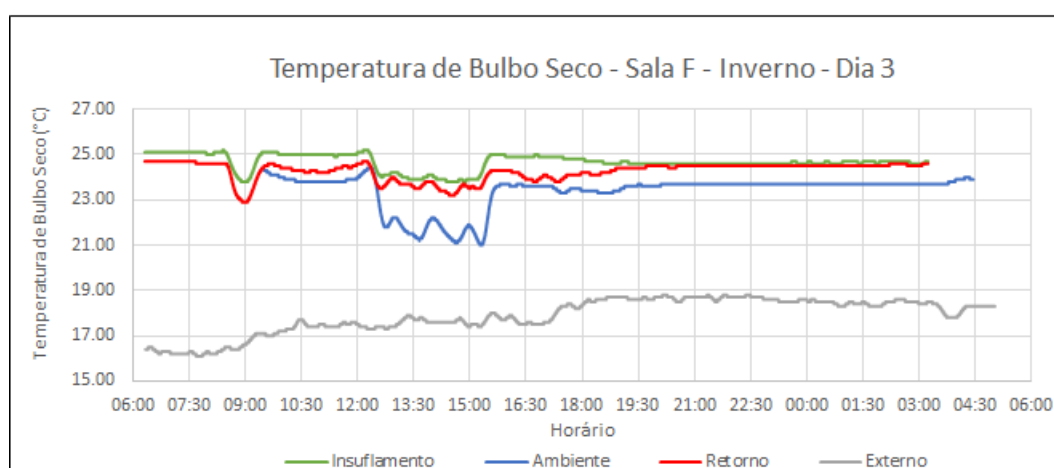
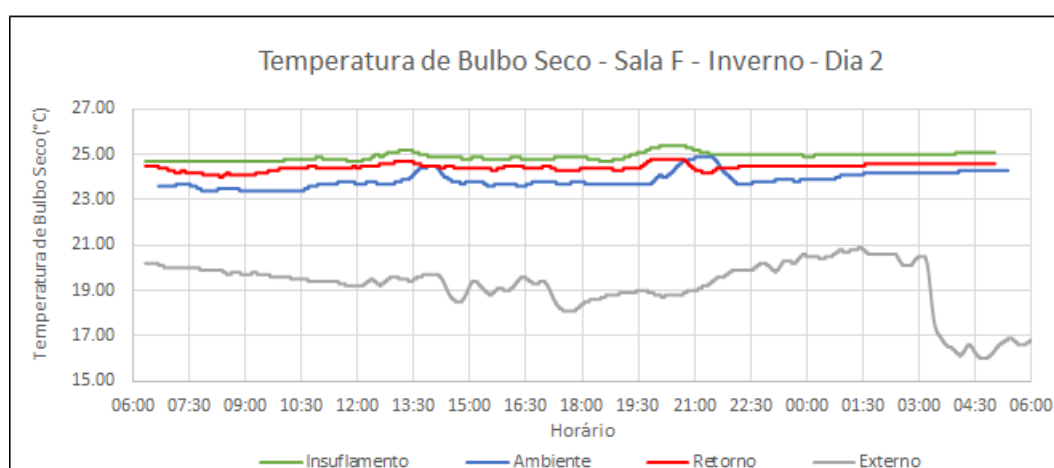
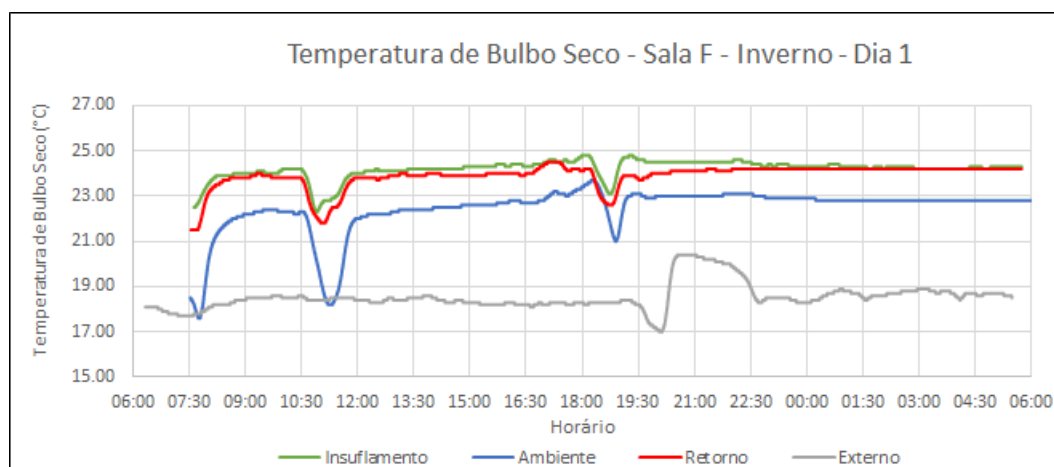


8.2.6. Concentração de Particulado 2.5 μ m:

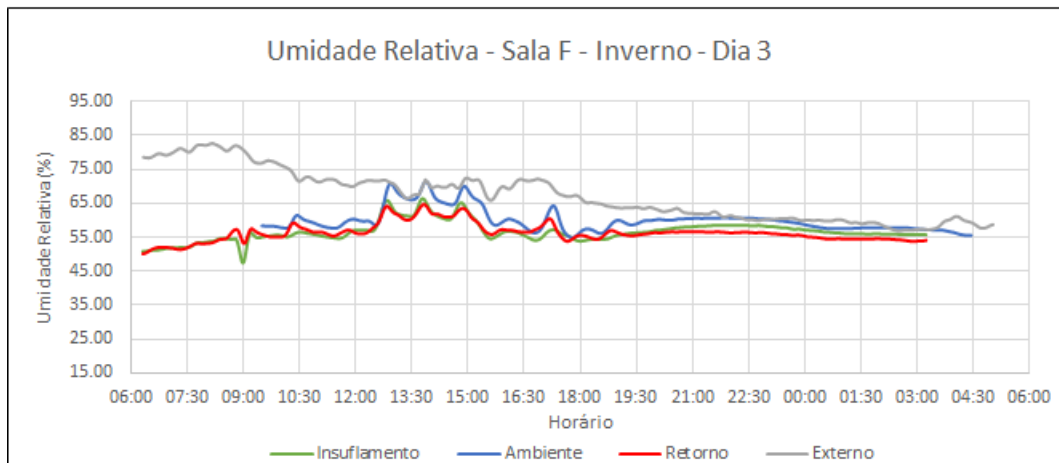
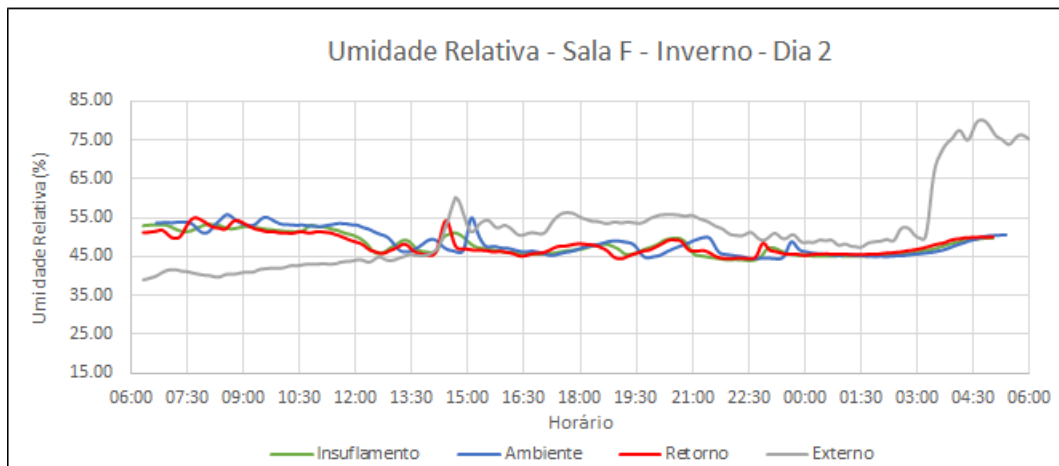
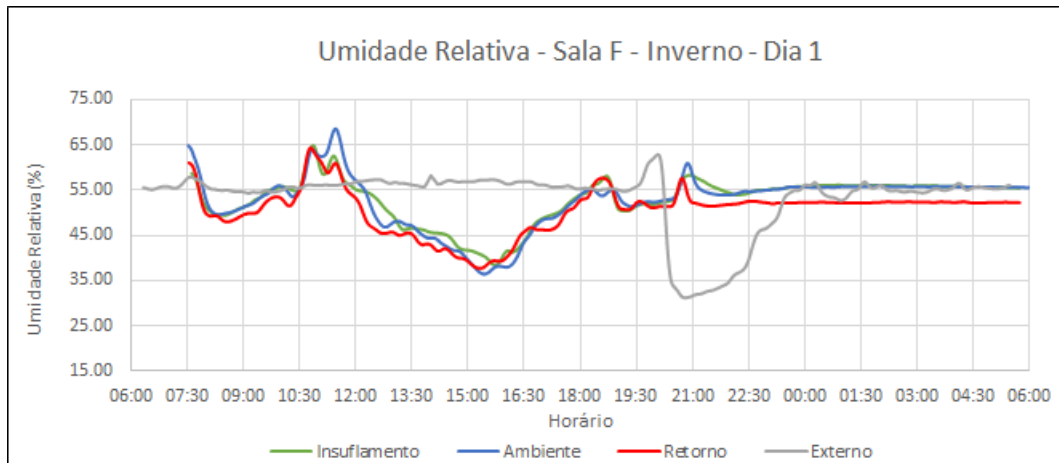


8.3. APÊNDICE III – GRÁFICOS SALA F – INVERNO

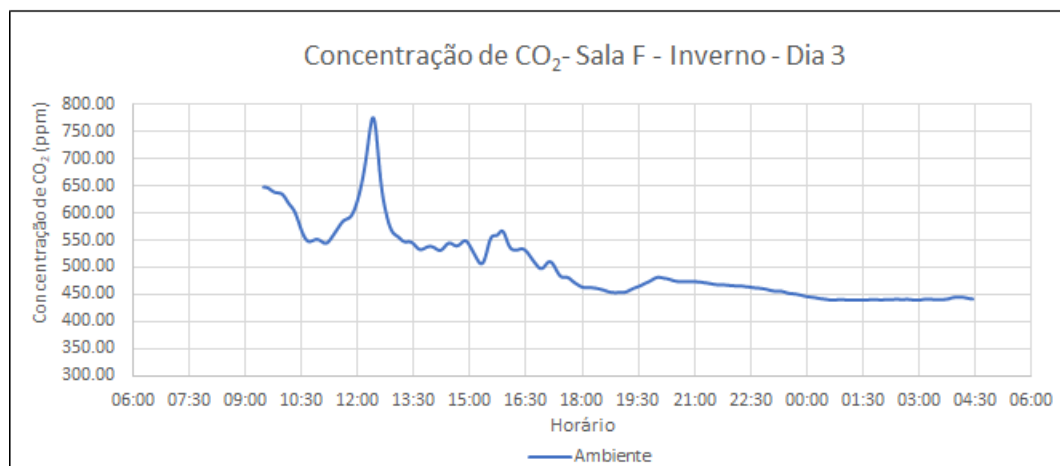
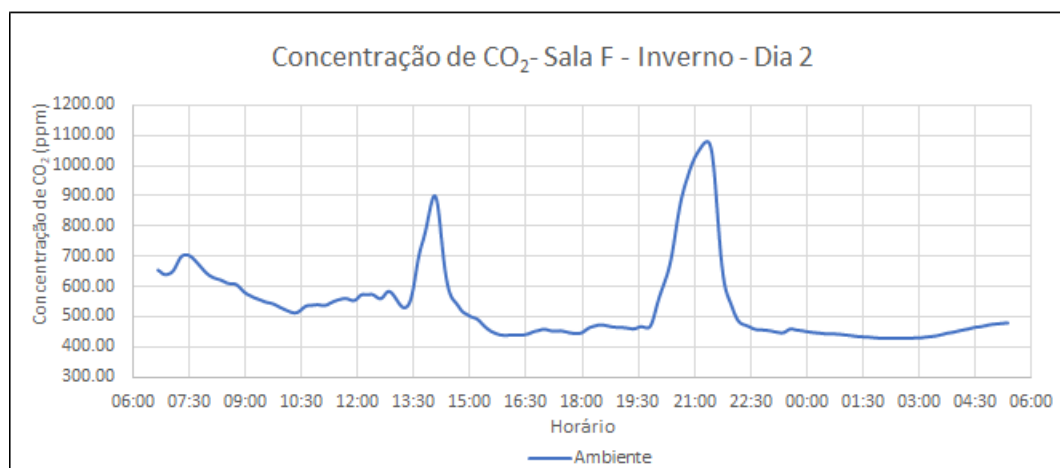
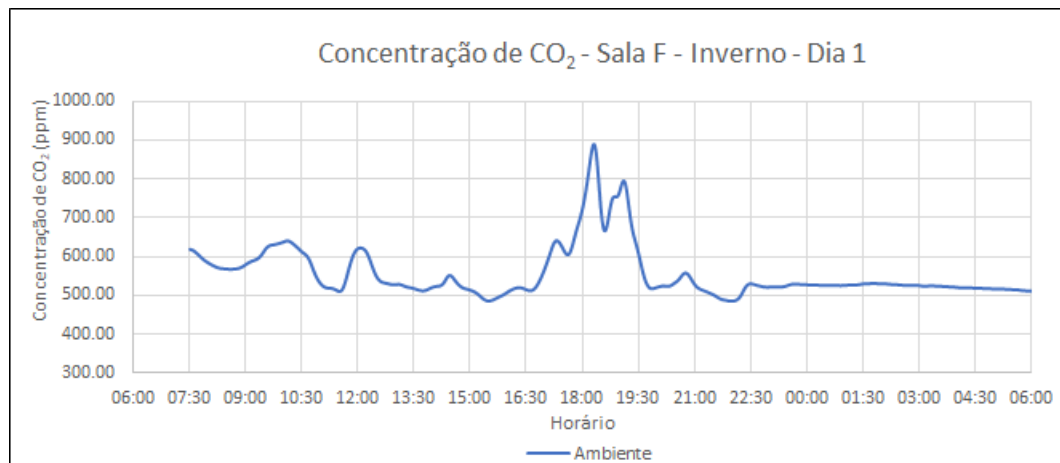
8.3.1. Temperatura de Bulbo Seco:



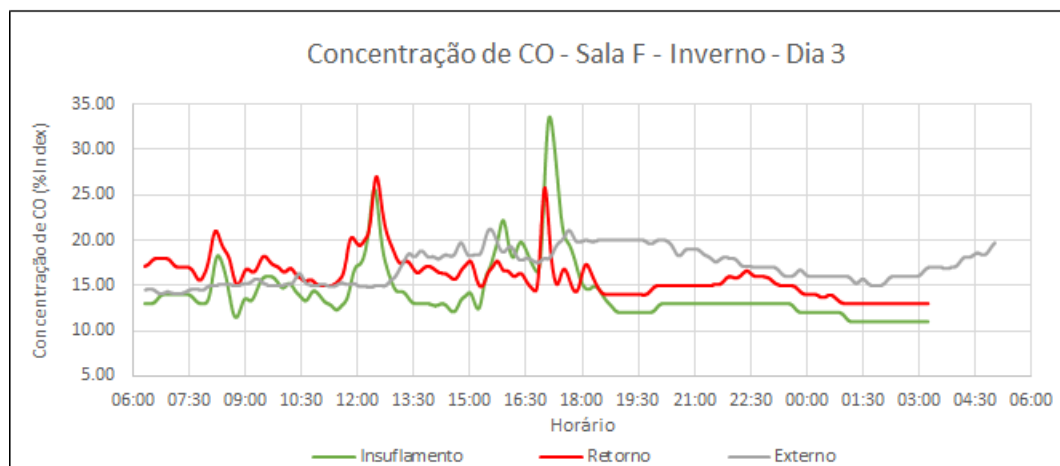
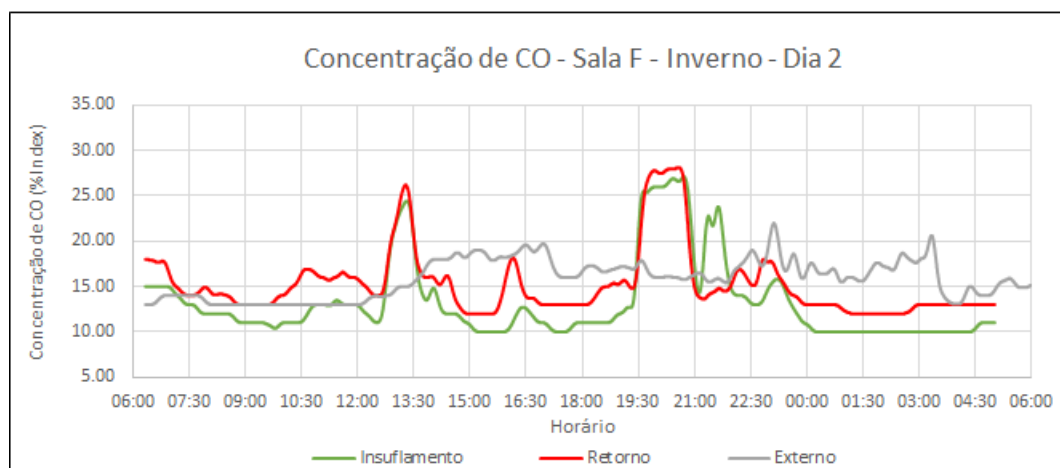
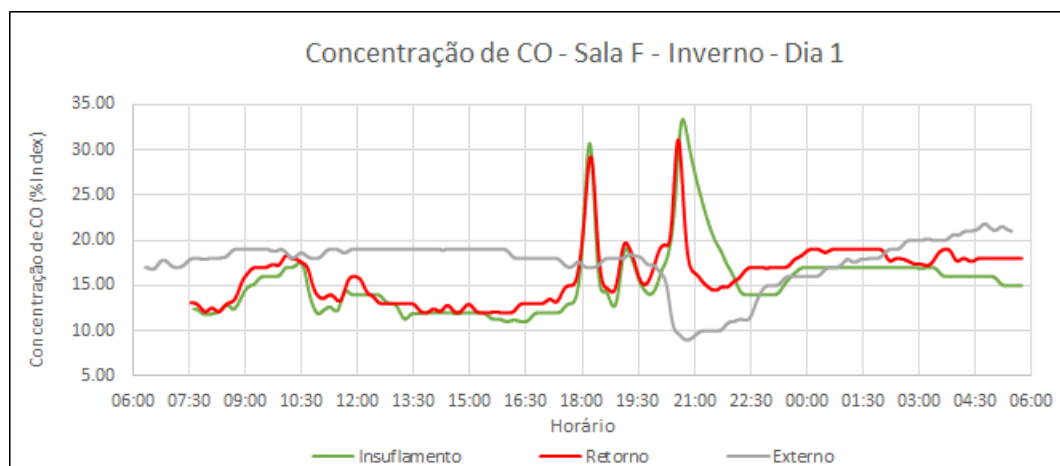
8.3.2. Umidade Relativa:



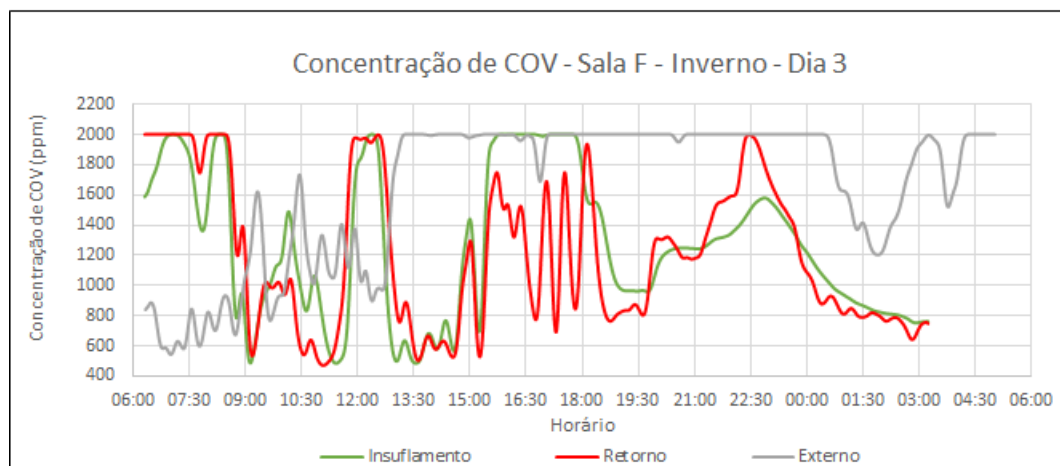
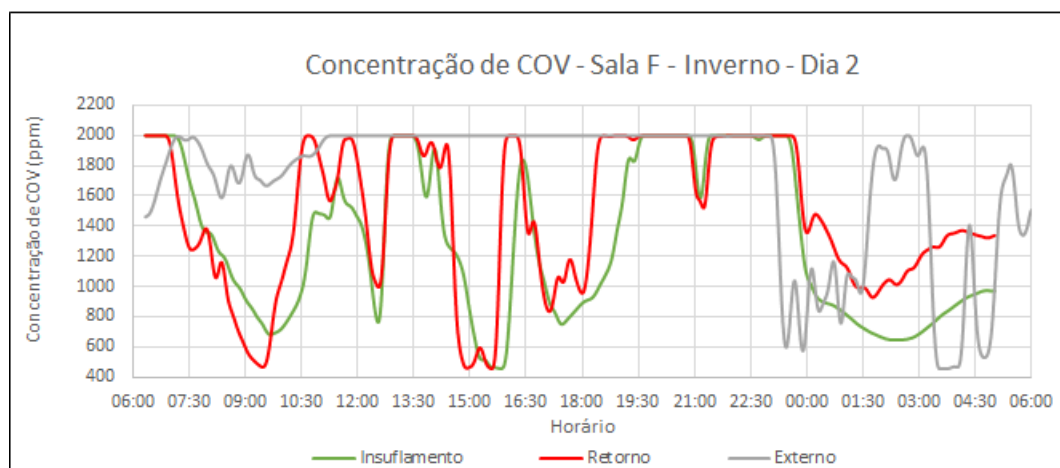
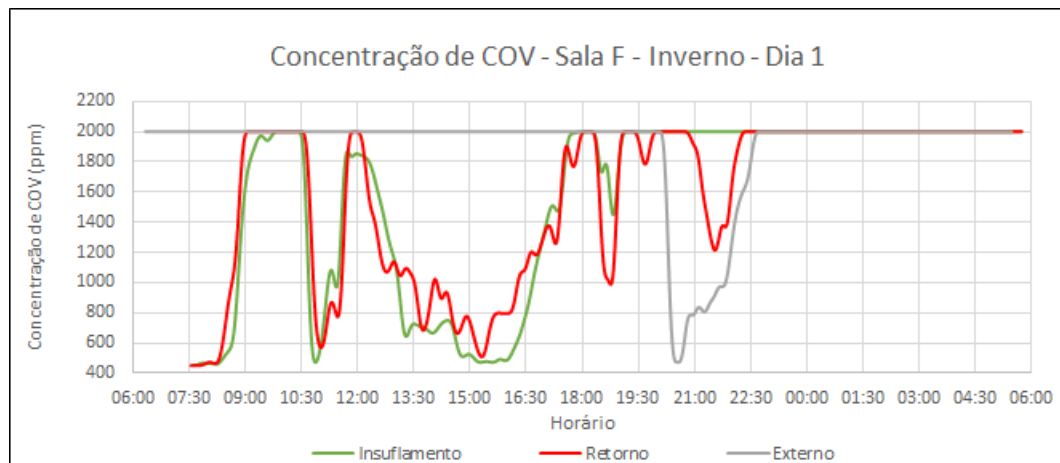
8.3.3. Concentração de CO₂:



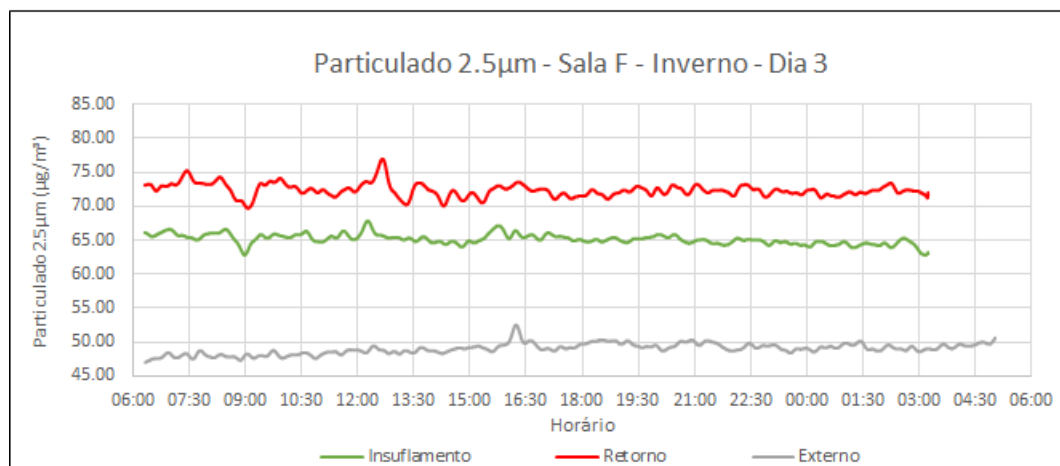
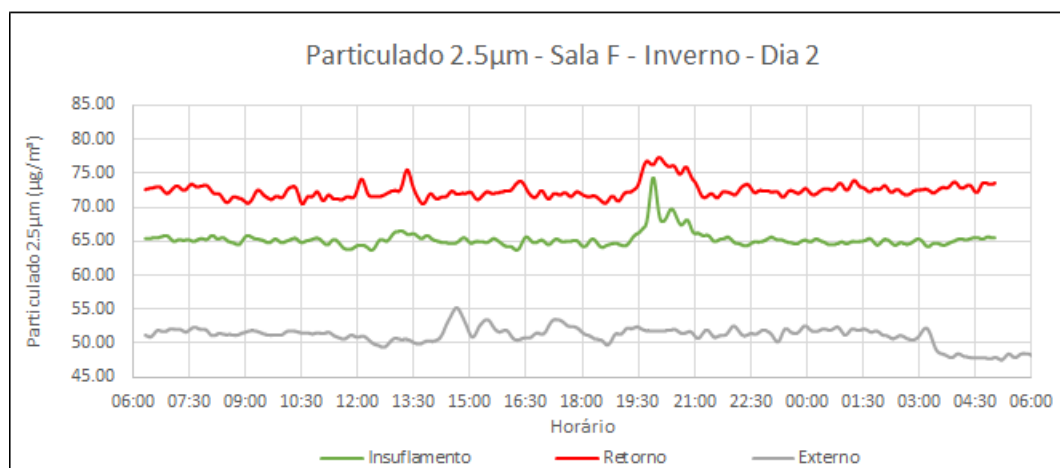
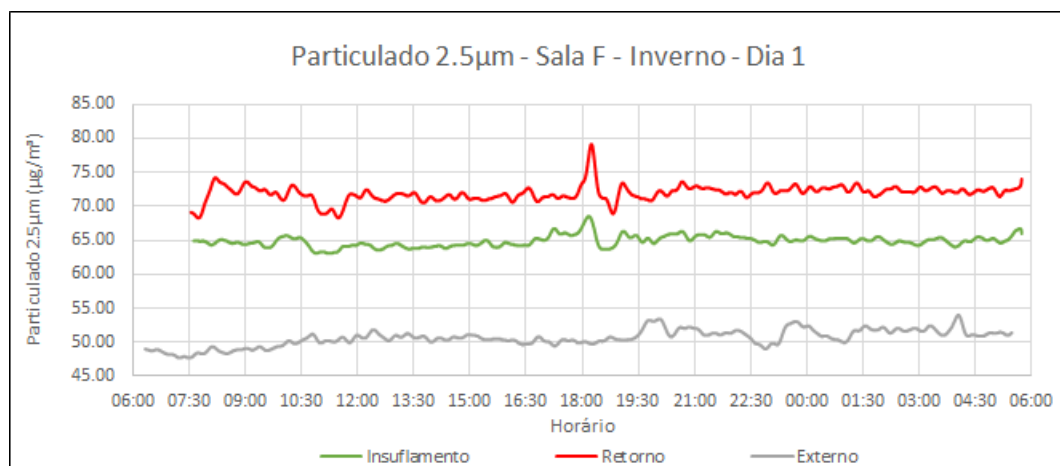
8.3.4. Concentração de CO:



8.3.5. Concentração de COV:

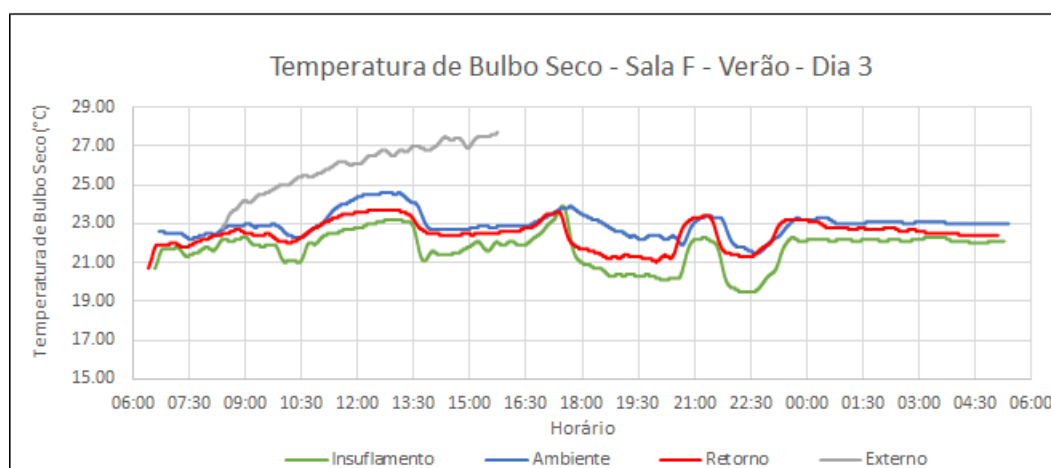
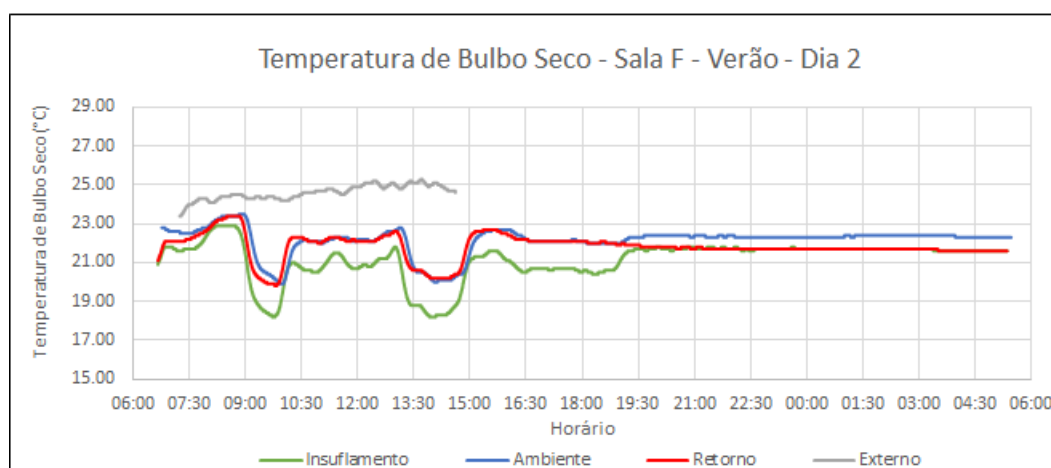
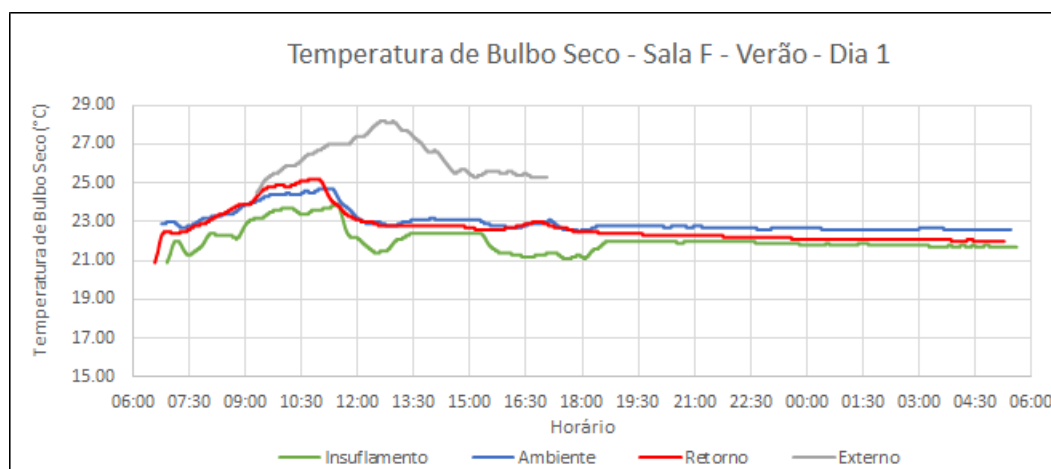


8.3.6. Concentração de Particulado 2.5:

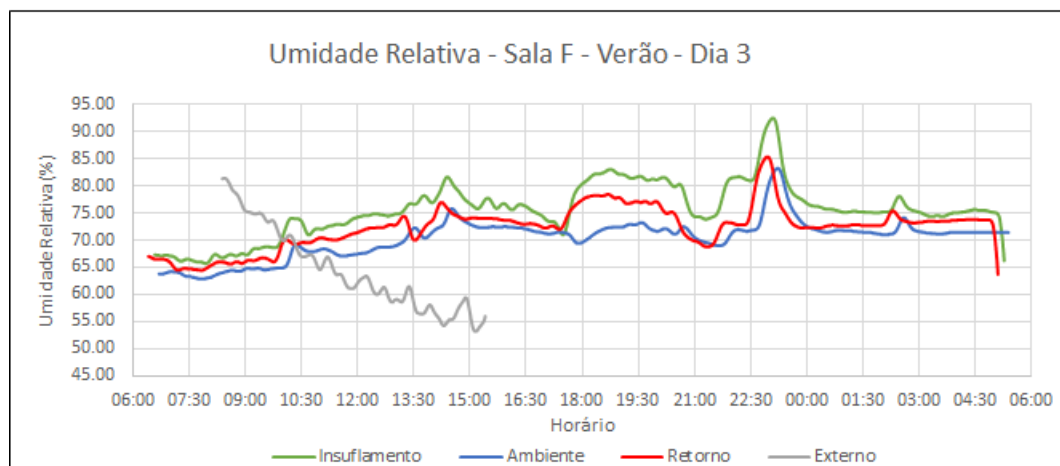
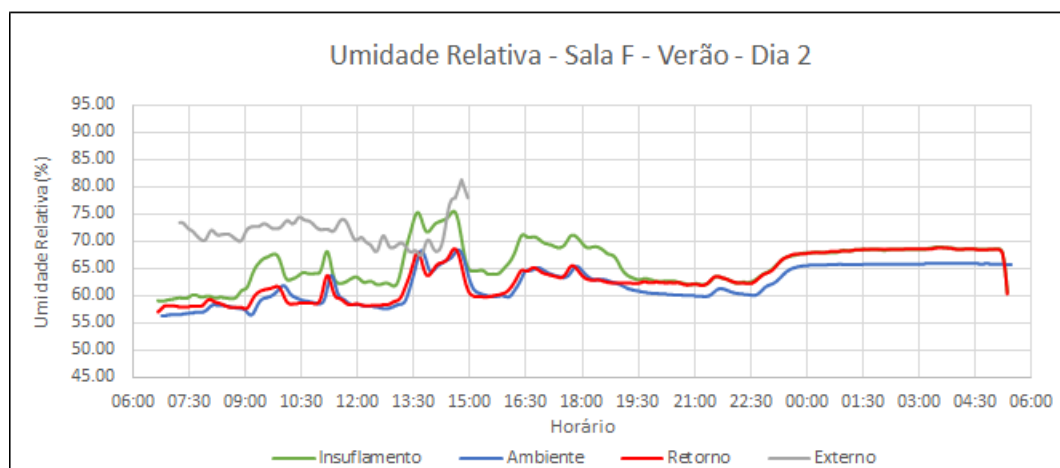
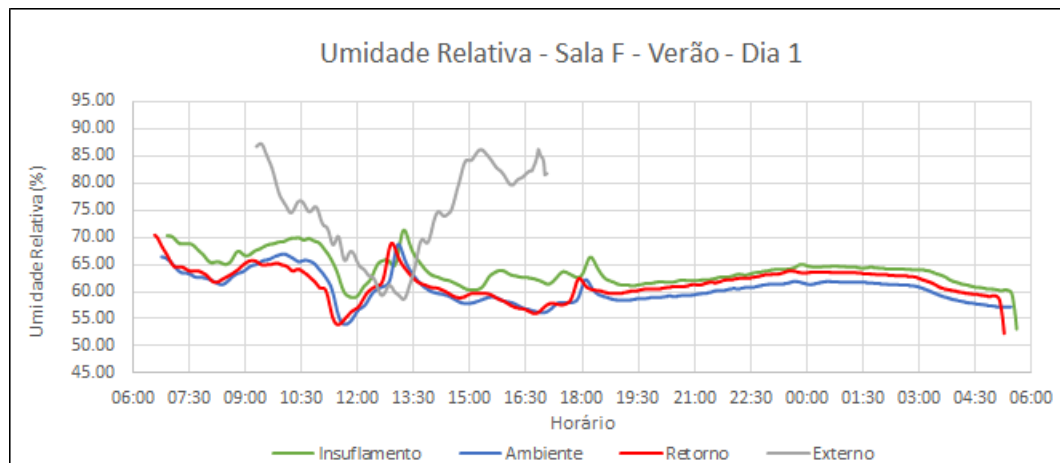


8.4. APÊNDICE IV – GRÁFICOS SALA F – VERÃO:

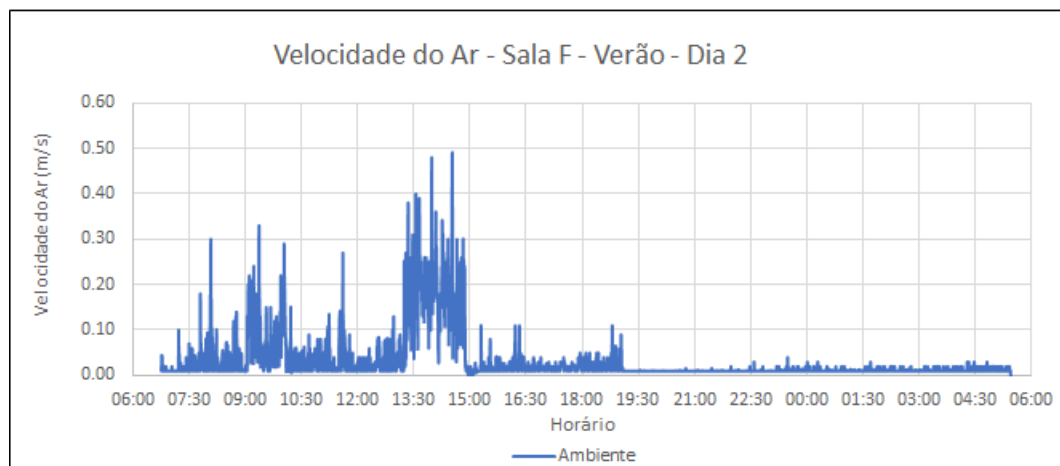
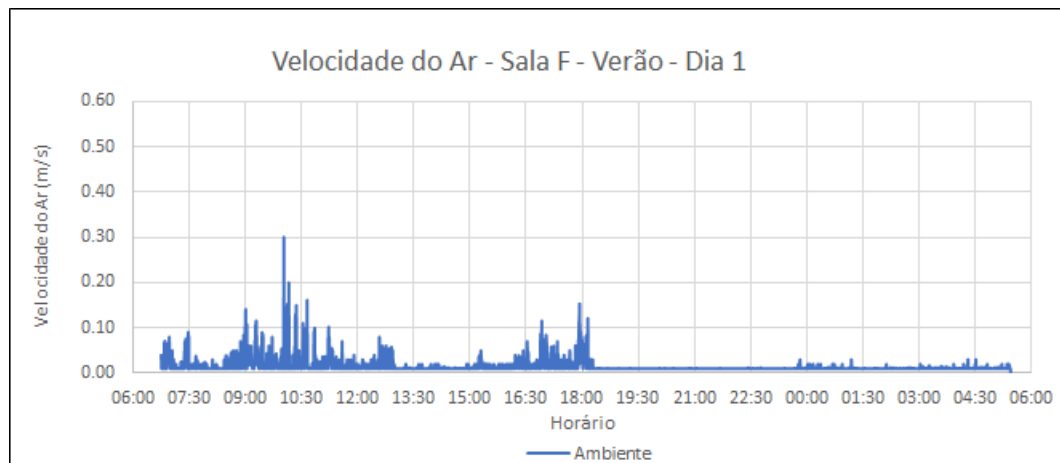
8.4.1. Temperatura de Bulbo Seco:



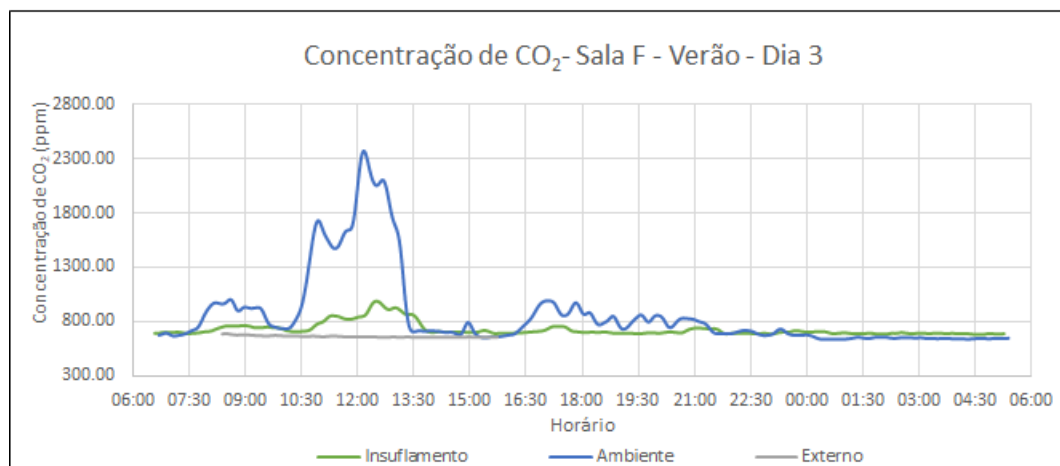
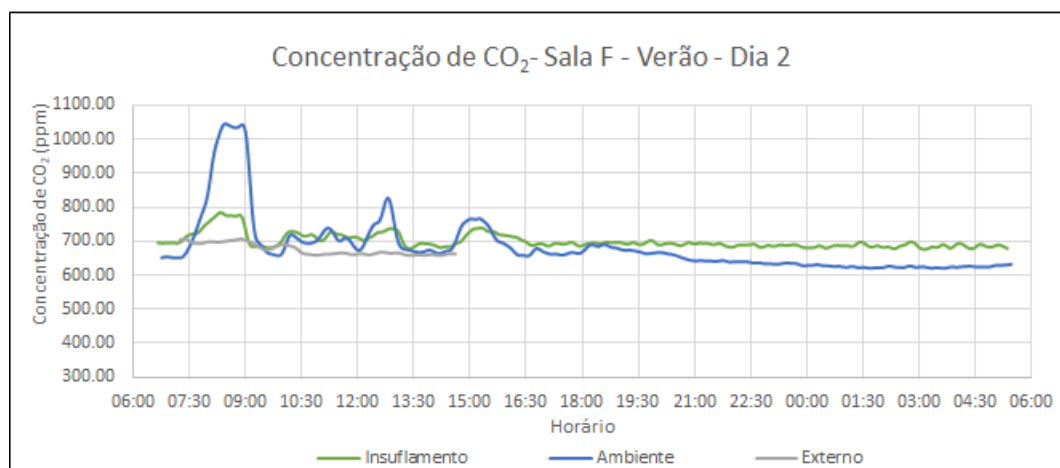
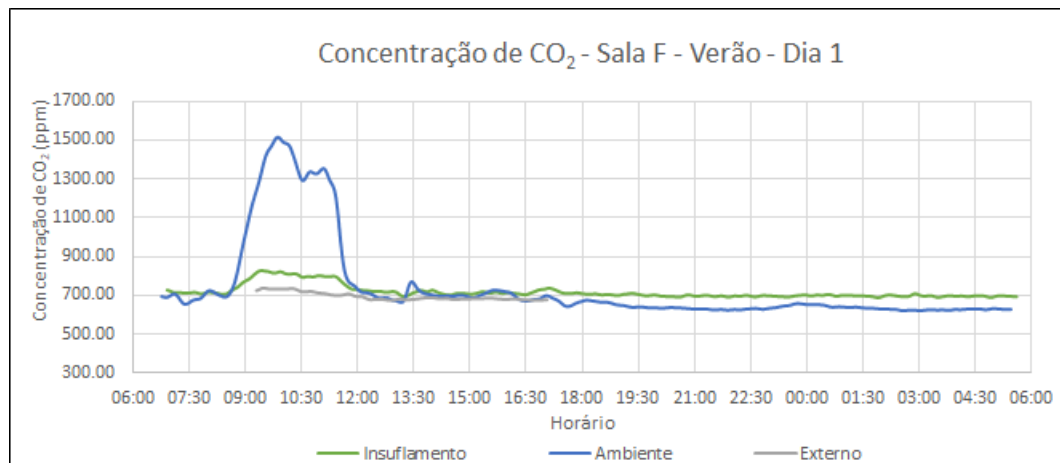
8.4.2. Umidade Relativa:



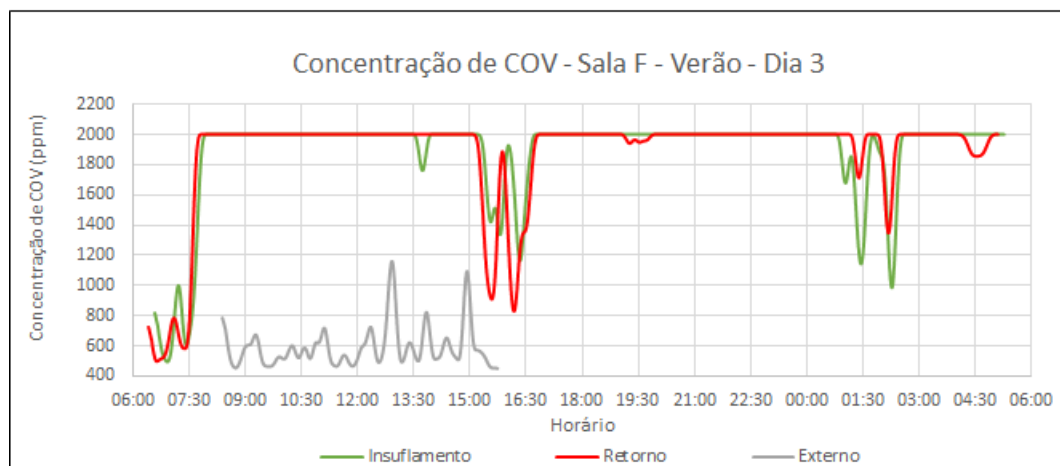
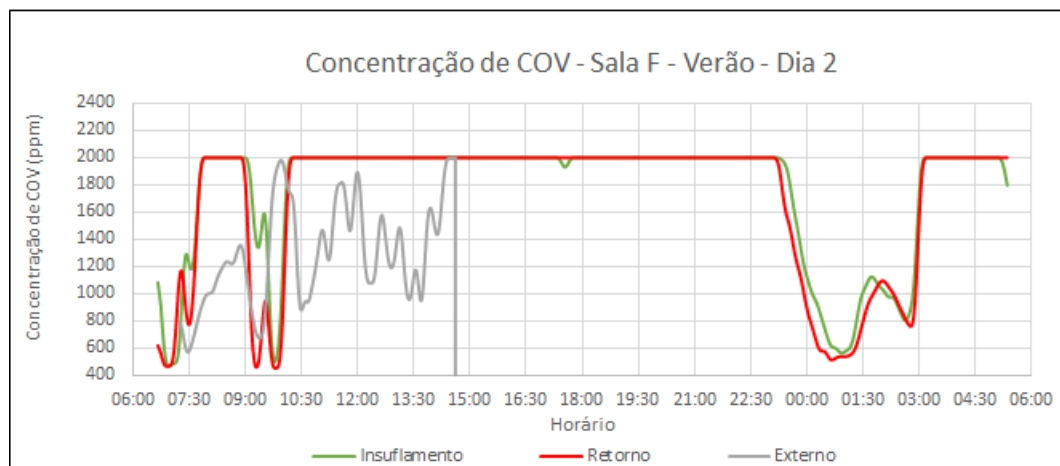
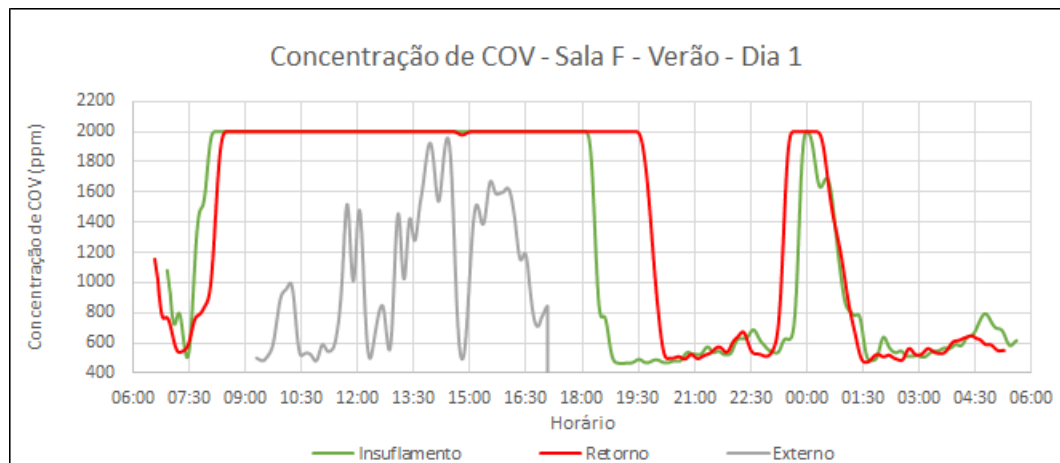
8.4.3. Velocidade do Ar:



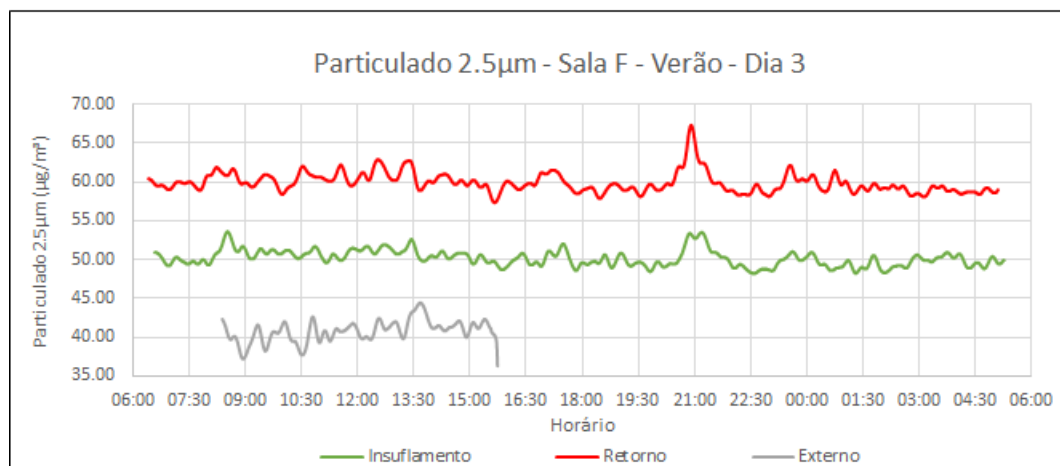
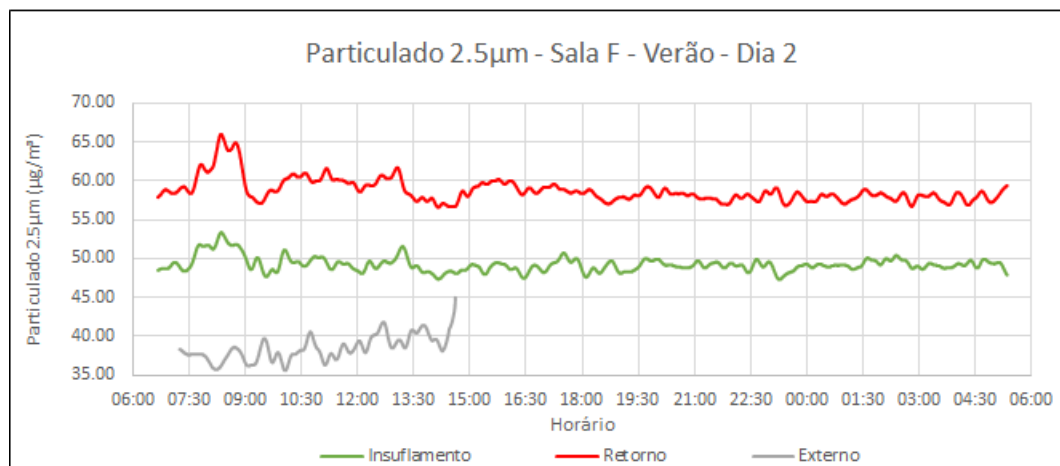
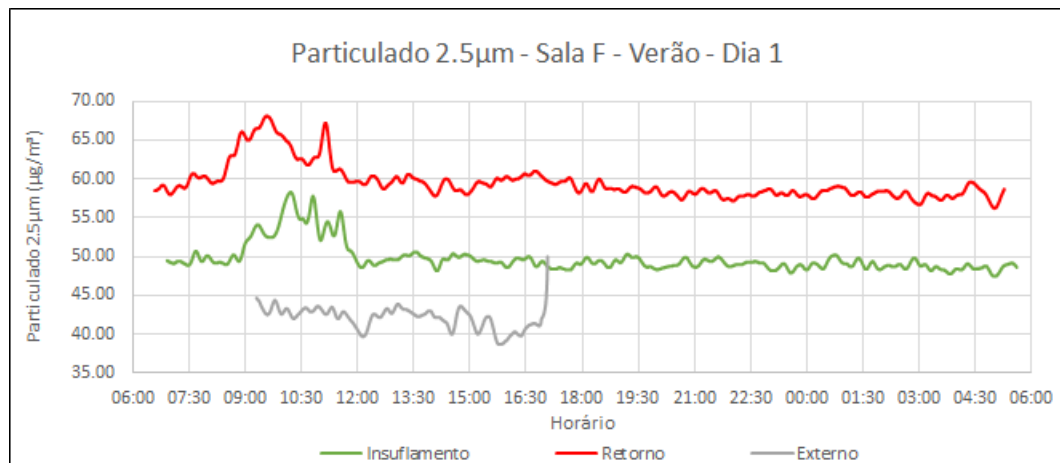
8.4.4. Concentração de CO₂:



8.4.5. Concentração de COV:

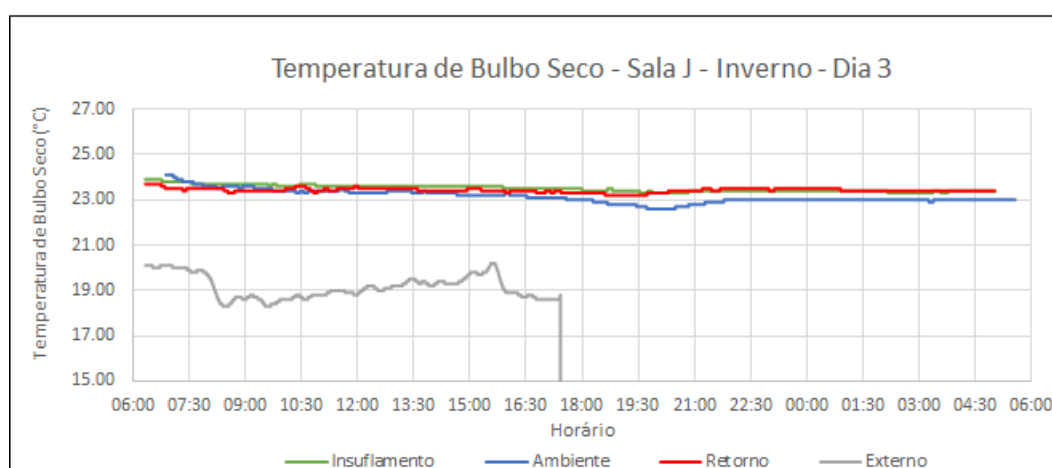
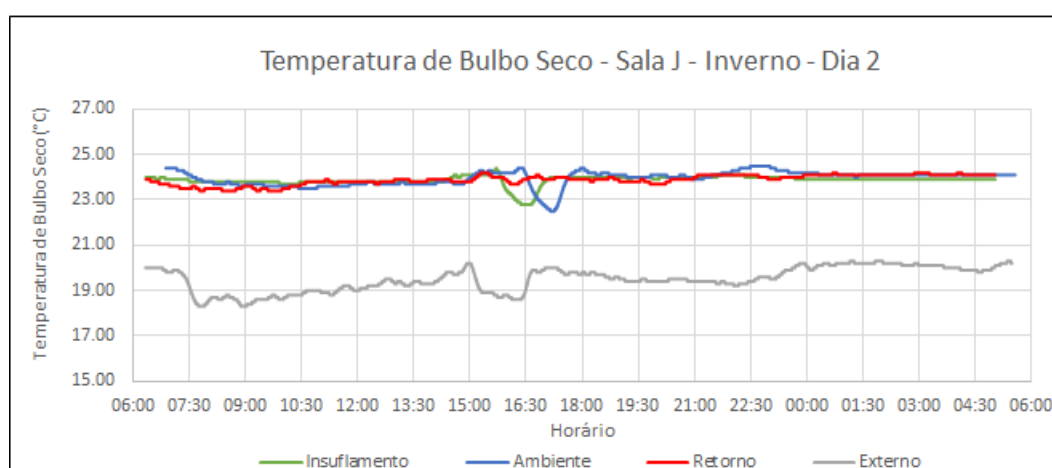
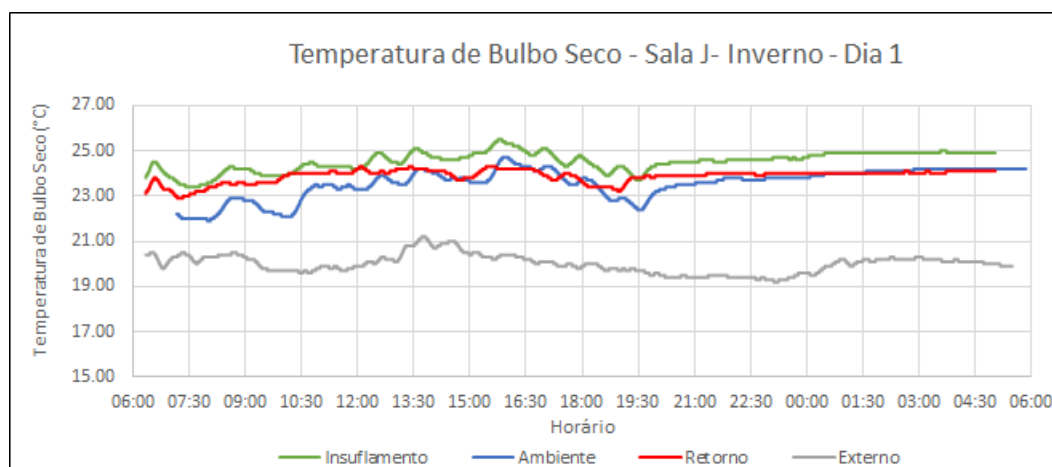


8.4.6. Concentração de Particulado 2.5:

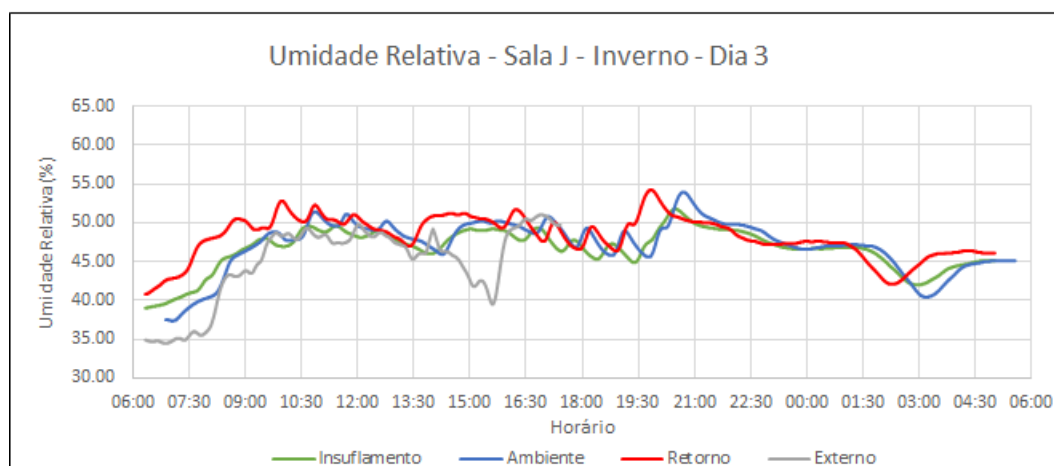
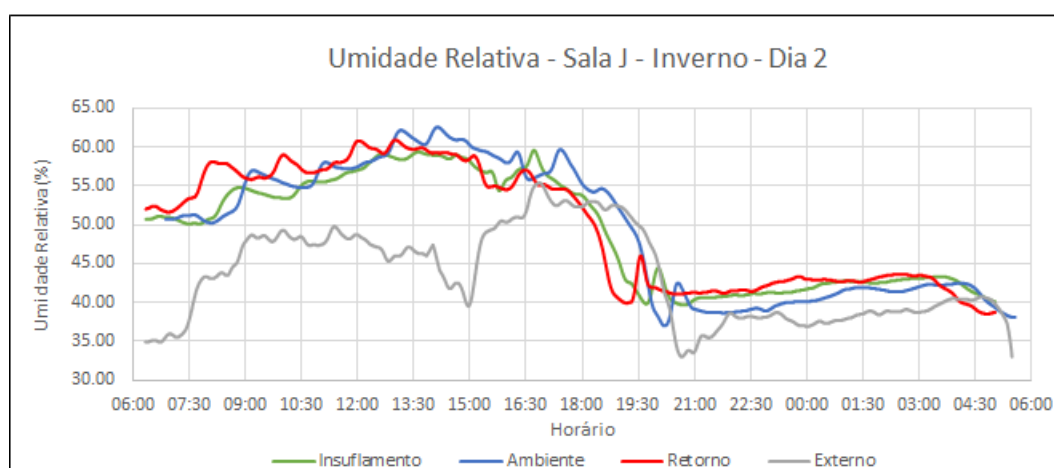
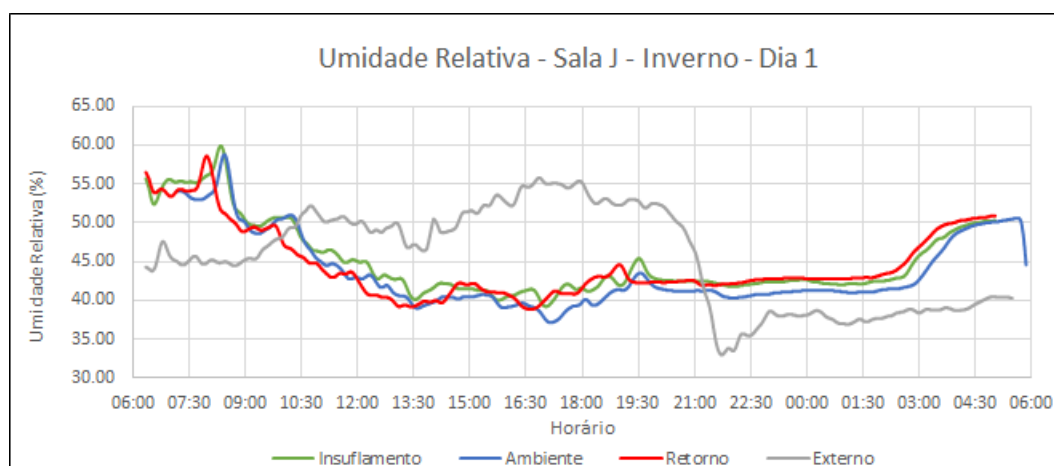


8.5. APÊNDICE V – GRÁFICOS SALA J – INVERNO:

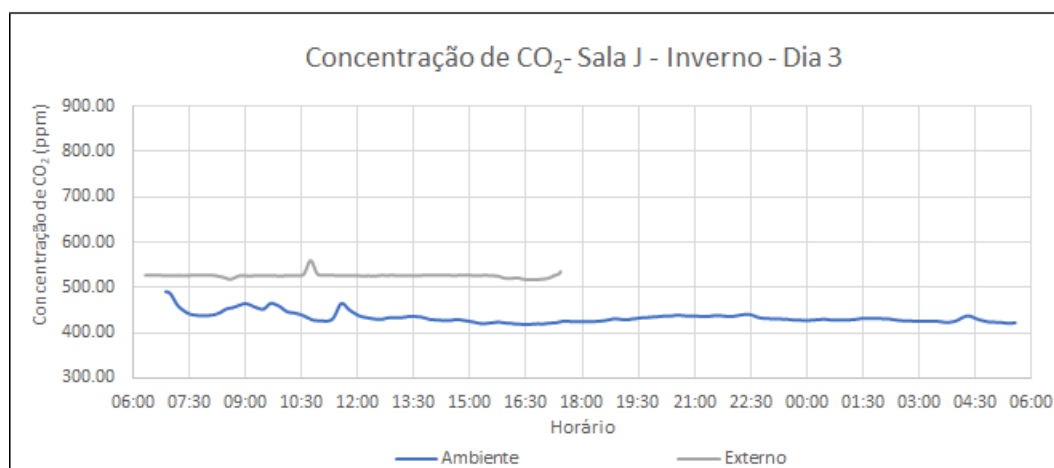
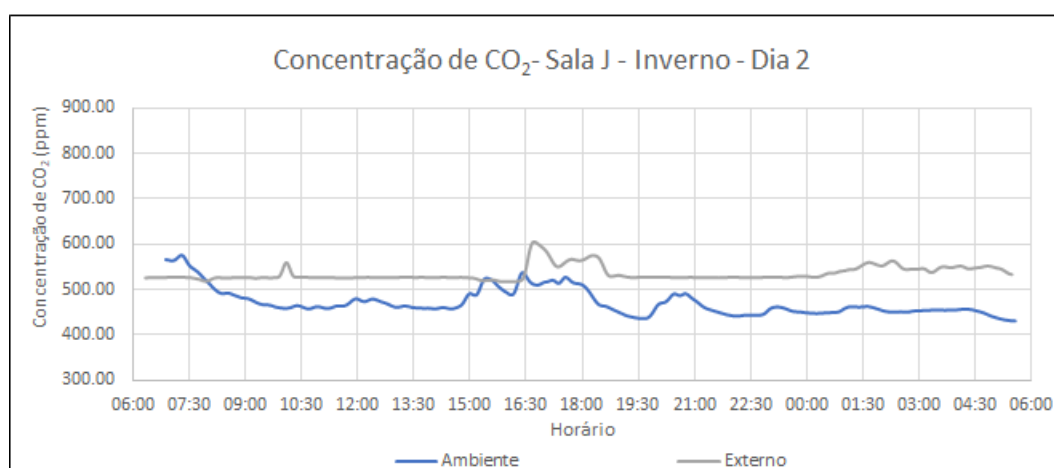
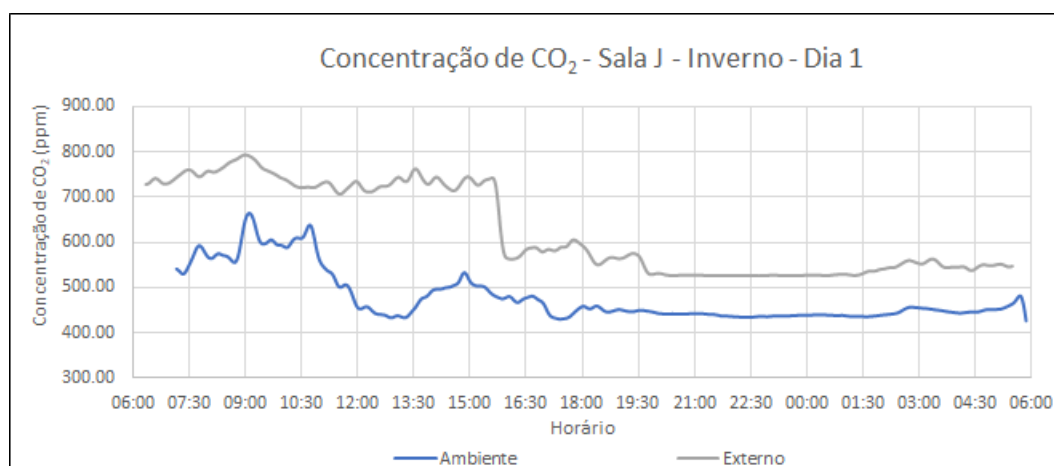
8.5.1. Temperatura de Bulbo Seco:



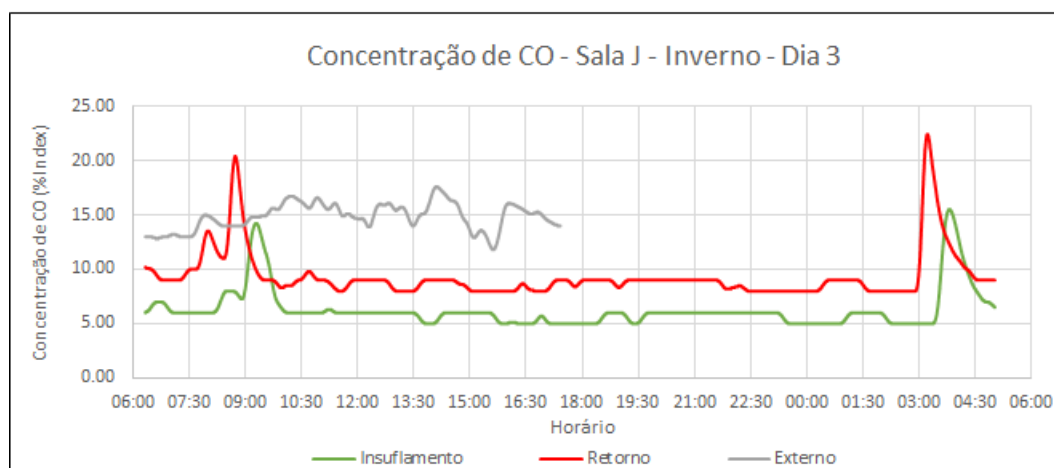
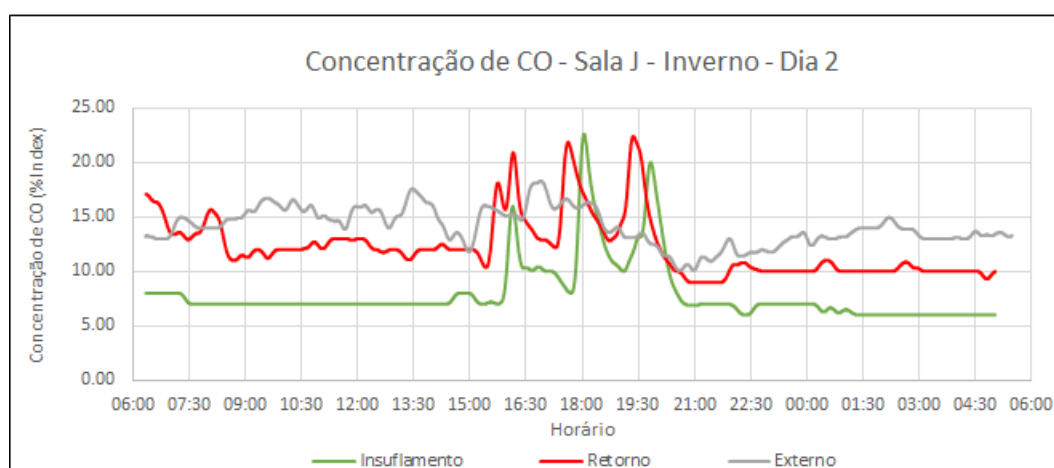
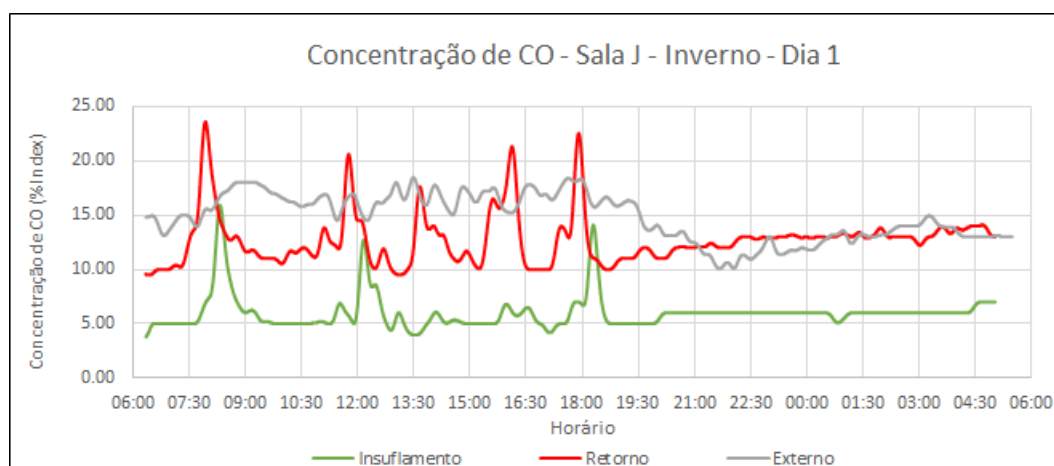
8.5.2. Umidade Relativa:



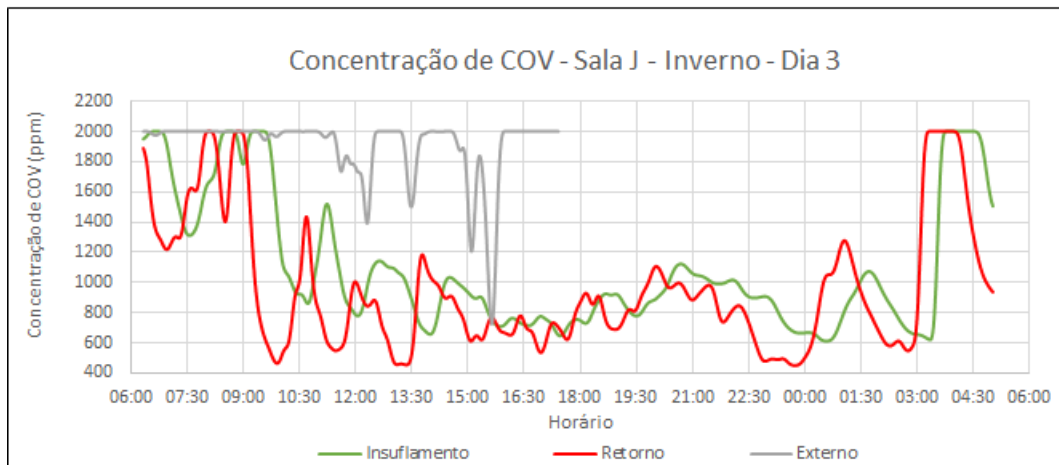
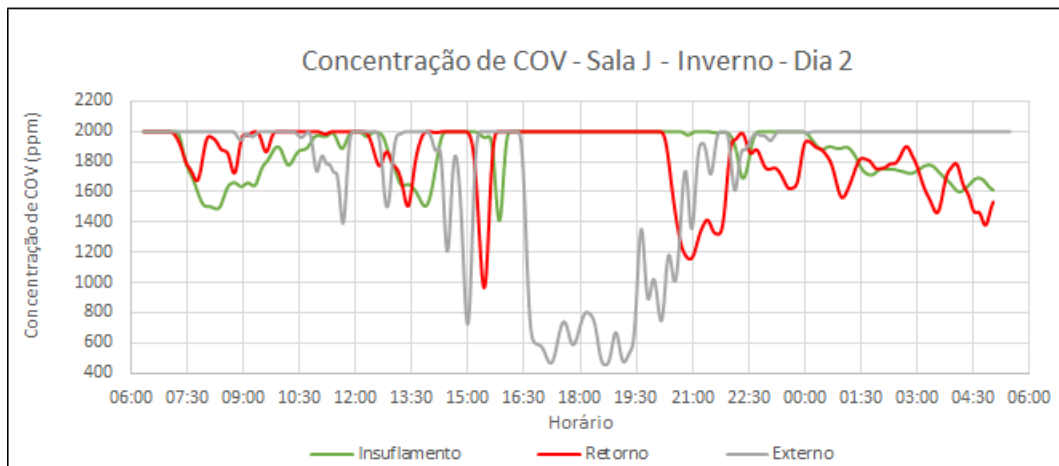
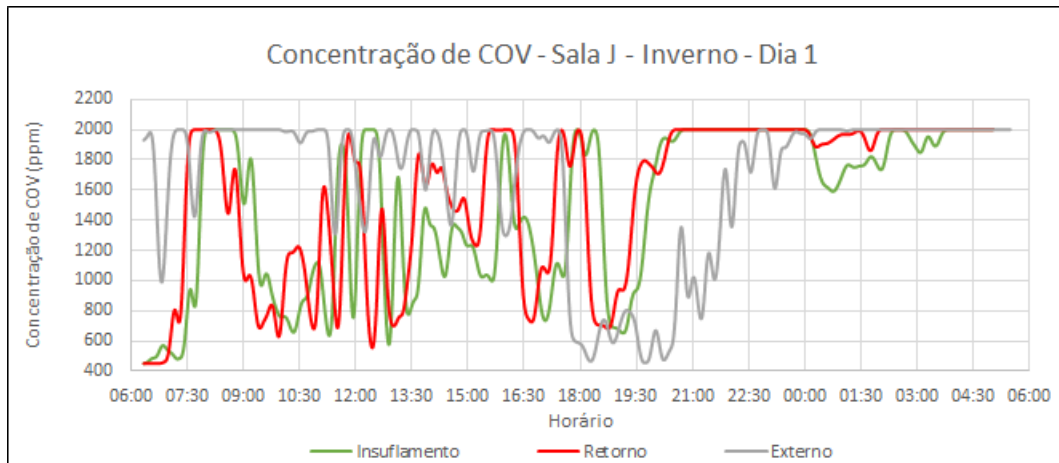
8.5.3. Concentração de CO₂:



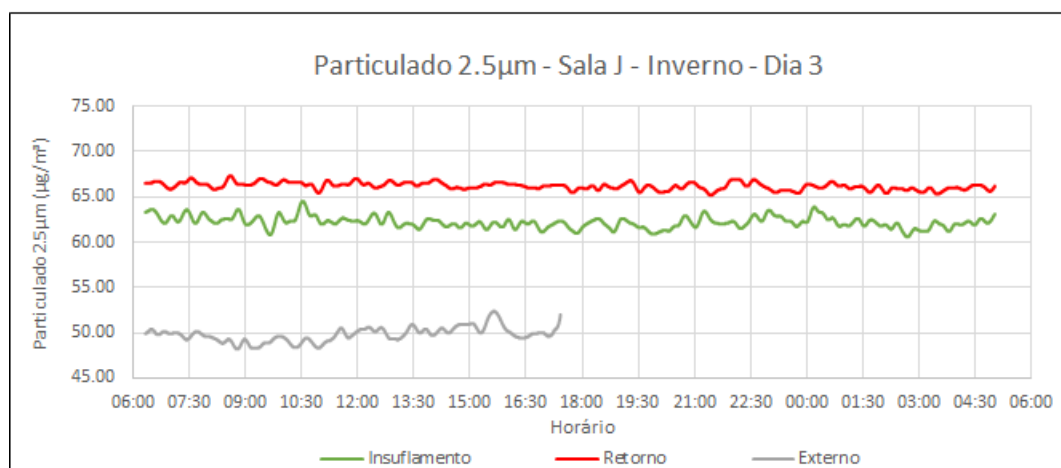
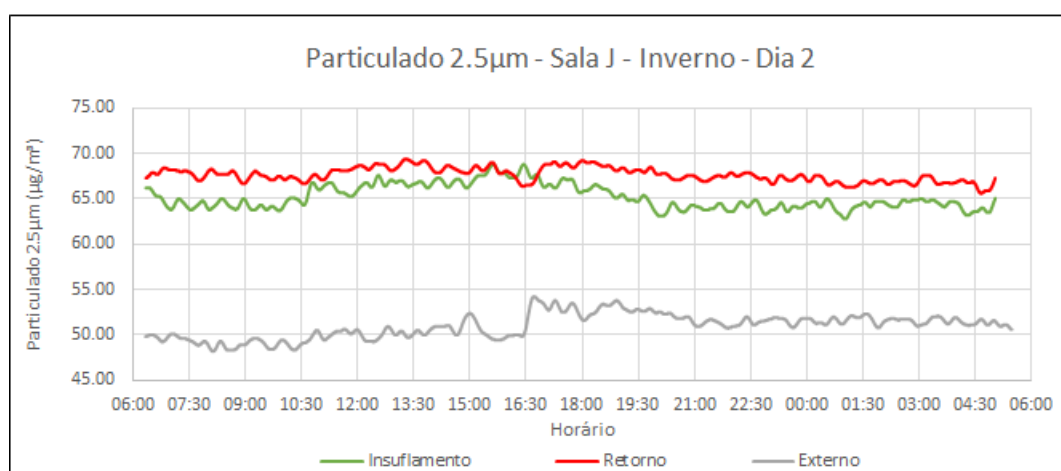
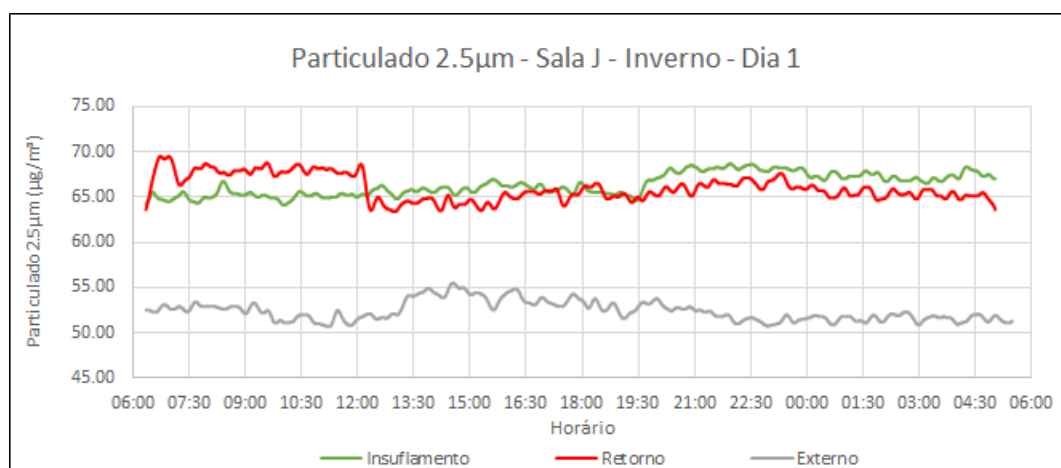
8.5.4. Concentração de CO:



8.5.5. Concentração de COV:

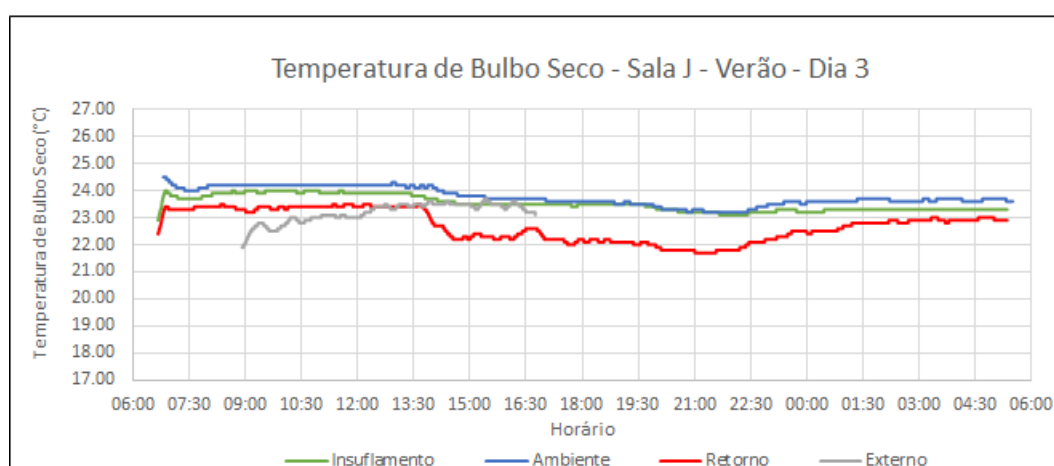
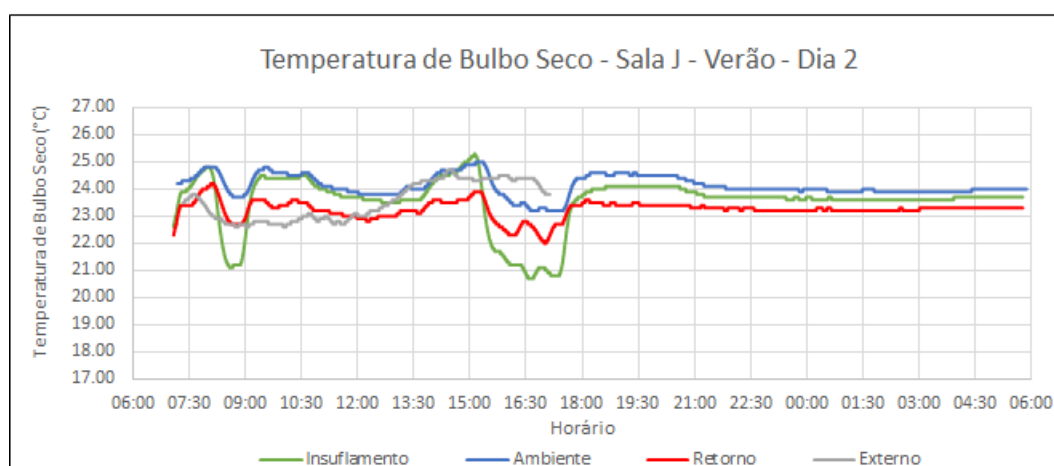
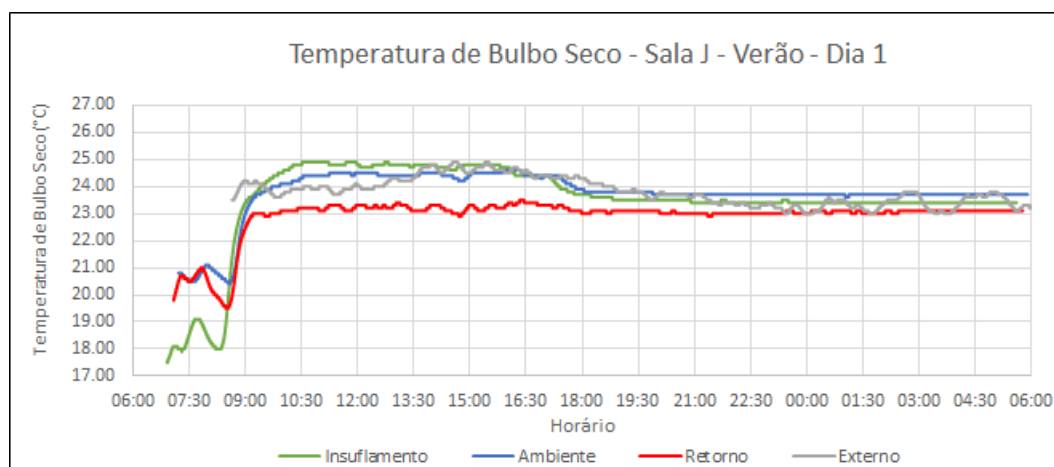


8.5.6. Concentração de Particulado 2.5:

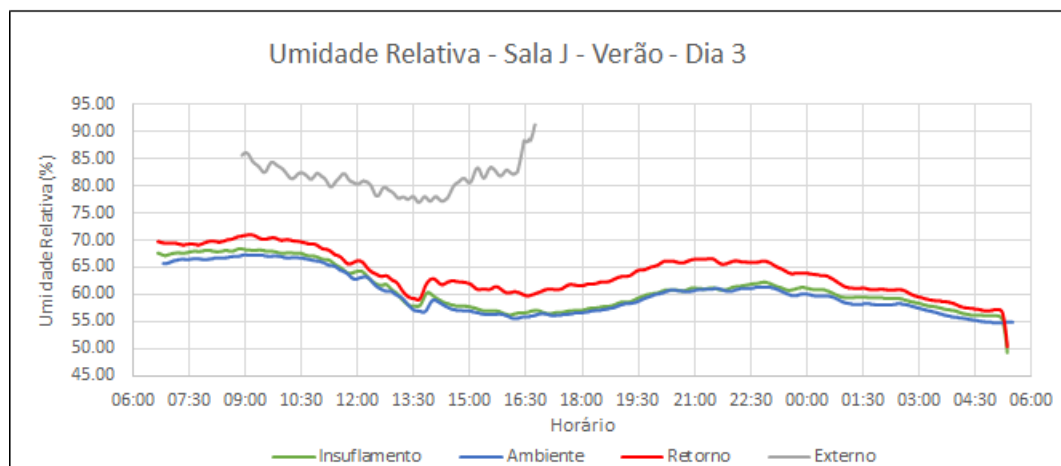
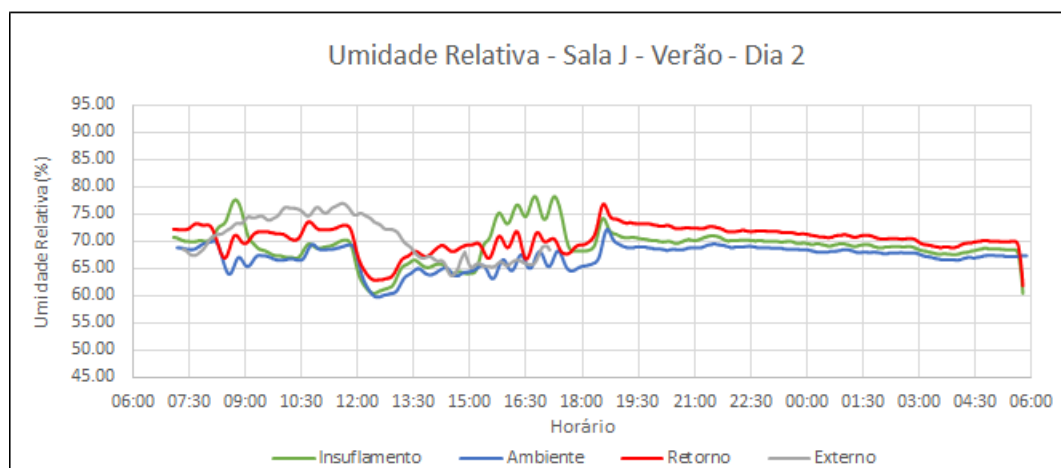
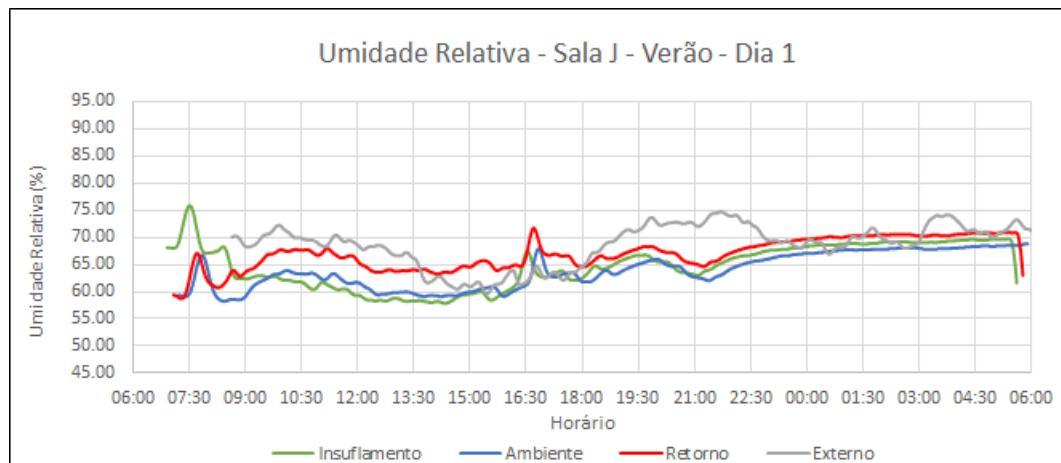


8.6. APÊNDICE VI – GRÁFICOS SALA J – VERÃO:

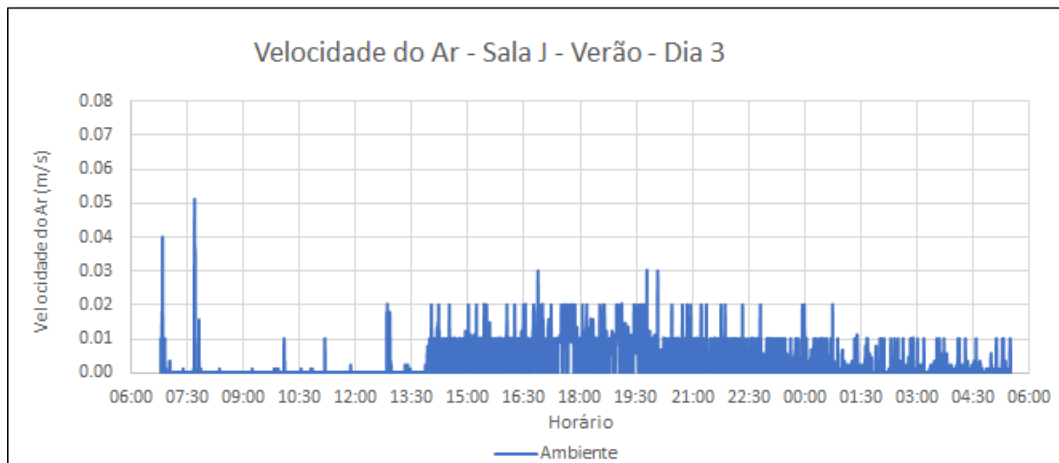
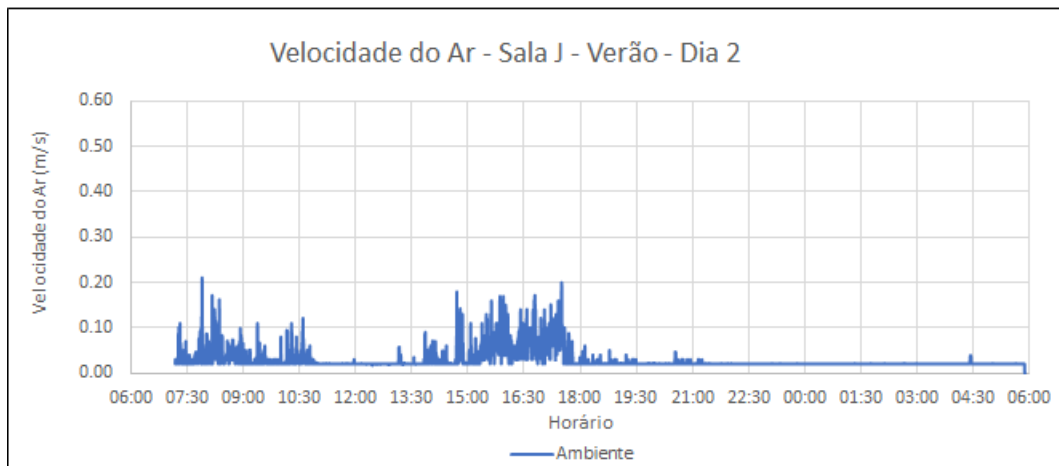
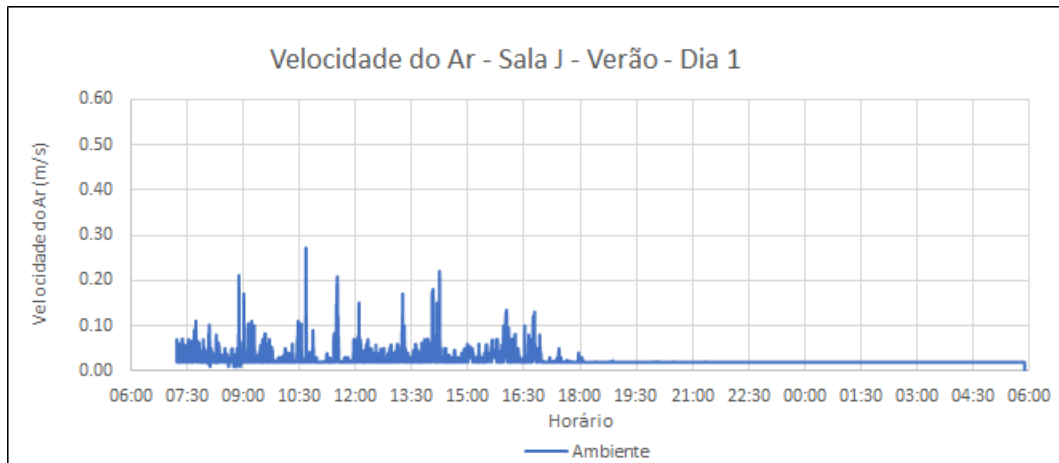
8.6.1. Temperatura de Bulbo Seco:



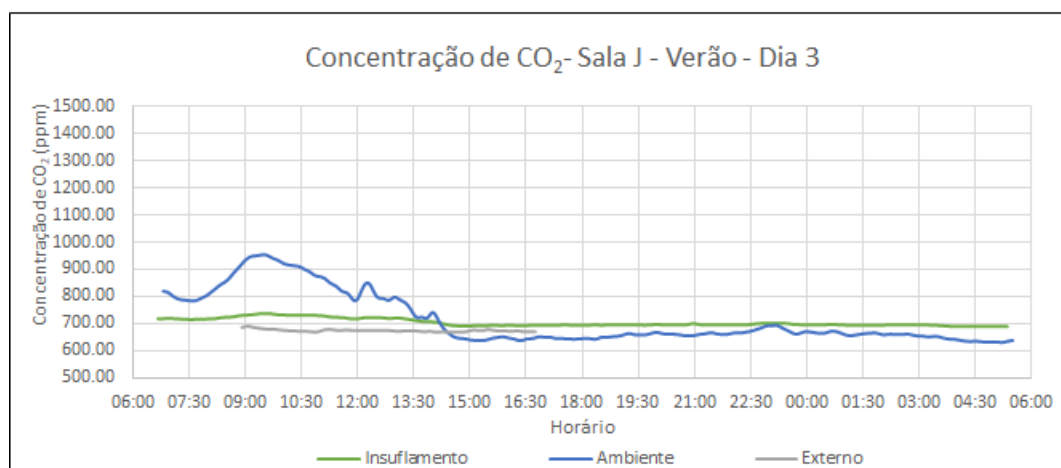
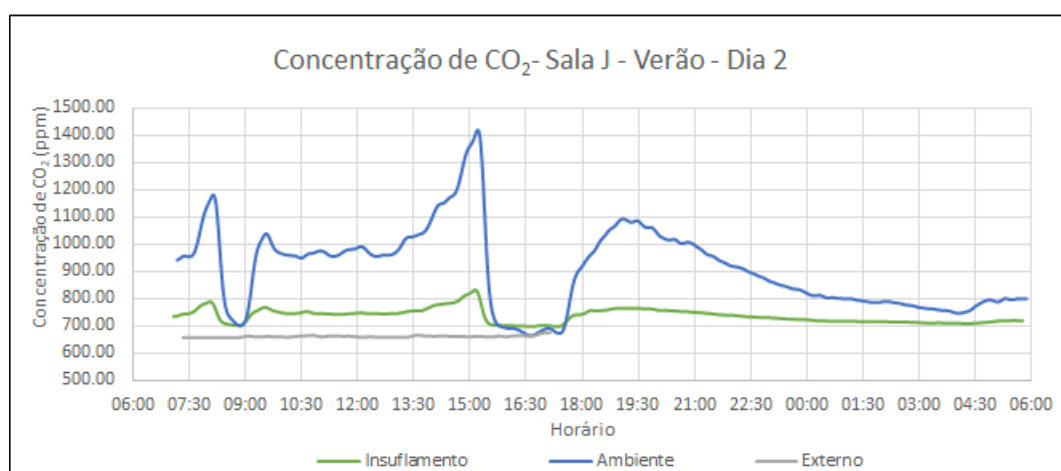
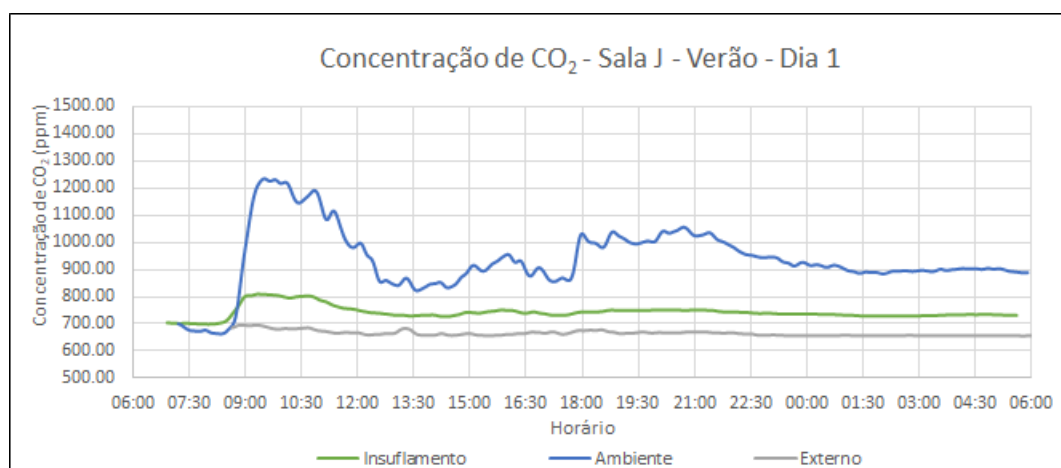
8.6.2. Umidade Relativa:



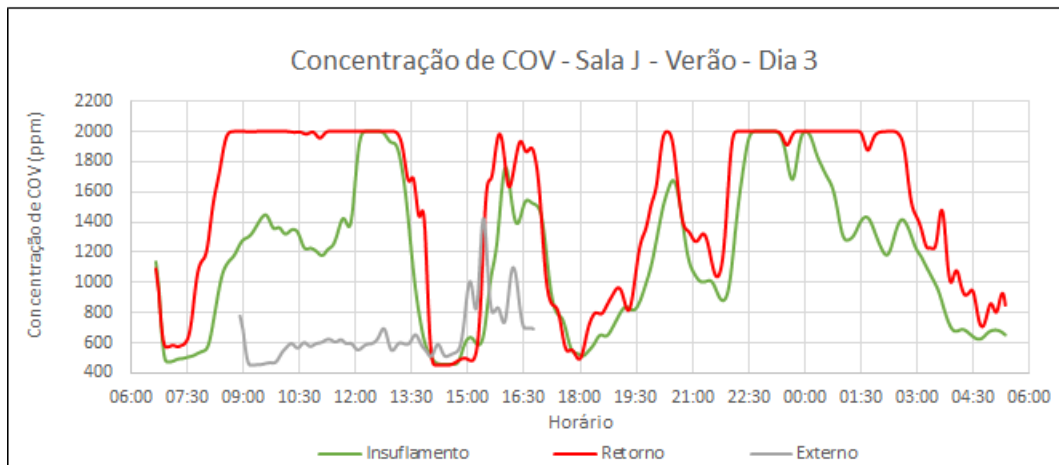
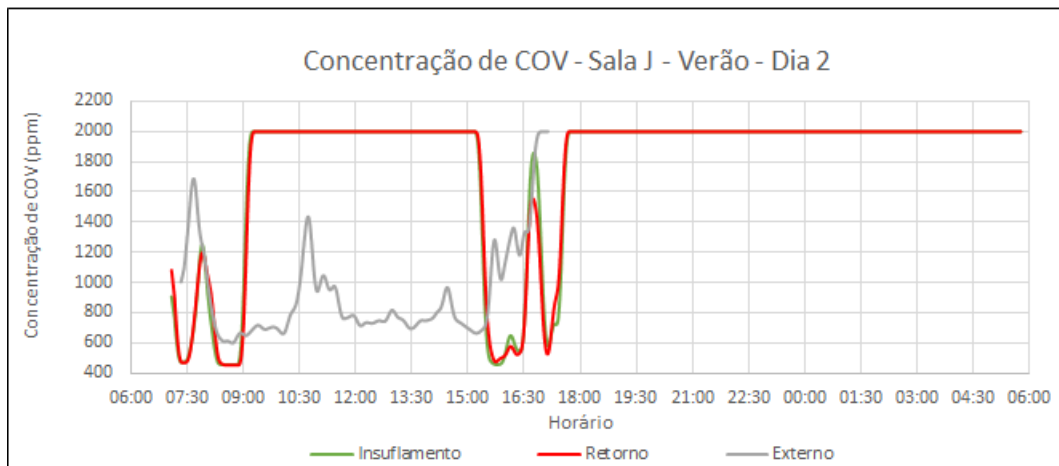
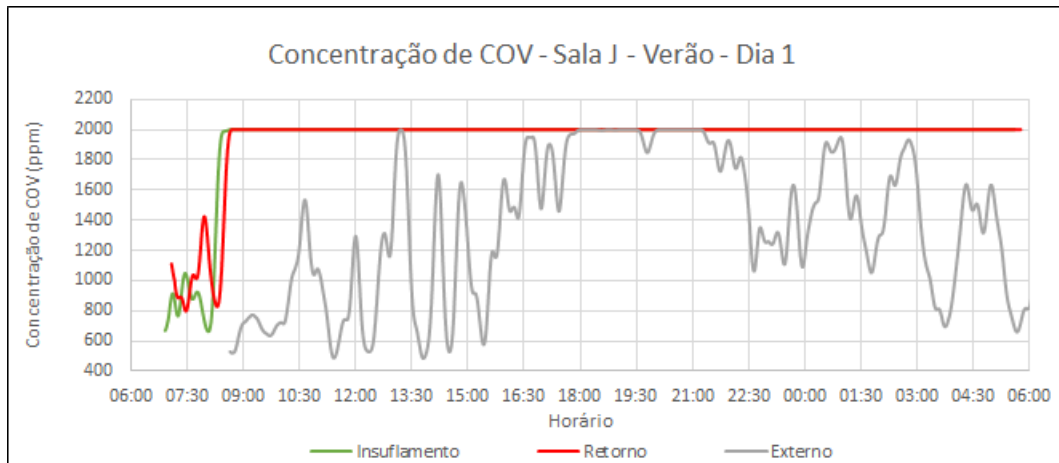
8.6.3. Velocidade do Ar:



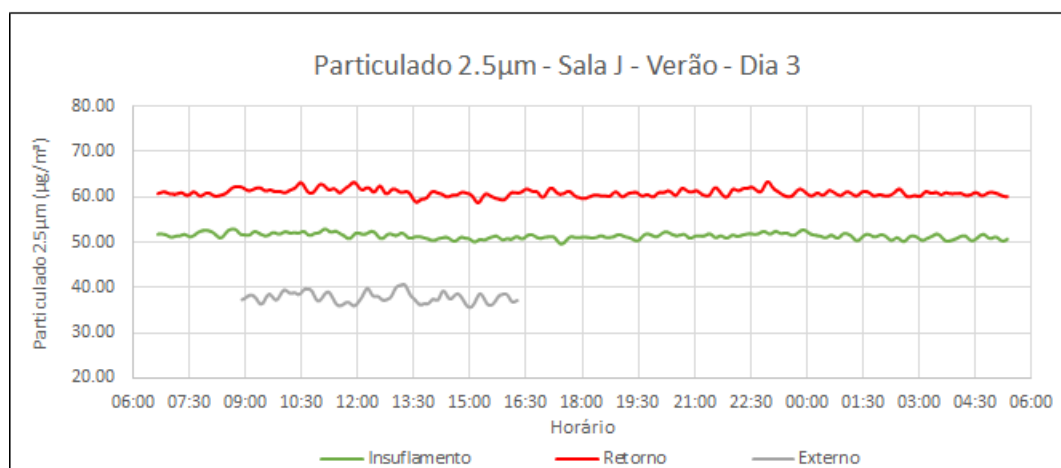
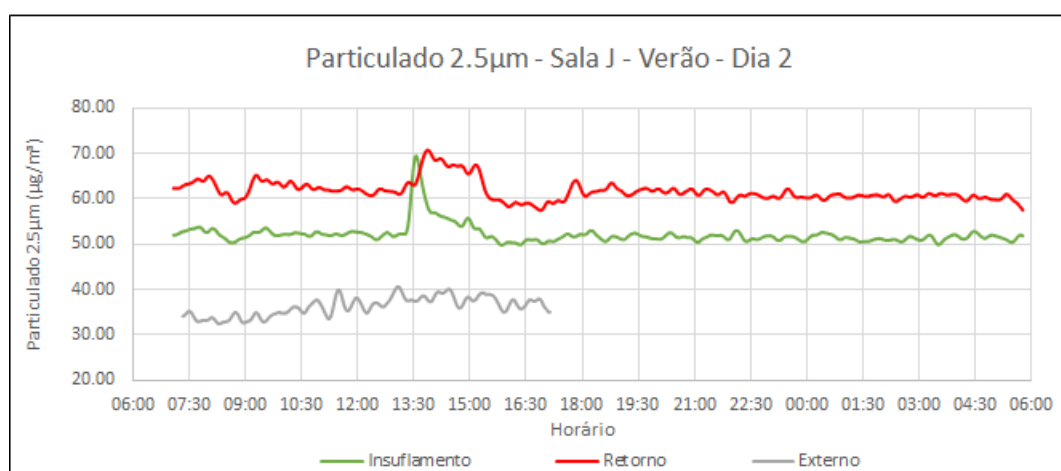
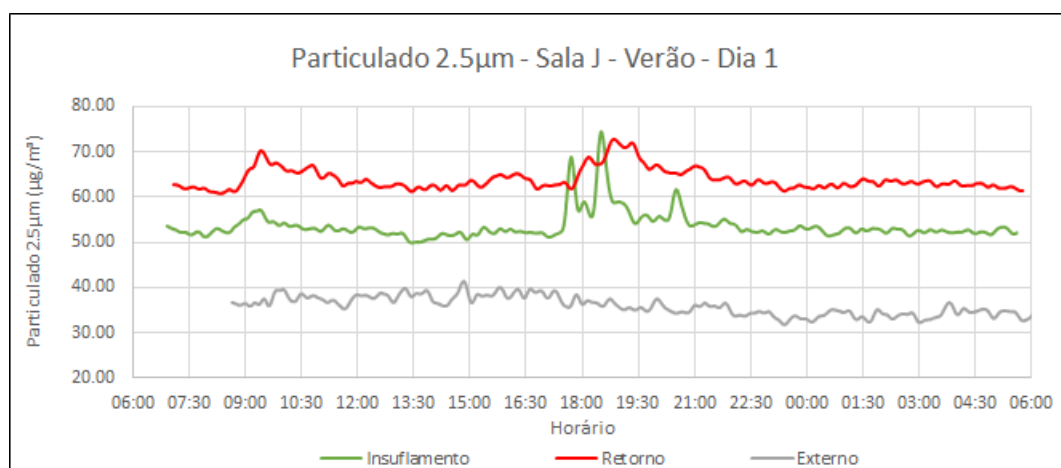
8.6.4. Concentração de CO₂:




8.6.5. Concentração de COV:



8.6.6. Concentração de Particulado 2.5:



8.7. APÊNDICE IX – QUESTIONÁRIO APLICADO:



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Engenharia de Construção Civil

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO E DA QUALIDADE DO AR EM
AMBIENTES HOSPITALARES**

Pesquisa de Iniciação Científica

Aluno: Roberto Bozza Namur
Orientadora: Brenda Chaves Coelho Leite

Nº Questionário

Caro colaborador,

Favor preencher os campos deste questionário assim que for solicitado.

Pedimos a gentileza de responder a este questionário no seu posto de trabalho

Sexo: ☐ F ☐ M Idade: ____

Setor do HU em que está agora: _____ Tipo de atividade: _____

Data: ____/____/____ Hora: ____:____

Favor preencher sua vestimenta deste momento na tabela abaixo:

Chinelo / sandália	<input type="checkbox"/>	Tênis / Sapato	<input type="checkbox"/>
Bermuda / saia curta	<input type="checkbox"/>	Calça / Saia longa	<input type="checkbox"/>
Jaleco manga curta	<input type="checkbox"/>	Jaleco manga comprida	<input type="checkbox"/>
Blusa (camisa) manga curta	<input type="checkbox"/>	Blusa (camisa) manga comprida	<input type="checkbox"/>
Sem agasalho	<input type="checkbox"/>	Com agasalho	<input type="checkbox"/>

1. No local onde você se encontra como está sentindo a temperatura do ar?

MF	F	LF	C	LQ	Q	MQ
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

MF=Muito Frio F=Frio LF=Ligeiramente Frio
C=Confortável LQ=Ligeiramente Quente Q=Quente MQ=Muito Quente

Agradecemos sua colaboração!



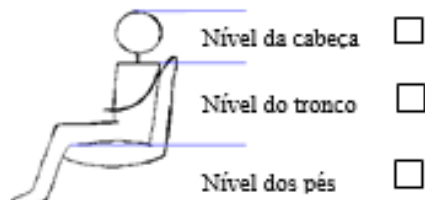
ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Engenharia de Construção Civil

2. Na condição térmica **em que se encontra no momento**, você sente algum desses sintomas?

- ☐ Ressecamento dos olhos
- ☐ Ressecamento da pele
- ☐ Ressecamento das narinas
- ☐ Ressecamento da garganta
- ☐ Espirros
- ☐ Falta de ar (bronquite)
- ☐ Transpiração
- ☐ Não sinto nenhum desses sintomas

3. Você percebe movimento de ar (vento) em alguma parte específica do corpo?

Se sim, em qual dos níveis especificados?



Se sim, como isso te afeta?

MD	D	LD	I	LA	A	MA
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

MD=Muito Desagradável D=Desagradável
LD=Ligeiramente Desagradável
I=Não faz diferença pra você
LA=Ligeiramente agradável
A=Agradável MA=Muito agradável

Agradecemos sua colaboração!



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Departamento de Engenharia de Construção Civil

4. Você sente frio ou calor em alguma parte específica do corpo?

Calor

Frio

Não

Se sim, em qual dos níveis especificados?

Nível da cabeça ☐

Nível do tronco ☐

Nível dos pés ☐

Se sim, como isso te afeta?

MD	D	LD	I	LA	A	MA
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

MD=Muito Desagradável D=Desagradável

I=Não faz diferença pra você

LA=Ligeiramente agradável

A=Agradável MA=Muito agradável

5. Você sente alguma diferença de temperatura do ar entre os pés e a cabeça?

Sim

Não

E como isso te afeta?

MD	D	LD	I	LA	A	MA
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

MD=Muito Desagradável D=Desagradável

LD=Ligeiramente Desagradável

I=Não faz diferença pra você

LA=Ligeiramente agradável

A=Agradável MA=Muito agradável

Agradecemos sua colaboração!



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Engenharia de Construção Civil

6. No seu dia-a-dia, com relação à qualidade do ar dentro neste local, você:

- ☐ Tem a sensação de que o ar está parado (“ar viciado”)
- ☐ Percebe odores frequentemente no ambiente
- ☐ Acha que há muito vento
- ☐ Percebe a presença de partículas no ar
- ☐ Sente que o ar dentro do prédio é melhor do que o de fora (ar externo)
- ☐ Sente que o ar dentro do prédio é igual ao de fora
- ☐ Sente que o ar dentro do prédio é pior do que o de fora

7. Como você considera a roupa que está usando neste momento, com relação às condições térmicas do ambiente em que se encontra no momento?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MI	I	LI	A	LI	I	MI
← Permite que eu sinta frio			→ Faz com que eu sinta calor			

MI=Muito inadequada I=Inadequada LI=ligeiramente inadequada A=Adequada

8. Você gostaria de poder controlar as condições térmicas no seu posto de trabalho, de acordo com sua preferência?

Sim

Não

Agradecemos sua colaboração!