

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

DISSERTAÇÃO



**IMPACTO DO NOVO USO NO MICROCLIMA E NO ESTADO DE CONSERVAÇÃO
DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS RECICLADAS**

Mariana Estima Silva

Pelotas, 2017

MARIANA ESTIMA SILVA

**IMPACTO DO NOVO USO NO MICROCLIMA E NO ESTADO DE CONSERVAÇÃO
DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS RECICLADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de
Pelotas, como requisito parcial para obtenção do título de
Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Profa. Dra. Isabel Tourinho Salamoni

Coorientadora: Profa. Dra. Ariela da Silva Torres

Pelotas, 2017

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S586i Silva, Mariana Estima

Impacto do novo uso no microclima e no estado de conservação de edificações históricas recicladas / Mariana Estima Silva ; Isabel Tourinho Salamoni, orientadora ; Ariela da Silva Torres, coorientadora. — Pelotas, 2017.

209 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, 2017.

1. Prédios históricos. 2. Novos usos. 3. Conservação. 4. Conforto ambiental. I. Salamoni, Isabel Tourinho, orient. II. Torres, Ariela da Silva, coorient. III. Título.

CDD : 720

Elaborada por Simone Godinho Maisonave CRB: 10/1733

Mariana Estima Silva

**IMPACTO DO NOVO USO NO MICROCLIMA E NO ESTADO DE CONSERVAÇÃO
DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS RECICLADAS**

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas.

19 de junho de 2017.

Banca examinadora:

Profa. Dra. Isabel Tourinho Salamoni (Orientadora)
Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Santa Catarina

Profa. Dra. Ariela da Silva Torres (Coorientadora)
Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Dra. Celina Britto Corrêa
Doutora em Arquitetura pela Universidade Politécnica de Madrid

Prof. Dr. Eduardo Grala da Cunha
Doutor em Arquitetura pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Dra. Margarete Regina Freitas Gonçalves
Doutora em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho à minha mãe.

Agradecimentos

Aos meus pais, João e Beth, pelo exemplo de que o conhecimento é nosso maior bem e legado.

Ao Helvio, meu marido e maior companheiro, sempre lembrando do meu potencial e incentivando meu crescimento profissional.

Ao Pablo, meu irmão, por ser um amigo e companheiro de toda a vida.

Aos meus padrinhos, Tônio e Eileen, por me ensinarem, desde cedo, o amor pela leitura.

À Isabel e à Ariela, minhas orientadores, obrigada pela entrega e dedicação dadas a este trabalho, e pela amizade formada nas conversas e orientações. Esse trabalho foi muito especial.

A todos os amigos, colegas e professores do PROGRAU que, de alguma forma, estiveram presentes nessa etapa da minha vida.

A todos os profissionais envolvidos neste trabalho, que foram receptivos e contribuíram para os levantamentos. Em especial aos funcionários da Secretaria Municipal da Cultura, nos Casarões 2 e 6, da Universidade Federal de Pelotas, no Casarão 8, e aos colegas do Laboratório de Conforto e Eficiência Energética da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFPel.

Obrigada.

*“A sensação de pertencer. Esta é a sensação que um dos bons
prédios antigos traz quando observados da rua. Eles
pertencem à rua. [...].*

*Outra sensação que um prédio antigo nos oferece é a de
contemplar a eternidade. Como se alguém em cima estivesse
olhando.”*

Jaime Lerner – Acupuntura urbana

Resumo

SILVA, Mariana Estima. **Impacto do novo uso no microclima e no estado de conservação de edificações históricas recicladas.** 2017. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

A reutilização de prédios históricos por novos usos (reciclagem), é uma alternativa para a preservação dos mesmos, visto que em muitos casos o uso original não é mais condizente com as necessidades da população. Apesar disso, é preciso que o novo uso esteja de acordo com o potencial da edificação, a fim de garantir o conforto dos usuários e a conservação do prédio. Novos usos, como o de escritórios e de salas de exposições, são constantemente implantados em prédios históricos e muitas vezes acabam negligenciando as necessidades relacionadas ao conforto ambiental, durante o projeto de reciclagem. A cidade de Pelotas, onde foi realizado o trabalho, possui um grande exemplar de edificações históricas do século XIX. Muitos destes prédios apresentam hoje usos diferentes dos originais. Sendo assim, o objetivo principal desta dissertação foi analisar o impacto do novo uso nas condições microclimáticas e no estado de conservação de prédios históricos restaurados. O estudo foi realizado nos Casarões 2, 6 e 8, prédios tombados da cidade de Pelotas/ RS. A metodologia do trabalho consistiu em: caracterizar o objeto de estudo quanto às suas características históricas, construtivas e referentes ao seu novo uso, a fim de escolher ambientes para realização das outras etapas para o uso administrativo e de sala de exposições; caracterizar as condições de uso e operação dos ambientes; monitorar os parâmetros ambientais de temperatura e umidade relativa do ar, durante 12 meses; realizar medições lumínicas nas quatro estações do ano, dentro do período de 12 meses; realizar levantamentos das manifestações patológicas existentes, nas quatro estações do ano, dentro do mesmo período; comparar os valores especificados para parâmetros ambientais, em normas e recomendações para os diferentes usos, com os encontrados nos ambientes. Como resultados, percebeu-se a maior correspondência dos parâmetros ambientais internos, com os expressos por normas, nos ambientes de uso administrativo. Além disso, os ambientes com uso de sala de exposições apresentaram maior incidência de manifestações patológicas por umidade. Os ambientes mantidos fechados, no caso do Casarão 6, apenas a incidência de fungos filamentosos mostrou-se agravada pela ausência de ventilação, iluminação e higienizações periódicas. Sendo assim, pode-se concluir que, para os prédios em questão e, no clima da cidade de Pelotas, o uso administrativo é o mais indicado. Concluiu-se também, que existe a necessidade de atentar para o conforto ambiental do novo usuário ainda na etapa de projeto de reciclagem, visto que os ambientes não apresentaram boas condições microclimáticas nos dois novos usos analisados.

Palavras-chave: prédios históricos; novos usos; conservação; conforto ambiental.

Abstract

SILVA, Mariana Estima. **Impact of new use on the microclimate and the state of conservation of recycled historical buildings.** 2017. Thesis (Masters' in Architecture and Urban Planning) – Graduate Program in Architecture and Urban Planning, UFPel, Pelotas, 2017.

Recycling is an alternative for the preservation of historic buildings. In many cases, the original use of the buildings does not match the new needs of the population, therefore new uses are attributed to these buildings. However, it is necessary that the new use guarantees the conditions of comfort to the users and the conservation of the building. New uses, such as offices and art exhibition rooms, are constantly being deployed in historic buildings. But in some cases, the needs related to environmental comfort are neglected during the recycling project. The city of Pelotas has a large number of historical buildings from the 19th century. Many of these buildings today have different uses from the originals. Therefore, the main objective of this dissertation was to analyze the impact of the new use on the microclimatic conditions and the state of conservation of restored historic buildings. The study was conducted in Casarões 2, 6 and 8, heritage buildings in the city of Pelotas/ RS. The methodology of the work consisted of: detail the object of study as to its historical, constructive characteristics and referring to its new use. From this stage, it was possible to choose environments with the administrative use and the exhibition room in the three buildings; character the mode of use and operation of the rooms; monitor the environmental parameters of temperature and relative humidity for 12 months; to perform luminous measurements in the four seasons of the year, within the 12-month period; to carry out surveys of the existing pathological manifestations, in the four seasons of the year, within the same period; verify the values specified for environmental parameters, in standards for the different uses, with those found in the environments. In the environments of administrative use it was noticed the greater correspondence of the internal environmental parameters with the standard ones. In addition, the environments with use of the exhibition room had a higher incidence of pathological manifestations due to humidity. The closed environments, in the case of Casarão 6, only the incidence of filamentous fungi was aggravated by the absence of ventilation, lighting and periodic cleaning. Therefore, it can be said that for the buildings in question, and in the climate of the city of Pelotas, the administrative use is the most indicated. It was also concluded that there is a need of better planning about the use conditions, for the new user, in the recycling design stage, since the environments did not present good environmental comfort conditions, in the two new uses analyzed.

Keywords: historical buildings; new uses; conservation; environmental comfort.

Lista de Figuras

Figura 1 – Exemplo de prédio histórico com novo uso: antigo teatro, hoje livraria El Ateneo, em Buenos Aires, Argentina	17
Figura 2 – Charqueada São João, construída no século XVIII, em Pelotas	18
Figura 3 – Mapa de localização dos imóveis tombados na cidade de Pelotas.....	19
Figura 4 – Mercado Público - imóvel tombado a nível municipal, na cidade de Pelotas, RS	26
Figura 5 – Antiga Chocolataria Menier, reciclada para Sede Social da Nestlé.....	28
Figura 6 – Antiga Fábrica da FIAT, com novo uso de centro de eventos, hotel e escritórios	28
Figura 7 – Antigo galpão fabril com novo uso de faculdade.....	30
Figura 8 – Sobrado de 1875 reabilitado para o uso de agência bancária	30
Figura 9 – Museu do Louvre com a Pirâmide de Vidro em frente	32
Figura 10 – Fachada do Museu Rainha Sofia com detalhe do novo volume projetado por Jean Nouvel	32
Figura 11 – Interior da Pinacoteca do Estado de São Paulo	32
Figura 12 – Exemplos de prédios históricos com novos usos de museus da cidade de Pelotas	33
Figura 13 – Antiga residência, na Turquia, com novo uso de salas de exposição, utilizada no trabalho de Aykal et al. (2011).....	34
Figura 14 – Gráfico da vida útil de edificações históricas.....	45
Figura 15 – Exemplos de edificações ecléticas na cidade de Pelotas	46
Figura 16 – Gateiras em prédio do século XIX, em Pelotas	47
Figura 17 – Forro de estuque e claraboia com estrutura de ferro em edificação do século XIX, em Pelotas.	48
Figura 18 – Balcão com gradis de ferro, edificação do século XIX, Pelotas.....	48
Figura 19 – Escultura em faiança de edificação do século XIX, em Pelotas.....	49
Figura 20 – Eflorescência com causa de umidade por capilaridade	54
Figura 21 – Biodeterioração por umidade associada à (A) (B) bolor e (C) vegetação parasitária.....	54
Figura 22 – Descolamento com empolamento, com causa de umidade por capilaridade.....	55

Figura 23 – Delineamento da Metodologia.....	56
Figura 24 – Prédios em estudo em foto antiga, sem data.	57
Figura 25 – Localização das edificações em estudo.....	57
Figura 26 – Casarão 2.....	58
Figura 27 – Fachada principal do Casarão 2, frente oeste.....	59
Figura 28 – Fachada secundária do Casarão 2, frente sul.....	59
Figura 29 – Pavimento térreo do Casarão 2.....	60
Figura 30 – Segundo pavimento do Casarão 2.....	61
Figura 31 – Casarão 6.....	62
Figura 32 – Fachada principal do Casarão 6.....	62
Figura 33 – Pavimento térreo do Casarão 6.....	63
Figura 34 – Segundo pavimento do Casarão 6.....	64
Figura 35 – Exposição no ambiente de museu do Casarão 6.....	64
Figura 36 – Casarão 8.....	65
Figura 37 – Fachada principal do Casarão 8.....	66
Figura 38 – Fachada secundária do Casarão 8	66
Figura 39 – Pavimento térreo do Casarão 8.....	67
Figura 40 – Segundo pavimento do Casarão 8.....	68
Figura 41 – Infográfico da caracterização do objeto de estudo	69
Figura 42 – Sensor HOBO H8 utilizado no monitoramento	70
Figura 43 – HOBOS condicionados em caixa térmica para aferição.....	71
Figura 44 – HOBOS em caixa térmica e isopor para aferição.....	71
Figura 45 – Resultado da aferição dos HOBOS para o parâmetro de temperatura ..	71
Figura 46 – Resultado da aferição dos HOBOS para o parâmetro de umidade relativa	72
Figura 47 – Localização do HOBO no ambiente de museu do Casarão 2	73
Figura 48 – Localização do HOBO no ambiente administrativo do Casarão 2.....	73
Figura 49 – Localização do HOBO no ambiente de museu do Casarão 6.....	73
Figura 50 – Localização do HOBO no ambiente administrativo do Casarão 6, e HOBO externo	74
Figura 51 – Localização do HOBO no ambiente de museu do Casarão 8	74
Figura 52 – Localização do HOBO no ambiente administrativo do Casarão 8.....	74
Figura 53 – Detalhe de fixação interna dos sensores	75
Figura 54 – Fixação em suporte de madeira do sensor externo	75

Figura 55 – Modelo de luxímetro utilizado nas medições lumínicas.....	77
Figura 56 – Pontos de coleta de dados do ambiente administrativo, Casarão 2	78
Figura 57 – Pontos de coleta de dados do ambiente de museu, Casarão 2	78
Figura 58 – Pontos de coleta de dados do ambiente administrativo e ponto externo, Casarão 6.....	79
Figura 59 – Pontos de coleta de dados do ambiente de museu, Casarão 6	79
Figura 60 – Pontos de coleta de dados do ambiente administrativo, Casarão 8.....	80
Figura 61 – Pontos de coleta de dados do ambiente de museu, Casarão 8	80
Figura 62 – Detalhe do luxímetro e suporte para medições a 75cm do piso.....	81
Figura 63 – Esquadrias do ambiente de sala de exposições no Casarão 2	82
Figura 64 – Esquadrias do ambiente de sala de exposições no Casarão 6	83
Figura 65 – Esquadrias do ambiente de sala de exposições no Casarão 8	83
Figura 66 – Dispositivos de iluminação artificial na sala de exposições do Casarão 2	84
Figura 67 – Dispositivo de iluminação artificial na sala de exposições do Casarão 6	85
Figura 68 – Dispositivo de iluminação artificial na sala de exposições do Casarão 8	85
Figura 69 – Esquadrias do ambiente administrativo no Casarão 2	86
Figura 70 – Esquadrias do ambiente administrativo no Casarão 6	87
Figura 71 – Esquadrias do ambiente administrativo no Casarão 8	87
Figura 72 – T Dispositivo de iluminação artificial do ambiente administrativo no Casarão 2.....	88
Figura 73 – Dispositivo de iluminação artificial do ambiente administrativo no Casarão 6.	89
Figura 74 – Dispositivo de iluminação artificial do ambiente administrativo no Casarão 8.	89
Figura 75 – Modelo de câmera termográfica utilizada nos levantamentos	91
Figura 76 – Exposição realizada em março de 2016 no Casarão 2	95
Figura 77 – Exposição realizada em maio de 2016 no Casarão 2	96
Figura 78 – Sala de exposições do Casarão 2 em período sem utilização	96
Figura 79 – Ambiente administrativo do Casarão 2 com ventiladores e postigos fechados.....	97
Figura 80 – Ambiente de exposições do Casarão 6 sem utilização	98

Figura 81 – Exposição realizada em setembro de 2016 no Casarão 6	98
Figura 82 – Exposição realizada em novembro de 2016 no Casarão 6	99
Figura 83 – Ambiente administrativo do Casarão 6, sem uso	99
Figura 84 – Exposição existente desde o início do trabalho, dezembro de 2015, no Casarão 8.....	100
Figura 85 – Exposição iniciada em setembro de 2016 no Casarão 8	100
Figura 86 – Sala de exposições do Casarão 8 em período de troca de exposições	100
Figura 87 – Ambiente administrativo do Casarão 8.....	101
Figura 88 – Comportamento térmico dos ambientes e do microclima externo no mês de dezembro de 2015.....	104
Figura 89 – Comportamento higroscópico dos ambientes e do microclima externo no mês de dezembro de 2015.....	104
Figura 90 – Comportamento térmico em dia de semana com maior temperatura (SE)	106
Figura 91 – Comportamento térmico em final de semana com maior temperatura (SE)	106
Figura 92 – Comportamento higroscópico em dia de semana com maior temperatura (SE)	107
Figura 93 – Comportamento higroscópico em final de semana com maior temperatura (SE)	107
Figura 94 – Comportamento térmico em dia de semana com maior temperatura (A)	108
Figura 95 – Comportamento térmico em final de semana com maior temperatura (A)	108
Figura 96 – Comportamento higroscópico em dia de semana com maior temperatura (A)	108
Figura 97 – Comportamento higroscópico em final de semana com maior temperatura (A)	108
Figura 98 – Comportamento térmico em dia de semana com menor temperatura (SE)	109
Figura 99 – Comportamento térmico em final de semana com menor temperatura (SE)	109

Figura 100 – Comportamento higroscópico em dia de semana com menor temperatura (SE)	110
Figura 101 – Comportamento higroscópico em final de semana com menor temperatura (SE)	110
Figura 102 – Comportamento térmico em dia de semana com menor temperatura (A)	111
Figura 103 – Comportamento térmico em final de semana com menor temperatura (A)	111
Figura 104 – Comportamento higroscópico em dia de semana com maior temperatura (A)	112
Figura 105 – Comportamento higroscópico em final de semana com maior temperatura (A)	112
Figura 106 – Condições de céu para as medições lumínicas do mês de dezembro de 2015	114
Figura 107 – Resultados das medições lumínicas para o mês de dezembro de 2015 no ambiente administrativo do Casarão 2	114
Figura 108 – Resultados das medições lumínicas para o mês de janeiro de 2016 no ambiente administrativo do Casarão 2	115
Figura 109 – Condições de céu no levantamento de solstício de verão	115
Figura 110 – Resultados das medições lumínicas para o solstício de verão nos ambientes de sala de exposições	116
Figura 111 – Resultados das medições lumínicas para o solstício de verão nos ambientes administrativos	117
Figura 112 – Condições de céu no levantamento de equinócio de outono	118
Figura 113 – Resultados das medições lumínicas para o equinócio de outono nos ambientes de sala de exposições	119
Figura 114 – Resultados das medições lumínicas para o equinócio de outono nos ambientes administrativos	120
Figura 115 – Condições de céu no levantamento de solstício de inverno	121
Figura 116 – Resultados das medições lumínicas para o solstício de inverno nos ambientes de sala de exposições	121
Figura 117 – Resultados das medições lumínicas para o solstício de inverno nos ambientes administrativos	122
Figura 118 – Condições de céu no levantamento de equinócio de primavera	123

Figura 119 – Resultados das medições lumínicas para o equinócio de primavera nos ambientes de sala de exposições	124
Figura 120 – Resultados das medições lumínicas para o equinócio de primavera nos ambientes administrativos	125
Figura 121 – Manifestações patológicas encontradas no ambiente de exposições do Casarão 2, dezembro de 2015	127
Figura 122 – Manifestação patológica de descolamento com causa na umidade por infiltração	127
Figura 123 – Fungos encontrados nas janelas do ambiente de exposições do Casarão 6, dezembro de 2015.....	128
Figura 124 – Manchas de umidade nas paredes do ambiente de sala de exposições do Casarão 8, dezembro de 2015	129
Figura 125 – Fungos encontrados nas janelas do ambiente administrativo do Casarão 2, dezembro de 2015.....	129
Figura 126 – Esquadria de madeira com sinais de apodrecimento ambiente administrativo do Casarão 2, dezembro de 2015	130
Figura 127 – Presença de fungos em elementos de madeira da sala de exposições do Casarão 2, março de 2016	130
Figura 128 – Fungos encontrados em elementos de madeira do ambiente de exposições do Casarão 6, junho de 2016	132
Figura 129 – Presença de fungos em elementos de madeira do ambiente administrativo do Casarão 6, junho de 2016	133
Figura 130 – Comportamento de manifestação patológica por umidade ascendente no ambiente de exposições do Casarão 2	134
Figura 131 – Comportamento de manifestação patológica por umidade ascendente no ambiente de exposições do Casarão 2	134
Figura 132 – Comportamento de manifestação patológica por umidade ascendente no ambiente de exposições do Casarão 2	134
Figura 133 – Comportamento de manifestação patológica por umidade accidental no ambiente de exposições do Casarão 2	135
Figura 134 – Comportamento de manifestação patológica por fungos no ambiente de exposições do Casarão 6	135
Figura 135 – Comportamento das manchas de umidade no ambiente de exposições do Casarão 8.....	136

Figura 136 – Comportamento das manchas de umidade no ambiente de exposições do Casarão 8.....	136
Figura 137 – Presença de fungos em elementos de madeira do ambiente administrativo do Casarão 6, setembro de 2016	137
Figura 138 – Comportamento de manifestação patológica em esquadria de madeira do ambiente administrativo do Casarão 2	138
Figura 139 – Foto termográfica do ambiente de sala de exposições do Casarão 2	139
Figura 140 – Foto termográfica do ambiente de sala de exposições do Casarão 2	139
Figura 141 – Foto termográfica do ambiente de sala de exposições do Casarão 2	139
Figura 142 – Foto termográfica de manifestação patológica por umidade accidental na sala de exposições do Casarão 2	140
Figura 143 – Foto termográfica do ambiente de sala de exposições do Casarão 6	140
Figura 144 – Foto termográfica do ambiente de sala de exposições do Casarão 6	141
Figura 145 – Foto termográfica do ambiente de sala de exposições do Casarão 6	141
Figura 146 – Foto termográfica do ambiente de sala de exposições do Casarão 8	141
Figura 147 – Foto termográfica do ambiente de sala de exposições do Casarão 8	142
Figura 148 – Foto termográfica do ambiente de sala de exposições do Casarão 8	142
Figura 149 – Foto termográfica do ambiente administrativo do Casarão 2	143
Figura 150 – Foto termográfica do ambiente administrativo do Casarão 2	143
Figura 151 – Foto termográfica do ambiente administrativo do Casarão 2	143
Figura 152 – Foto termográfica do ambiente administrativo do Casarão 6	144
Figura 153 – Foto termográfica do ambiente administrativo do Casarão 6	144
Figura 154 – Foto termográfica do ambiente administrativo do Casarão 6	144
Figura 155 – Foto termográfica do ambiente administrativo do Casarão 8	145
Figura 156 – Foto termográfica do ambiente administrativo do Casarão 8	145
Figura 157 – Comportamento térmico dos ambientes expositivos em relação ao intervalo ideal, em mês com maior temperatura média	146
Figura 158 – Comportamento térmico dos ambientes expositivos em relação ao intervalo ideal, em mês com menor temperatura média	147
Figura 159 – Comportamento higroscópico dos ambientes expositivos em relação ao intervalo ideal, em mês com maior temperatura média	148
Figura 160 – Comportamento higroscópico dos ambientes expositivos em relação ao intervalo ideal, em mês com menor temperatura média.....	149

Figura 161 – Comportamento térmico dos ambientes administrativos em relação à temperatura operativa de conforto, em mês com maior temperatura média	153
Figura 162 – Comportamento térmico dos ambientes administrativos em relação à temperatura operativa de conforto, em mês com menor temperatura média	153
Figura 163 – Comportamento higroscópico dos ambientes administrativos em relação ao intervalo ideal, em mês com maior temperatura média	155
Figura 164 – Comportamento higroscópico dos ambientes administrativos em relação ao intervalo ideal, em mês com menor temperatura média.....	155

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Valores estabelecidos por normas para parâmetros ambientais em diferentes usos	43
Tabela 2 – Caracterização dos elementos de iluminação natural nos ambientes de sala de exposições	84
Tabela 3 – Caracterização dos elementos de iluminação natural nos ambientes administrativos	88
Tabela 4 – Levantamentos do estado de conservação dos Casarões 2, 6 e 8	90
Tabela 5 – Parâmetros ambientais considerados para o estudo em ambientes de sala de exposição	94
Tabela 6 – Parâmetros ambientais considerados para o estudo em ambientes de administrativos	94
Tabela 7 – Caracterização do modo de uso e operação dos ambientes de salas de exposições	100
Tabela 8 – Caracterização do modo de uso e operação dos ambientes administrativos	100
Tabela 9 – Resultados da análise de microclima em dias de semana	112
Tabela 10 – Resultados da análise de microclima em dias de final semana	113
Tabela 11 – Resultados das medições lumínicas para ambientes de Sala de Exposição	150
Tabela 12 – Resultados da verificação dos parâmetros ambientais para ambientes de Sala de Exposição	152
Tabela 13 – Resultados das medições lumínicas para ambientes Administrativos	157
Tabela 14 – Resultados da verificação dos parâmetros ambientais em ambientes de uso administrativo	158

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
IIC	International Institute for Conservation Historic and Artistic Works
t_{oc}	Temperatura Operativa de Conforto
UFPel	Universidade Federal de Pelotas

Sumário

1. Introdução	17
1.1 Justificativas	19
1.2 Objetivos	22
1.2.1 Objetivo geral.....	22
1.2.2 Objetivos específicos.....	22
2. Revisão bibliográfica.....	24
2.1 Patrimônio histórico	24
2.1.1 Medidas e conceitos de preservação do patrimônio histórico	25
2.2 Novos usos em edificações históricas	28
2.2.1 Novo uso de espaços expositivos em prédios históricos	31
2.2.2 Novo uso de espaços administrativos em prédios históricos	33
2.3 Parâmetros ambientais para novos usos	35
2.3.1 Umidade relativa.....	39
2.3.2 Temperatura do ar	40
2.3.3 Iluminação.....	42
2.4 Aspectos de conservação de edificações históricas do século XIX.....	44
2.4.1 Materiais e técnicas empregados no século XIX em Pelotas	45
2.4.2 Desempenho termo energético de edificações históricas do século XIX em Pelotas.....	49
2.4.3 Manifestações patológicas por umidade em prédios históricos	52
3. Metodologia de pesquisa	56
3.1 Caracterização do objeto de estudo	56
3.1.1 Casarão 2	58
3.1.2 Casarão 6	61
3.1.3 Casarão 8	65
3.2 Monitoramento do microclima.....	70
3.3 Medições lumínicas	76
3.4 Levantamento das manifestações patológicas por umidade	90
3.5 Levantamento das condições de uso e operação dos ambientes	92

3.6 Análises comparativas	92
4. Resultados e discussão 95	
4.1 Resultado dos levantamentos das condições de uso e operação dos ambientes.....	95
4.1.1 Casarão 2	95
4.1.2 Casarão 6	97
4.1.3 Casarão 8	99
4.2 Resultados do monitoramento do microclima	103
4.2.1 Comportamento dos ambientes de sala de exposições (SE) para dias com maior temperatura média	105
4.2.2 Comportamento dos ambientes administrativos (A) para dias com maior temperatura média.....	107
4.2.3 Comportamento dos ambientes de sala de exposições (SE) para dias com menor temperatura média	109
4.2.4 Comportamento dos ambientes administrativos (A) para dias com menor temperatura média	110
4.3 Resultados das medições lumínicas	114
4.3.1 Resultados das medições lumínicas no solstício de verão.....	115
4.3.2 Resultados das medições lumínicas no equinócio de outono.....	118
4.3.3 Resultados das medições lumínicas no solstício de inverno	120
4.3.4 Resultados das medições lumínicas no equinócio de primavera....	123
4.4 Resultados dos levantamentos de manifestações patológicas por umidade.....	126
4.4.1 Resultados dos levantamentos de dezembro de 2015.....	126
4.4.2 Resultados dos levantamentos de março de 2016.....	130
4.4.3 Resultados dos levantamentos de junho de 2016.....	131
4.4.4 Resultados dos levantamentos de setembro de 2016	133
4.4.5 Resultados do levantamento final e termografia.....	138
4.5 Resultados da análise comparativa dos parâmetros ambientais com normas e recomendações	145
4.5.1 Verificação dos parâmetros normatizados para o uso de espaços expositivos.....	146

4.5.2 Verificação dos parâmetros normatizados para o uso de espaços administrativos.....	152
5. Conclusões	159
5.1 Sobre as condições de uso e operação dos ambientes.....	159
5.2 Sobre o comportamento microclimático dos ambientes	160
5.3 Sobre o comportamento lumínico dos ambientes.....	161
5.4 Sobre o estado de conservação dos ambientes	163
5.5 Sobre a análise comparativa dos parâmetros ambientais reais com os ideais.....	164
5.6 Considerações finais.....	164
5.7 Limitações da pesquisa	165
5.8 Sugestões para trabalhos futuros.....	165
Referências bibliográficas.....	167
Apêndices.....	178
Apêndice A.....	179
Apêndice B.....	188
Apêndice C.....	191

1. Introdução

A conservação de edificações históricas é tema de grande importância, tanto para profissionais da área da construção civil, que podem estudar métodos e técnicas construtivas e sua evolução ao longo dos anos, quanto para a sociedade, que mantém seu legado histórico e cultural. Aliado a esse contexto, a adaptação de edificações históricas a novos usos, considerados pertinentes à sociedade atual, é uma realidade necessária, visto que a utilização de prédios históricos, ao invés de demolições, garante economia e uso consciente de recursos pré-existentes.

Jacobs (2009, p. 209) afirma que “o tempo pode transformar o espaço adequado para uma geração, em supérfluo para outra”. Essa é a principal justificativa para dar novos usos a prédios históricos. Além disso, as novas ocupações de edificações históricas devem acontecer com o intuito de aproximar a população do patrimônio e não o contrário. A figura 1 exemplifica este objetivo, mostrando que um antigo teatro sem uso em Buenos Aires foi transformado em livraria e, atualmente, recebe turistas do mundo inteiro.

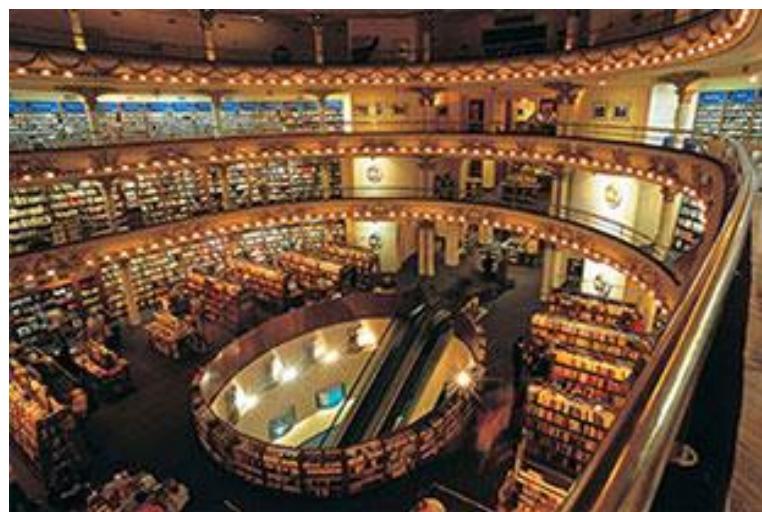


Figura 1 – Exemplo de prédio histórico com novo uso: antigo teatro, hoje Livraria El Ateneo, em Buenos Aires, Argentina.

Fonte: BUENOS AIRES TURISMO, 2016.

Entretanto, a adaptação de novos usos a edificações históricas é bastante complexa. Este processo envolve questões técnicas, de conservação dos materiais da construção, questões culturais, que estão ligadas à percepção da sociedade, e também aspectos ambientais, visto que estão diretamente relacionadas ao conforto ambiental. Devido a esta problemática, a escolha dos novos usos precisa referenciar-se à potencialidade da edificação preservada, a fim de não desperdiçar recursos naturais e financeiros. Este tema é de grande importância para cidades que possuem muitos exemplares históricos já que estes tornam-se, também, de interesse público.

A cidade de Pelotas, localizada no extremo sul do Brasil, tem sua história ligada à produção do charque. Os empresários deste setor, chamados charqueadores, se instalaram na região pela facilidade de transporte de seu produto, através da ligação do Arroio Pelotas ao Canal São Gonçalo, que por sua vez liga-se ao Oceano Atlântico através da Lagoa dos Patos. Durante o período do ano em que a produção das charqueadas (Figura 2), locais onde se produzia o charque, encontrava-se parada, os escravos trabalhavam na construção da cidade (SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2008).



Figura 2 – Charqueada São João, construída no século XVIII, em Pelotas.

Fonte: E-CULT, 2010.

O primeiro loteamento foi criado longe dos locais de produção do charque, visto que as famílias donas das propriedades procuravam distanciar-se devido aos fortes odores gerados pela atividade. Em 1835 este loteamento deu origem à cidade de Pelotas. O grande contato da população abastada com a Europa, principalmente a cidade francesa de Paris, contribuiu para a construção de uma cidade com estilo eclético europeu (ALMEIDA, BASTOS, 2006). Atualmente, Pelotas conta com um

vasto exemplar de edificações históricas, principalmente do século XIX, conforme figura 3.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS IMÓVEIS TOMBADOS EM PELOTAS

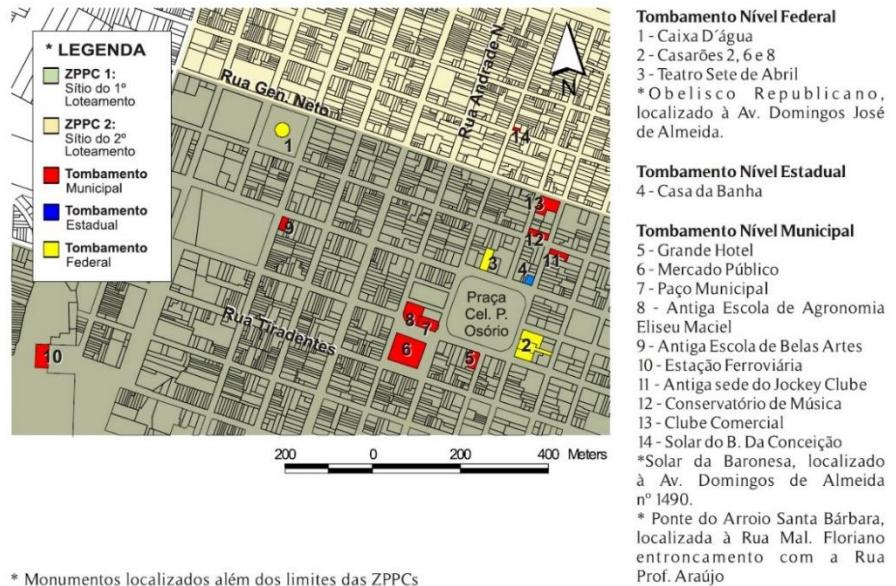


Figura 3 – Mapa de localização dos imóveis tombados na cidade de Pelotas.

Fonte: SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2008, p. 16.

Com base nessa realidade surgiu o interesse desse estudo sobre o potencial de imóveis de valor histórico para instalação de diferentes usos, na cidade de Pelotas.

1.1 Justificativas

Manter a ocupação de prédios históricos ajuda na conservação do patrimônio de uma cidade. A ocupação garante a visualização dos danos enquanto eles surgem, facilitando manutenções e correções. Porém, o uso original de determinadas construções pode tornar-se desnecessário para a sociedade com o passar dos anos por diferentes motivos. A alteração da ocupação do solo em determinados pontos da cidade, a modificação das tipologias residenciais junto às prioridades de seus moradores, a necessidade de qualificar o entorno urbano devido ao abandono de prédios históricos, são exemplos de como o uso original pode tornar-se desnecessário. Além disso, medidas preservacionistas em prédios de valor histórico podem dificultar a manutenção dos mesmos por seus proprietários, principalmente em

relação às questões burocráticas e econômicas, demonstrando a necessidade de adaptação das mesmas a novos usos.

No entanto, a edificação deve apresentar potencial para abrigar sua nova função, a fim de que sua conservação seja garantida. Esse aspecto é fundamental na reabilitação de edificações históricas. Segundo Peres (2001), a modernização da função de um prédio histórico não pode tornar-se uma justificativa para que a identidade e a história da construção sejam apagadas. Neste caso, questões mais profundas precisam ser levadas em consideração.

A cidade de Pelotas é muito valorizada culturalmente na atualidade, devido às influências europeias. Fato que pode ser comprovado por um conjunto de 19 imóveis tombados, incluindo prédios e monumentos, nos níveis federal, estadual e municipal. Além disso, mais de 1.700 edificações estão cadastradas no Inventário do Patrimônio Histórico e Cultural de Pelotas, através da Lei nº 4568/00, tornando clara a importância de medidas que contribuam para a manutenção desse patrimônio (SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2008).

A importância deste tema para a cidade também pode ser exemplificada por diversos trabalhos no âmbito do patrimônio histórico, como Gutierrez (2004), que escreveu sobre a mão-de-obra escrava na construção da cidade, fato que influenciou também a arquitetura de Pelotas. Almeida e Bastos (2006), que trataram da evolução do processo de preservação do patrimônio pelotense em comparação ao mesmo processo no Brasil. Peres (2008), que abordou o legado deixado pelos imigrantes italianos na arquitetura pelotense em sua tese de doutorado. Lannes (2011), que tratou de questões relacionadas a reincidência de danos em edificação restaurada na cidade. E, da mesma forma, Guerra (2012), que também tratou de danos em prédios constituintes do patrimônio histórico de Pelotas, com ênfase nas manifestações patológicas por biodeterioração.

Estes trabalhos foram referência para a pesquisa da conservação de prédios históricos que hoje recebem novos usos, contribuindo com informações históricas, bem como relacionadas às técnicas construtivas de uma época. Isso porque, além de um vasto exemplar de arquitetura histórica, Pelotas apresenta um grande número destes prédios abrigando usos diferentes dos originais. Dentre os principais novos usos, estão o administrativo, institucional e fins culturais, como museus e salas de exposição artística. Sendo assim, é imprescindível conhecer as necessidades do novo uso e as características da construção que favoreçam essa adaptação.

Espaços expositivos, por exemplo, precisam respeitar certos índices de parâmetros ambientais, como níveis de umidade relativa do ar, temperatura e até mesmo iluminação, a fim de garantir a conservação de seu acervo (PAVLOGEORGATOS, 2003). Ainda segundo o autor, os programas museológicos baseavam-se no conforto do usuário para estipular medidas de controle ambiental, mas, no decorrer dos anos, este controle passou a considerar a conservação dos materiais. Isso explica o fato de os programas estarem mais exigentes e serem necessários mais estudos na área.

Ribeiro e Lomardo (2014), afirmam que a arquitetura é a grande responsável pela criação de um ambiente climaticamente favorável ao funcionamento de espaços destinados a exposições artísticas e culturais. Acrescentaram ainda, que, quando se trata de prédios históricos, é preciso levar em consideração a conservação do acervo, a conservação dos materiais construtivos da edificação e a sustentabilidade de todo o sistema.

Junto a isso, é preciso também considerar os riscos à conservação da construção, principalmente em prédios tombados, que não podem ter suas características modificadas. Segundo Guerra (2012), grande parte das edificações pelotenses do século XIX foram restauradas e utilizadas como museus ou salas de exposição, o que muitas vezes, inviabilizou o uso da ventilação e iluminação natural, provocando o surgimento de manifestações patológicas.

Da mesma forma é preciso realizar a análise para outros usos adaptados às construções históricas, o administrativo, por exemplo, tende a modificar o microclima, devido ao uso de equipamentos que não existiam na época de construção do prédio. Estes equipamentos, como computadores e impressoras, são geradores de calor no interior em ambientes que não foram projetados para receber-los.

Nestes espaços, os índices de conforto ambiental são estabelecidos por normas visando a qualidade de trabalho para os usuários. Como estes índices podem ser diferentes daqueles antes necessários no uso original e, somando ainda a produção de calor no interior dos ambientes devido aos equipamentos, muitas vezes torna-se necessário a utilização de climatização artificial, modificando o microclima interno. Esta modificação, assim como no uso de salas de exposições, mesmo que para valores ideais de parâmetros ambientais distintos, modifica o microclima histórico e tende a ocasionar danos aos materiais construtivos.

Este fato é confirmado pelo estudo de Silva e Henriques (2014), que mostrou os prejuízos que podem ser gerados em prédios históricos que têm seu microclima modificado. Para os autores, os materiais da construção encontram-se aclimatados ao microclima histórico da edificação. Quando este é alterado, a fim de se alcançar condições ideais para o novo uso, seja por modificação no uso de aberturas ou até mesmo instalação de condicionadores de ar, podem ocorrer deformações irreversíveis nos materiais construtivos.

Com base nos aspectos descritos, esta pesquisa busca analisar se edificações históricas, ao receberem um novo uso, terão seu patrimônio edificado preservado, bem como, se as características construtivas originais e os hábitos do novo usuário possibilitam atingir os requisitos mínimos de conforto térmico, higroscópico e lumínico, para a nova atividade.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi o de analisar o impacto de novos usos no microclima e no estado de conservação de edificações residenciais, restauradas, do século XIX, na cidade de Pelotas/RS.

1.2.2 Objetivos específicos

Para que o objetivo geral fosse atingido, considerou-se necessários os seguintes objetivos específicos:

- Definir os usos a serem analisados;
- Identificar parâmetros ambientais que influenciem no estado de conservação de edificações históricas;
- Identificar parâmetros ambientais responsáveis pelo conforto do usuário para o novo uso;

- Selecionar ambientes com mesma orientação solar, sistema construtivo e áreas aproximadas de janela, para cada um dos Casarões, a fim de realizar as comparações entre parâmetros equivalentes;
- Caracterizar o modo de uso e operação dos espaços pelos usuários para os diferentes usos;
- Monitorar o microclima interno e externo dos ambientes selecionados, em cada Casarão, para os parâmetros de temperatura e umidade relativa do ar;
- Monitorar as condições lumínicas nos ambientes selecionados;
- Verificar as condições de conservação interna dos ambientes em relação à existência de manifestações patológicas por umidade;
- Verificar se os valores dos parâmetros ambientais dos ambientes estão de acordo com os limites especificados pelas normas e recomendações da *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* – ASHRAE, do *International Institute for Conservation Historic and Artistic Works* – IIC e da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, para os usos de salas de exposições e administrativo;
- Identificar semelhanças e diferenças de comportamento do monitoramento de microclima, das medições lumínicas e do levantamento de manifestações patológicas entre os três Casarões e seus novos usos;
- Avaliar quais usos seriam mais apropriados para uma reciclagem, dentro dos parâmetros pré-estabelecidos de análise

2. Revisão bibliográfica

2.1 Patrimônio histórico

A preservação do patrimônio histórico é tema recorrente, principalmente para arquitetos e urbanistas, para os quais, segundo Meira (2008), ainda é uma inquietação muito restrita. O conceito da preservação é genérico e abrange todas as medidas que objetivam a conservação da memória de determinada sociedade (RABELLO, 2009).

Para Choay (2001), as edificações simbolizam o exemplo de patrimônio histórico com relação mais estreita com a sociedade. Dessa forma, o arquiteto possui grande responsabilidade tanto quanto do processo de intenção de preservação, quanto na fase de formulação de medidas corretivas. É necessário saber que o valor não está somente no ambiente construído e na sua arquitetura, mas sim, em todo o valor cultural relacionado ao ambiente ao qual ele está inserido (RABELLO, 2009). Sendo assim, um estudo das teorias, das legislações e dos conceitos é necessário no decorrer deste trabalho.

As primeiras teorias de restauração surgiram na Europa, no século XIX, após a Revolução Francesa. Nesse período, os bens da igreja e nobreza passaram a ser posse do Estado. Surgiu então, a necessidade de listar e catalogar estes bens, fazendo com que diversas instituições, comitês e comissões com esse objetivo fossem criados na Europa (SILVEIRA, 2000). Os primeiros teóricos desse período foram Eugène E. Viollet-Le-Duc e John Ruskin (MEIRA, 2008).

Segundo Silveira (2000), o francês Viollet-Le-Duc propunha uma postura de restauro que, atualmente, é chamada de restauro estilístico. Muitas contribuições são tiradas de seus trabalhos, como a necessidade de documentação das intervenções realizadas e a introdução da necessidade de conservação de monumentos. Porém, muitas de suas intervenções não são consideradas legítimas atualmente, visto que ele apreciava a capacidade do arquiteto responsável pelo restauro prever o que o arquiteto do projeto original teria idealizado. Ou seja, realizava intervenções que

imitavam o estilo da época da edificação, impossibilitando a distinção do novo e do antigo.

As teorias inglesas de John Ruskin combatiam as francesas e são conhecidas como anti-restauro. Ruskin não aceitava qualquer tipo de intervenção em uma edificação histórica, pois, para ele, seria impossível pensar como os arquitetos da época, sendo qualquer modificação, uma falsidade (PERES, 2008).

As teorias do restauro foram o princípio dos estudos relacionados ao patrimônio. Dessa forma, e após diversas outras teorias criadas ao longo dos anos, foram elaboradas medidas preservacionistas que existem atualmente. O estudo das mesmas é importante, pois permite conhecer os conceitos da preservação e empregá-los de maneira correta.

2.1.1 Medidas e conceitos de preservação do patrimônio histórico

Além das teorias de restauro, no século XX começaram a surgir documentos com as formas como deveriam ser realizadas as intervenções em edificações com valor histórico, elaborados em encontros de especialistas de todo o mundo. Estes documentos, chamados Cartas Patrimoniais, descrevem conceitos e estabelecem normas de procedimentos de restauro. Todas elas, mesmo que com algumas diferenças de posicionamento, objetivam a valorização da edificação, pois esta é a parte mais importante de qualquer processo de preservação (HEIDTMANN, 2007).

As Cartas Patrimoniais são exemplos da preocupação mundial em torno da preservação do patrimônio histórico, porém, muitos encontros internacionais e medidas preventivas surgiram ao longo dos anos. Em 1972 foi adotada pela UNESCO a Convenção sobre a Salvaguarda do Patrimônio Mundial, Cultural e Nacional, onde os países que a ela aderissem poderiam ter patrimônio catalogado com valor mundial. O Brasil incluiu-se nesta convenção em 1977 (MEIRA, 2008).

A legislação brasileira mais emblemática no campo da proteção do patrimônio cultural foi o Decreto-Lei 25, de 15 novembro de 1937 (RABELLO, 2009). Neste decreto foi criado o SPHAN – Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, atualmente IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Outras datas também foram marcantes nesse processo no Brasil, como por exemplo, o ano

de 1977, com a criação do PCH – Programa das Cidades Históricas, e o ano de 1999, com o Programa Monumenta (MEIRA, 2008).

No âmbito estadual, o IPHAE – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado é o responsável por ações de preservação do patrimônio cultural, como identificar, cadastrar e fiscalizar. Nos municípios, as Secretarias de Cultura são as responsáveis por estas ações (SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2008).

Estes órgãos são importantes pelo fato de o Estado ter a responsabilidade sobre a atribuição de patrimônio a um bem. Em determinados casos, um bem pode ter valor municipal, sem ter valor regional, por exemplo, cabendo ao município a implantação de meio jurídico para protegê-lo (MEIRA, 2008). É o caso do Mercado Público de Pelotas (Figura 4), um imóvel tombado no nível municipal.



Figura 4 – Mercado Público - imóvel tombado a nível municipal, na cidade de Pelotas, RS.

Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS, 2012.

Outro documento de suma importância, a Carta de Veneza (INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL, 1964), em seu Artigo 3º, afirma que a salvaguarda, tanto da obra em si, quanto do testemunho histórico que determinado bem representa, são objetivos da conservação e da restauração. Tal afirmação demonstra a necessidade de conceituação sobre: preservação, inventário, tombamento, conservação, restauração e reciclagem.

A **preservação** é o amplo conjunto de medidas que tem o intuito de conservar a edificação, através de meios que prevejam os processos de deterioração. A preservação é realizada através de políticas públicas, pesquisas, medidas

econômicas, entre outras ações (NASCIMENTO JUNIOR, CHAGAS, 2009). Exemplos de medidas de preservação são o tombamento e o inventário.

O **inventário** é uma ação que visa preservar um conjunto de edificações situadas em seu contexto na cidade, através de cadastramento de suas informações arquitetônicas, urbanísticas e históricas. Edificações inventariadas devem respeitar restrições de modificação em sua fachada e volumetria, a fim de manter a harmonia e história de determinado local, onde, segundo Secretaria Municipal de Cultura (2008):

- A fachada, considerada somente a fachada pública, é a face da edificação voltada para o passeio e precisa ser preservada em sua totalidade;
- A volumetria dos prédios inventariados é o conjunto de todas as partes exteriores da edificação, caracterizada por sua forma tridimensional. O volume também deve ser preservado em sua totalidade. Apenas modificações internas são permitidas.

O **tombamento** é uma maneira jurídica de preservar o patrimônio histórico, através da restrição do direito à propriedade (RABELLO, 2009). No tombamento as edificações não podem sofrer nenhuma alteração, nem mesmo em seu interior, devendo manter íntegras todas as características do imóvel (SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2008).

A **conservação** pode ser definida como as medidas preventivas tomadas com a finalidade de manter a integridade de bens culturais enquanto testemunho de uma comunidade. A Carta de Veneza (1964) considera que para a conservação de um bem cultural é necessária uma manutenção permanente do mesmo, sendo favorecida quando recebe destino útil à sociedade a qual está inserida. Segundo Nascimento Junior e Chagas (2009), as estratégias de conservação podem ser caracterizadas como intervenções e análises periódicas do patrimônio, também chamada de conservação preventiva.

Já a **restauração** é uma medida excepcional e invasiva, consta na Carta de Veneza (1964, p.2) que esta medida deve terminar “onde começa a hipótese”. Ela acontece em ocasiões de possível perda de integridade do prédio, ou bem histórico, através de intervenção física (NASCIMENTO JUNIOR, CHAGAS, 2009).

A **reciclagem**, **reabilitação** ou **retrofit**, estão ligados a novos usos à edificação, gerando nestas um novo ciclo (MEIRA, 2008). Essa medida é favorável, pois o prédio segue apto para utilização pela comunidade, porém, deve respeitar as características e potencialidades da edificação. A edificação, neste caso, passa por

processo de restauro de suas características formais e é adaptada às novas necessidades do uso escolhido (DIAS, 2005).

2.2 Novos usos em edificações históricas

Toda a edificação possui um tempo de vida útil. No entanto, é preciso adequar edificações às novas necessidades da sociedade, para que se mantenham como testemunho arquitetônico da história (HEIDTMANN, 2007). O autor cita exemplos de prédios antigos que receberam novos usos, como a Chocolataria Menier, na França, e a fábrica da FIAT, na Itália, conforme as figuras 5 e 6.



Figura 5 – Antiga Chocolataria Menier reciclada para Sede Social da Nestlé.

Fonte: WIKIMEDIA COMMONS, 2014.



Figura 6 – Antiga Fábrica da FIAT com novo uso de centro de eventos, hotel e escritórios.

Fonte: SKYCRAPERCITY.COM, 2005.

Guerra (2006) afirma que manter em uso uma edificação é a melhor maneira de garantir sua vida e manutenção. Entretanto, sabe-se que manter o uso original ao qual a edificação foi destinada nem sempre é viável. Ribeiro (2005) entende que a adaptação de novas funções a antigas edificações valoriza o imóvel e seu entorno imediato, além de conduzir a história de um tempo a outras gerações.

“A adaptação de edificações pré-existentes a novos usos é uma das possibilidades e é, essencialmente, um problema de arquitetura.”, afirma Heidtmann (2007, p.45). Isso porque, além de analisar as estratégias de preservação dos aspectos culturais e históricos, também é preciso considerar as questões de conservação estruturais e construtivas da edificação. Sendo assim, a decisão do uso ao qual será destinada uma edificação é tão importante quanto à decisão de preservá-la (GORSKI, 2003). Dessa forma, a fim de agregar valor a uma edificação histórica o novo uso precisa estar referenciado ao potencial da mesma (GUERRA, 2006).

Durante muitos anos a sociedade não soube conviver com as construções antigas. Muitos arquitetos não souberam como inserir novas construções em uma cidade já consolidada, o que gerou muitas perdas ao legado histórico mundial (RIBEIRO, 2005). Este cenário, entretanto, vem sendo modificado, onde cada vez mais a demanda por métodos de intervenção nas edificações existentes parte da própria sociedade (GORSKI, 2003). A Europa, a partir da segunda metade do século XX, apresentou um intenso processo de requalificação de imóveis com valor histórico, sendo o principal foco a adaptação para novos usos (RODRIGUES, 2012).

É preciso inserir os conceitos de reciclagem e economia no âmbito da construção civil, a fim de minimizar os altos custos de produção de matéria-prima, o uso inconsciente de recursos naturais e o descarte de edificações antigas para substituição de novas (RIBEIRO, 2005). Isso é possível através da reciclagem de edificações históricas, pois, conforme Gorski (2003, p.13) “[...] é constante a noção de que na prática profissional dos arquitetos atuais é cada vez maior a presença do projeto sobre ou no construído”.

Trabalhos como o de Camuffo et al. (2004) são importantes no âmbito dos novos usos em prédios históricos. Os autores trabalharam com os impactos gerados nas edificações em decorrência das novas necessidades que a edificação passa a apresentar, como iluminação artificial, aquecimento e o próprio número de pessoas que utilizam os espaços. Este trabalho foi realizado em uma edificação medieval, na Itália, que recebeu o uso de auditório, onde pôde-se concluir que manter níveis de

conforto ambiental ideais para os novos usuários é, muitas vezes, prejudicial a construções históricas.

Heidtmann (2007), abordou o tema de novos usos em edificações pelotenses, em sua dissertação. Alguns dos exemplares citados pelo autor, foram o prédio da atual faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas - UFPel, construído como galpão fabril (Figura 7), e um sobrado residencial e comercial do ano 1875, que sofreu reciclagem para receber uma agência bancária (Figura 8).



Figura 7 – Antigo galpão fabril com novo uso de faculdade.

Fonte: PROGRAU, 2016.



Figura 8 – Sobrado de 1875 reabilitado para o uso de agência bancária.

Fonte: SINDICATO DOS BANCÁRIOS DE PELOTAS E REGIÃO, 2015.

Diversos são os novos usos inseridos em prédios históricos através de processos de reciclagem. Para este trabalho foram analisados os usos de salas de exposições e administrativos, por serem aqueles presentes no objeto de estudo.

2.2.1 Novo uso de espaços expositivos em prédios históricos

O uso de espaços expositivos apresenta características bastante específicas em relação aos parâmetros ambientais internos. Devido à necessidade de conservação de materiais, tanto em reservas técnicas quanto expostos, existe o controle de temperatura e umidade relativa do ar. A iluminação nestes espaços também é controlada, tanto pela deterioração dos acervos quanto pela criação de cenários lumínicos para exposições. Nas salas de exposições é possível que durante o horário de visitação o controle ambiental torne-se mais brando, a fim de permitir o conforto dos visitantes. Entretanto, neste uso, os espaços precisam garantir a conservação dos materiais expositivos durante o dia inteiro, permanecendo mesmo nos horários em que o prédio encontra-se fechado (BARRANHA, 2012; MENDES, 2013; RIBEIRO e LOMARDO, 2014).

Exemplos de edificações históricas que receberam o novo uso de salas de exposições, por exemplo, podem ser encontrados pelo mundo com facilidade. Segundo Rodrigues (2012), Paris é um grande exemplo de reutilização de prédios históricos como museus. Um exemplo de grande repercussão mundial é o Museu do Louvre (Figura 9), que fora construído para abrigar um palácio. Na década de 1980, a empresa I.M. Pei & Partners realizou uma intervenção bastante polêmica, com a adição da Pirâmide de Vidro em frente ao prédio, redirecionando seu acesso em razão de uma qualificação urbana em seu entorno.

O Museu Rainha Sofia, na Espanha, também é um caso de reutilização de um prédio, antes ocupado por um hospital do século XVIII, por salas de exposição. A edificação sofreu inúmeras intervenções, até que, entre os anos de 2000 e 2005, o arquiteto Jean Nouvel, projetou uma nova área para o museu (Figura 10), já que a antiga edificação não podia contemplar as necessidades do novo uso por completo (RODRIGUES, 2012).

Em São Paulo, um edifício construído no fim do século XIX para instalar o Liceu de Artes e Ofícios, hoje abriga a Pinacoteca do Estado de São Paulo (Figura 11). O

prédio foi restaurado em 1990, com projeto do arquiteto Paulo Mendes da Rocha, abrigando o museu de arte mais antigo da cidade (PINACOTECA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).



Figura 9 – Museu do Louvre com a Pirâmide de Vidro em frente.

Fonte: FABUROUS, 2014.



Figura 10 – Fachada do Museu Rainha Sofia com detalhe do novo volume projetado por Jean Nouvel.

Fonte: MUSEU NACIONAL CENTRO DE ARTE REINA SOFIA, 2016.



Figura 11 – Interior da Pinacoteca do Estado de São Paulo.

Fonte: PINACOTECA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016.

A cidade de Pelotas, no Rio Grande do Sul, instituiu o Sistema de Museus de Pelotas em 2006, através do Decreto nº 4.895. Este decreto impulsionou a utilização de diversos prédios históricos como museus (PELOTAS, 2006). Como exemplos (Figura 12), podem ser mencionados o Museu da Baronesa, Museu do Charque, Museu de Arte Leopoldo Gotuzzo (MALG), o Instituto João Simões Lopes Neto, entre outros. Além destes, as próprias charqueadas possuem espaços de exposição e estão inseridas no Sistema de Museus, como a Charqueada São João e a Charqueada Santa Rita.



Figura 12 – Exemplos de prédios históricos com novos usos de museus da cidade de Pelotas – Museu da Baronesa (A), Museu do Charque (B), MALG (C) e Instituto João Simões Lopes Neto (D).

Fonte: Adaptação de SISTEMAS DE MUSEUS, 2016.

Um projeto atual prevê a união de diversos museus da UFPel, atualmente instalados em edificações alugadas e sem condições adequadas de funcionamento, para um único espaço, chamado Casa dos Museus. Este espaço é o prédio de uma antiga indústria, localizada em uma importante avenida da cidade, que encontra-se desativada e que passará por processo de reabilitação (CORREA, PINTADO, 2014).

2.2.2 Novo uso de espaços administrativos em prédios históricos

Além do novo uso de museus e espaços destinados a exposições artísticas, existem também o novo uso administrativo e institucional. Neste, os prédios com valor

histórico são reciclados e utilizados por escritórios. Para este novo uso, os prédios tendem a ser ocupados apenas no horário comercial. Outra característica deste uso é a maior geração de calor e umidade no seu interior, já que possuem mais equipamentos e maior número de usuários em comparação aos espaços expositivos.

O trabalho de Aykal et al. (2011) analisou prédios, construídos como moradia na Turquia (Figura 13), em relação às condições de iluminação natural para o novo uso, a fim de saber se ofereciam boas condições aos usuários, após a reciclagem. Estes prédios receberam o uso administrativo e de salas de exposições. Comprovou-se que os prédios respeitavam os aspectos de conforto visual expostos em normas para seu uso original, porém, em grande parte, não obtiveram o mesmo resultado para os usos de escritório e centro de exposições.



Figura 13 – Antiga residência, na Turquia, com novo uso de salas de exposição, utilizada no trabalho de Aykal et al. (2011).

Fonte: DIYARBEKIRIM, 2011.

Munarim (2014), em sua tese, aborda as vantagens da reabilitação de edifícios históricos em relação a novas construções, através da análise do ciclo de vida para as duas alternativas. O trabalho foi realizado com ênfase no gasto energético de um processo de reciclagem em comparação a um processo de obra completa. O autor cita, como exemplo, a diferença entre a construção de uma edificação nova para uso administrativo e a reabilitação de um antigo hotel, Grand Central Arcade, da cidade de Seattle, nos Estados Unidos, para o mesmo uso. Os gastos em energia gerados para

o primeiro caso levariam 250 anos para serem recuperados, quando comparados com a opção da reabilitação.

Ainda segundo o mesmo autor, o novo uso que a edificação receberá influencia diretamente no gasto energético gerado na reabilitação. Além disso, as características da própria edificação contribuem para que este gasto seja maior ou menor, em função das necessidades do novo uso e as potencialidades do prédio.

Em sua dissertação, Knop (2012) avaliou o comportamento termo energético de uma edificação do século XIX na cidade de Pelotas, o Casarão 2, para o novo uso de escritório, através de simulação. O trabalho da autora demonstrou que, em 70% das horas ocupadas no ano, o prédio apresentou boas condições de conforto térmico para seus usuários. Isto aconteceu pela própria característica construtiva do prédio, que apresenta alta inércia térmica, já que nos momentos do dia em que encontrava-se em utilização, o horário comercial, o prédio ainda não havia sofrido as alterações em relação ao ambiente externo. Entretanto, em relação ao consumo energético da edificação, foi classificada como Nível C de eficiência energética, acordado com o RTQ-C – Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, devido as condições ruins de iluminação para o novo uso e altos custos com energia.

Estas revisões mostram que, segundo os próprios autores, as condições ambientais necessárias para satisfazer os novos usos, muitas vezes são ignoradas em processos de reabilitação. Ou seja, o conceito de reciclagem, ou reabilitação, foi usado de maneira equivocada, quando na realidade apenas o restauro era realizado nessas edificações (AYKAL et al., 2011). Dessa forma, estudos dos impactos causados por um novo uso em prédios históricos são de extrema importância, e devem ser realizados antes de sua execução.

Pelo fato de cada uso ter seus parâmetros ambientais considerados ideais, tornou-se necessária uma revisão bibliográfica acerca deste assunto.

2.3 Parâmetros ambientais para novos usos

Os espaços utilizados para exposições necessitam seguir parâmetros de controle ambiental relacionados à preservação dos materiais expositivos, uma vez que

criar um museu sem assegurar condições de preservação dos artefatos expostos, é um contrassenso (PAVLOGEORGATOS, 2003).

Guerra et al. (2016), trabalharam com questões ligadas à conservação da edificação, através da análise de surgimento de biodeterioração em edificação do século XIX, na cidade de Pelotas, que recebeu o novo uso de salas de exposição. A autora explica que pelo desconhecimento do microclima interno, as alternativas de ventilação e iluminação eram utilizadas de forma empírica pelos funcionários. Isso acarretou o surgimento de bolor nos ambientes com esse uso. Sendo o clima de Pelotas muito propenso ao surgimento de mofo e bolor, o estudo do microclima no interior de edificações utilizadas para fins expositivos na cidade, torna-se fundamental antes de sua instalação.

É preciso conhecer o microclima externo e interno de edificações pré-existentes que serão destinadas à novos usos, a fim de conhecer o comportamento da tipologia arquitetônica e relacioná-la às necessidades dos usuários para diferentes atividades (RIBEIRO, 2010). O controle de parâmetros como temperatura e umidade, pode ser realizado através de condicionadores de ar, no entanto, exigem elevados custos de instalação e manutenção, além de gastos energéticos excessivos (CORRÊA, 2003). Além disso, a crescente procura por sistemas de climatização artificial, para correção de condições ideias em determinado uso, em edificações históricas, “pode aumentar riscos de degradação e carece de grande conhecimento do local e cuidado em sua prescrição” (SILVA, HENRIQUES, 2015, p. 70).

O estudo de microclima em prédios históricos tem evoluído, visto que antigamente eram apenas considerados, climaticamente, a necessidade de conforto térmico dos usuários. Atualmente, é preciso considerar as questões de conservação dos materiais construtivos também (SILVA, HENRIQUES, 2015). Silva e Henriques (2014) afirmam que modificar o microclima de um prédio histórico, onde diversos materiais já encontram-se aclimatados, a fim de alcançar os níveis ideais, pode causar danos e deformações irreversíveis nas edificações.

O *Passive House Institute* criou uma certificação para catalogar o comportamento energético de edificações antigas, que sofreram reabilitação, para o padrão *Passivhaus*. Pelo fato de existir maior dificuldade na adequação de prédios históricos, em comparação a novas construções, foi criado o *EnerPhit*, que estabelece métodos passivos para melhorias relacionadas ao conforto ambiental, com menor exigência (PARADA, 2014; PASSIVHAUS INSTITUT, 2016).

Nos Estados Unidos, uma organização de profissionais da área do conforto ambiental, a *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* – ASHRAE, realiza estudos nesta área. Através de seus manuais, é possível ter acesso a informações sobre níveis ideais dos parâmetros ambientais para diferentes atividades. Tais manuais tem importância internacional, sendo utilizados em muitos países, até mesmo para ambientes expositivos (MICHALSKI, 2007).

A norma brasileira NBR 8995 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) foi elaborada com base em comissões de normatização internacionais, como *International Commission on Illumination* – CIE e *International Organization of Standardization* - ISO. Ela estipula os limites mínimos de iluminância mantida consideradas confortáveis para diferentes atividades de trabalho. A iluminância é uma das grandezas da iluminação que permite às pessoas desempenharem suas atividades sem esforço e com segurança (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Apesar da dificuldade de alcançar níveis ideais de conforto para o usuário em ambientes com o novo uso administrativo, são as salas de exposições que apresentam as situações mais críticas.

Ribeiro e Lomardo (2014, p. 273) afirmam que, “a maior parte dos museus existentes no Brasil encontra-se instalados em prédios já construídos, sendo que muitos deles são monumentos tombados”. Dentro dessas intervenções devem estar presentes os projetos de diretrizes para preservação da tipologia arquitetônica, projetos de implantação e funcionamento das salas de exposição, assim como materiais e técnicas que sejam compatíveis com as características do prédio que está sendo preservado.

Barranha (2012) alega que, pelo fato de os programas museológicos estarem tornando-se cada vez mais exigentes, as intervenções por museus em prédios históricos são complexas e agregadas de polêmica. Pascarelli (2005) afirma que, muitas vezes, ao escolher um casarão histórico para abrigar salas de exposição, ignoram-se os aspectos técnicos e complexos que envolvem essa implantação, pensando-se apenas em questões políticas. Esse fato leva a inúmeros gastos, com consertos e adaptações, que não seriam necessários se os prédios fossem ideais para o novo uso em questão.

Diversos institutos e autores estudam parâmetros ambientais para conservação de acervos expositivos desde 1967, quando ocorreu a primeira conferência realizada

com esse objetivo, em Londres, chamada *Contributions to the London Conference on Museum Climatology*. Como exemplo, pode ser citado o trabalho de Pavlogeorgatos (2003), que expõe a importância de se manter índices ideais para cada parâmetro ambiental, considerado a conservação de acervo, entre eles a umidade, temperatura, iluminação, vibração e a qualidade do ar.

Existem índices, para parâmetros ambientais, considerados aceitáveis para o uso de espaços expositivos, eles estão ligados diretamente aos materiais e tipo de exposição. A norma italiana UNI 10829 (ITALIAN STANDARD, 1999), estabelece dados relacionados à conservação de cada material que pode estar presente em exposições. A publicação *Climate for Collections – Standards and Uncertainties* (DOERNER INSTITUT, 2013), de Munique, também é um importante estudo internacional sobre o tema. Este trabalho aborda diversas questões relacionadas às condições de conservação do acervo em diferentes situações construtivas de salas de exposição.

O *International Institute for Conservation Historic and Artistic Works* – IIC, em cerimônia realizada em Hong Kong no ano de 2014, estabeleceu diretrizes ambientais a serem seguidas por ambientes destinados a espaços expositivos (VELIOS, 2014). Os índices expostos nesta conferência são considerados ideais para serem seguidos em grande parte dos espaços destinados a exposições em todo o mundo (MICHALSKI, 2016).

Mendes (2013) realizou um levantamento dos principais aspectos que devem ser considerados ao instalar ambientes expositivos em prédios pré-existentes. Para a autora, o conhecimento do comportamento da edificação é fundamental para uma boa conciliação do programa do novo uso com as características arquitetônicas. Além disso, também são necessárias ações continuadas de conservação tanto do acervo quanto da edificação, como cuidados com iluminação, controle de pragas, controle ambiental, entre outros.

Os parâmetros ambientais que precisam ser considerados na conservação de acervos são, de maneira geral, a umidade relativa do ar, a temperatura e a iluminação. Da mesma forma, são estes os parâmetros que especificam as condições de conforto do usuário em atividades administrativas.

A fim de tratar de maneira mais profunda cada um destes parâmetros, através de conceitos e índices estipulados por normas e trabalhos que estudaram o assunto, estes serão tratados individualmente.

2.3.1 Umidade relativa

A umidade relativa do ar é a razão entre a densidade de vapor de água presente em uma parcela de volume de ar, pela densidade máxima de água que o ar poderia conter nessa mesma parcela e, em uma mesma temperatura, ou seja, sua saturação.

Segundo Pavlogeorgatos (2003), a umidade pode afetar materiais expostos a ela de três maneiras distintas: mudanças em seu tamanho e forma; crescimento na taxa de deterioração por reações químicas; e aumento das fontes de deterioração biológicas, ou seja, biodeterioração.

Mendes (2013), afirma que as variações de umidade relativa, bem como seus valores elevados, são extremamente prejudiciais às exposições, estando relacionadas diretamente ao surgimento de fungos. Ainda para a autora, existem medidas que precisam ser tomadas, a fim de garantir os níveis adequados de umidade relativa nos ambientes, como, por exemplo, reduzir vãos e áreas envidraçadas, com a finalidade de eliminar pontes térmicas.

Como importante aceleradora do crescimento de fontes de biodeterioração nos materiais, a umidade relativa do ar também deve ser considerada nos aspectos de conservação da construção. Os materiais construtivos, expostos a níveis altos deste parâmetro, bem como variações diárias significativas, ficam expostos às manifestações patológicas por biodeterioração (PAVLOGEORGATOS, 2003; MENDES, 2013).

Para Sterflinger (2010), a fim de manter o controle da biodeterioração, principalmente relacionada a proliferação de fungos filamentosos, em materiais da construção, é importante manter os níveis de umidade relativa do ar próximos a 55% no ambiente. Segundo ASHRAE, para ambientes usados por salas de exposição, o índice ideal de umidade relativa do ar pode variar de 25% a 75%, dependendo do nível de precisão do controle deste ambiente para o uso de museus (ASHRAE, 2015).

Para o IIC, os valores em grande parte dos espaços destinados a espaços expositivos devem ficar entre 40% e 60%, sempre respeitando uma oscilação diária máxima de 10% (VELIOS, 2014).

Silva e Henriques (2014), que realizaram uma metodologia de análise para prédios históricos em climas temperados, estabelecem a variação máxima de umidade relativa em $\pm 15\%$ da média anual, sendo 75% o máximo aceitável. Este estudo visa os aspectos de conservação dos materiais construtivos.

Já, considerando o conforto do usuário, em ambientes com uso de escritórios, por exemplo, a norma estabelece os limites de 30% a 60% (ASHRAE, 2001). Isso porque, taxas inferiores a 30% podem gerar desconforto aos usuários e, taxas superiores a 60%, podem promover a proliferação e fungos, que também atinge diretamente as pessoas que utilizam o ambiente. Para atingir o padrão Enerphit, a umidade relativa do ar não pode estar abaixo de 30% em um ou mais meses do ano (PASSIVHAUS INSTITUT, 2016).

2.3.2 Temperatura do ar

A temperatura do ar, por si só, não é a maior causa de danos aos materiais. O problema do controle de temperatura está relacionado à sua variação. Quanto maior for a variação entre as temperaturas mínimas noturnas e as máximas diurnas, mais problemas poderão ser causados aos materiais, tanto construtivos, quanto expositivos. A temperatura também tem papel importante por influenciar diretamente a umidade relativa do ar (HERITAGE COLLECTIONS COUNCIL, 2002; ASHRAE, 2004).

No interior dos ambientes, a temperatura pode ser responsável por deterioração de diversas formas: acelera processos químicos de deterioração em diversos materiais; provoca a expansão de objetos; resseca materiais como madeira, papel e couro, principalmente se a umidade relativa do ar não estiver controlada. Além disso, a iluminação, artificial e natural, também é diretamente responsável pela temperatura interna (PAVLOGEORGATOS, 2003).

Corrêa (2003) comenta que a variação excessiva de temperatura e o posicionamento e uso inadequado das aberturas para ventilação, prejudicam não só o conforto dos usuários e a conservação das peças expostas, como também os materiais construtivos do prédio. Mendes (2013) estabelece medidas que precisam ser asseguradas para um bom controle da temperatura, tais como: utilizar materiais de isolamento térmico eficientes na edificação; usar caixilhos com vidros duplos; elaborar o projeto arquitetônico do prédio considerando o conforto térmico dos usuários. Para Silva e Henriques (2014), a variação máxima de temperatura deve ser de $\pm 10\%$ da média anual, sendo aceitável um limite máximo de 30°C, a fim de não causar danos aos materiais construtivos.

A ASHRAE (2015) estabelece, para os diferentes níveis de controle em ambientes com exposições, limites de temperatura do ar variando de 9°C a 28°C, nunca podendo exceder 30°C. Para o IIC, os valores de temperatura do ar devem estar entre 15°C e 25°C, não sendo permitida uma oscilação diária de mais de 4°C (VELIOS, 2014).

Segundo ASHRAE *Handbook Fundamentals* (ASHRAE, 2009), para o conforto dos usuários em ambientes ventilados naturalmente, o ideal é considerar a temperatura externa para estipular a temperatura ideal no interior dos ambientes. Para isso, é possível fazer o uso da Equação 1, utilizando os valores mensais de temperatura do ar externa:

$$t_{oc} = 18,9 + 0,255 t_{ex} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

t_{oc} é a Temperatura Operativa de Conforto;

t_{ex} é a Temperatura Externa.

A fim de alcançar 90% de aceitabilidade por parte dos usuários, é possível que a Temperatura Operativa de Conforto oscile mais 2,5°C e menos 2,2°C. Para uma aceitabilidade de 80%, a temperatura pode oscilar mais 3,5°C e menos 3,2°C em relação à Temperatura Operativa de Conforto. Assim, em ambientes climatizados naturalmente, não são considerados os parâmetros de umidade e velocidade do ar para definição do conforto térmico interno (ASHRAE, 2004; 2009).

O padrão Enerphit estabelece, para ambientes com novo uso residencial uma temperatura do ar de 25°C. Aceita-se que, valores maiores que 25°C, apenas em 10% da frequência de horas no ano (PASSIVHAUS INSTITUT, 2016). Entretanto, para novos usos não residenciais, é preciso usar os valores estipulados pela norma europeia EN 12831, que especifica a temperatura controlada de 20°C para ambientes de escritórios e 16°C para ambientes de exposições, como museus e galerias (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2009).

2.3.3 Iluminação

A luz natural consiste em uma parcela de luz visível e duas parcelas não visíveis, sendo a radiação ultravioleta, com comprimento de onda curto, e a radiação infravermelha, com grande comprimento de onda. A porção mais perigosa do espectro, em relação à deterioração, é a ultravioleta, porém, a infravermelha, por produzir calor, também causa danos aos materiais (HERITAGE COLLECTIONS COUNCIL, 2002).

A iluminação, tanto natural quanto artificial, pode ser responsável por: acelerar a deterioração de diversos materiais, por ser uma catalisadora para a oxidação; elevar o nível de fragilidade de materiais com fibra de celulose, como madeira e papel; corroer, significantemente, fibras naturais, por isso pode deteriorar exposições em museus de história natural, por exemplo; descolorir, desbotar e escurecer papéis e materiais de pintura em obras de arte (PAVLOGEORGATOS, 2003).

As questões de iluminação natural em museus começaram a ser discutidas na década de 1990, em relação às demandas de eficiência energética, com a preocupação com o meio ambiente. Dessa forma, foram pensadas maneiras de iluminar museus através da luz solar, utilizando-se, principalmente, dos dispositivos zenitais (RIBEIRO, LOMARDO, 2014).

Bencatel (2012) comenta que os danos que a luz, utilizada para possibilitar a visualização das exposições, pode causar em materiais expostos é algo muito difícil de evitar em museus. Para que exista um controle da quantidade, tipo e intensidade das radiações emitidas pela fonte luminosa, alguns espaços optam por não utilizar iluminação natural e sim a artificial, ou o contrário, dependendo da solução encontrada para minimizar o problema. Porém, ainda segundo Bencatel (2012), os materiais expostos sempre sofrerão com a deterioração.

A Norma Brasileira 8995 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), estabelece para museus o mínimo de 300 lux de iluminância mantida, a fim de estabelecer boas condições de exibição aos usuários, sem prejudicar os materiais expostos. Para Bencatel (2012), alguns materiais precisam estar expostos a, no máximo, 50 lux, por serem muito frágeis. Outros materiais podem expor-se a 250 lux, considerando um limite de 8 horas diárias, que seria o horário de funcionamento do espaço destinado às exposições.

Para atividades administrativas, o conforto visual dos usuários é essencial. É preciso que o mesmo consiga realizar suas tarefas sem esforço, para isso, a NBR 8995 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) prevê uma iluminância mantida mínima de 500 lux nesses ambientes.

Conhecendo os principais parâmetros ambientais que devem ser considerados em ambientes com diferentes usos (Tabela 1), um estudo das condições climáticas que influenciam diretamente o microclima interno também se mostra importante nesta etapa.

Tabela 1 – Valores estabelecidos por normas para parâmetros ambientais em diferentes usos.

Autor	Umidade Relativa	Temperatura	Iluminância
CONSIDERANDO A CONSERVAÇÃO DE MATERIAIS			
STERFLINGER (2010)	55%		
ASHRAE (2015)	25% a 75%	9°C a 28°C	
VELIOS (2014)	40% a 60%	15° a 25°C	
SILVA e HENRIQUES (2014)	Média anual \pm 15%	Média anual \pm 10%	
EUROPEAN STANDARD (2009)		16°C	
ABNT (2013)			Mínimo 300 lux
BENCATEL (2012)			50 lux a 250 lux
CONSIDERANDO O CONFORTO DO USUÁRIO			
ASHRAE (2001)	30% a 60%		
ASHRAE (2009)		$18,9 + 0,255 t_{ex}$	
PASSIVHAUS INSTITUTE (2016)	Não pode estar abaixo de 30%		
EUROPEAN STANDARD (2009)		20°C	
ABNT (2013)			Mínimo 500 lux

Fonte: A autora.

A fim de entender a influência que os parâmetros ambientais exercem sobre as edificações, principalmente as históricas, o próximo tópico abordará os aspectos

referentes a conservação das mesmas. Assim será possível compreender quais as manifestações patológicas ocorrem com maior frequência e como as condições climáticas do local, bem como o comportamento das edificações, contribuem para o surgimento das mesmas. Sendo assim, é importante analisar até que ponto a necessidade de alcançar um microclima ideal para as novas atividades pode acelerar o surgimento de danos às construções.

2.4 Aspectos de conservação de edificações históricas do século XIX

A conservação do patrimônio histórico construído não deve estar associada apenas ao valor de antiguidade da edificação, mas também à identidade de uma sociedade, tornando o processo de restauro bastante complexo. “A reinserção desses bens patrimoniais à dinâmica da sociedade solicita condições suficientes de qualidade” (GUERRA, 2012, p.16).

Além disso, é preciso considerar que toda a edificação possui um tempo de vida útil. Fato que não é diferente quando se trata de edificações com valor histórico. Dessa forma, a conservação deve garantir a utilização da construção, mantendo sua funcionalidade, sem que para isso seja permitido perder as características formais de uma época (PERES, 2001).

Lersch (2003) defende a ideia de que a vida útil de edificações históricas precisa ser tratada de uma maneira diferente das demais edificações. Para a autora, no momento em que a funcionalidade de uma edificação começa a decair, são necessários reparos e manutenções. No entanto, em prédios antigos, os intervalos entre reparos acabam surgindo com espaçamentos maiores. Dessa forma, são necessárias as restaurações, a fim de garantir o uso com segurança e estabilidade de sua estrutura, conforme descrito na figura 14.

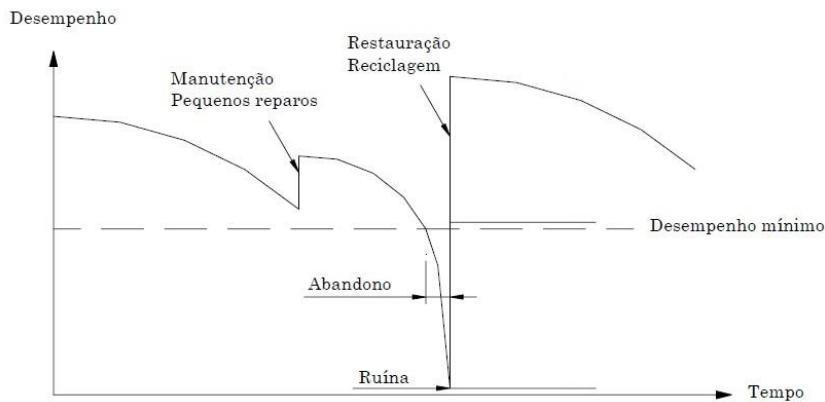


Figura 14 – Gráfico da vida útil de edificações históricas.

Fonte: Adaptado de LERSCH, 2003, p. 37.

Guerra (2012), afirma que precisam ser estudados os materiais e técnicas empregados nessas construções e os principais aspectos de deterioração dos prédios históricos, a fim de promover a conservação de edificações históricas. Estes tópicos serão tratados a seguir, como subsídio para compreensão dos fatores que influenciam a deterioração dos prédios em estudo.

2.4.1 Materiais e técnicas empregados no século XIX em Pelotas

Lersch (2003) considera a implantação da edificação, seus materiais e técnicas construtivas, fatores importantes na análise de questões ligadas a deterioração. Dessa forma, um estudo dos materiais e técnicas construtivas empregados nas edificações do século XIX torna-se relevante.

O Ecletismo surgiu na Europa, por volta de 1830, após a Revolução Francesa (PEDONE, 2005). O fato de o auge econômico da cidade de Pelotas ter ocorrido em meados do século XIX, além da grande influência cultural da cidade de Paris, trouxe claras influências à arquitetura do centro urbano. Dessa forma, muitos prédios deste período possuem o estilo eclético (PERES, 2001).

No ecletismo, as fachadas caracterizavam-se por marcações horizontais e verticais e presença de adornos que representavam formas orgânicas (Figura 15). O uso da platibanda também era uma característica importante, associada a formas vazadas, como balaústres e rendilhados. As esquadrias eram verticalizadas e bastante simplificadas, com vergas retas e caixilhos simples. Ainda referindo-se às

esquadrias, elas apresentavam bandeiras, sendo as molduras e arremates bem trabalhados (SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2008).



Figura 15 – Exemplos de edificações ecléticas na cidade de Pelotas: Paço Municipal (A) e Conservatório de Música (B).

Fonte: Adaptação de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2008, p.19.

Lersch (2003) afirma que os materiais utilizados na construção de prédios antigos são muito variados, e estão diretamente ligados à disponibilidade dos mesmos no entorno e época da obra. Ainda assim, é possível dizer que as construções desse período apresentavam, basicamente, fundações e paredes estruturais de tijolos de barro, com reboco e pintura com tintas à base de cal (SECRETARIA MUNICIPAL DE PELOTAS, 2008).

A pintura a base de cal era muito utilizada em razão da própria argamassa de reboco receber este material. Pelo fato de os materiais construtivos da época não possuírem tecnologias construtivas avançadas, esse tipo de pintura permitia as trocas de umidade entre os elementos da construção e o meio externo. Assim, não surgiam problemas relacionados à descolamento de reboco, pulverulências e descascamento da película de tinta (CASALINHO, 2013).

As fundações eram executadas, geralmente, com pedras de grandes dimensões. Tais elementos eram emparelhados com juntas de pequena espessura (BEINHAUER, 2013). As paredes externas, ditas autoportantes, eram confeccionadas com tijolos de barro cozido e argamassa, em uma técnica bastante simples. Nas paredes internas de vedação era muito utilizado o estuque, por ser uma estrutura leve, muitas vezes também utilizado em forros com adornos em gesso (BRAGA, 2003).

Os pisos, em sua maioria tábuas corridas, eram instalados sobre barrotes de madeira engastados na alvenaria. Grande parte dos prédios construídos neste período possuíam porão alto, com gateiras (Figura 16), que permitiam a ventilação da

estrutura do piso. O mármore também era muito utilizado, principalmente em escadarias (PERES, 2001; BRAGA, 2003; LERSCH, 2003).

As coberturas caracterizavam-se por estruturas de madeira, com telhas de barro. Nesse período eram construídas platibandas de alvenaria, que escondiam os condutores de escoamento das águas, como calhas e tubos de queda, geralmente em ferro. Também eram muito utilizadas as claraboias com vidros coloridos e estrutura de ferro, conforme figura 17 (LERSCH, 2003).

Apesar de técnicas construtivas bastante simplificadas, as edificações do século XIX recebiam diversos adornos e eram ricas em detalhes. Alguns materiais como, ladrilhos hidráulicos, balcões em madeira e ferro (Figura 18), paredes revestidas com escaiolas e as decorações de cerâmica em faianças portuguesas (Figura 19), apareciam como elementos decorativos nestes prédios (PERES, 2001; SCOLARI, GONÇALVES, 2013).



Figura 16 – Gateiras em prédio do século XIX, em Pelotas.

Fonte: Adaptação de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2008, p.27.



Figura 17 – Forro de estuque e claraboia com estrutura de ferro em edificação do século XIX, em Pelotas.

Fonte: Adaptação de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2008, p.27.



Figura 18 – Balcão com gradis de ferro, edificação do século XIX, Pelotas.

Fonte: Adaptação de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2008, p.27.



Figura 19 – Escultura em faiança de edificação do século XIX, em Pelotas.

Fonte: Adaptação de SCOLARI e GONÇALVES, 2013.

Conhecendo os principais materiais empregados na época e suas técnicas de construção, é possível realizar o estudo da influência dos mesmos no desempenho termo energético dessas construções, bem como das manifestações patológicas que ocorrem com maior frequência em edificações do século XIX.

2.4.2 Desempenho termo energético de edificações históricas do século XIX em Pelotas

O clima da cidade de Pelotas é subtropical úmido, caracterizando-se por temperaturas amenas no inverno e verões quentes. Apresenta, também, altos índices de umidade do ar. A média anual de temperatura na cidade é 17,8 °C, e a média anual da umidade relativa do ar é de 80,7% (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2016a).

A NBR 15.220-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005), define oito Zonas Bioclimáticas para todo o Brasil, consideradas homogêneas quanto ao clima, bem como suas estratégias de condicionamento térmico passivo e

diretrizes construtivas em usos residenciais. A cidade de Pelotas está inserida na Zona Bioclimática 2, sendo a Zona Bioclimática 1 a com características de maior frio do país.

Para Pelotas as diretrizes da NBR 15220-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005) determinam janelas médias e garantia da entrada do sol no período do inverno. Estipula, também, níveis mínimos de ventilação para ambientes, determinando janelas com áreas de abertura para ventilação de 15 a 25% da área do piso. O estudo de Guerra (2012) constatou que em ambientes mal ventilados houve crescimento intenso de fungos filamentosos, em edificações com o uso original residencial.

Além disso, outra parte da mesma norma 15220-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003) estabelece métodos de cálculo de propriedades dos materiais das construções. A Transmitância Térmica é uma dessas propriedades e indica a velocidade de condução do calor através dos materiais. Quando elementos construtivos são compostos pelos mesmos materiais, sua Transmitância varia de acordo com a espessura. Ou seja, em paredes de tijolo maciço com argamassa de cal, como é o caso de grande parte das edificações históricas da cidade, a Transmittância Térmica é menor quanto maior for a espessura das paredes.

Outra propriedade importante no momento de analisar o desempenho termo energético de edificações é a Capacidade Térmica de seus elementos, que é maior quanto maior for sua espessura, considerando os mesmos materiais. Sendo assim, quanto mais espessas as paredes de uma edificação, comum em prédios históricos, maior é sua capacidade térmica e, portanto, mais calor ela precisa armazenar para poder conduzí-lo ao interior (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003).

Diversos trabalhos são realizados levando em consideração as condições climáticas de Pelotas. Signorini (2015), trabalhou com condições de iluminação natural em prédios com o novo uso administrativo, em sua dissertação. A autora concluiu que, em muitos casos, a iluminação natural não contemplou isoladamente os 500 lux de iluminância mantida exigidos pela norma para o uso de atividades de escritórios. Dessa forma, era essencial o uso da iluminação artificial para atingir os níveis mínimos. Entretanto, pelo fato de os usuários sentirem desconforto em muitos momentos, devido à incidência direta de iluminação natural, o uso de iluminação

artificial era maior que o necessário, ocasionando um consumo energético também mais alto.

Ritter (2014), em sua dissertação, realizou levantamentos da temperatura e iluminação natural em prédios históricos de uso escolar, para as condições de Pelotas. De encontro às conclusões do trabalho anterior, Ritter (2014) também concluiu que devido à métodos de proteção contra luz natural direta no interior dos ambientes, se fez necessário o uso de iluminação artificial em horários em que este poderia ser minimizado. Isso mostrou a influência direta das orientações solares no consumo de energia, por meio de iluminação artificial. Além do conforto lumínico, o trabalho tratou do conforto térmico destes espaços. A autora concluiu que, de maneira passiva, nenhuma das salas de aula analisadas apresentaram-se dentro dos limites, especificados pela bibliografia, como sendo o ideal para o conforto dos usuários.

Grande parte dos prédios construídos no século XIX, na cidade de Pelotas, devido às suas características construtivas, apresentam alta capacidade térmica. Ou seja, as alterações de temperatura no ambiente externo são transmitidas para o interior dos prédios com grande atraso. Em uma época sem métodos desenvolvidos de aquecimento e resfriamento artificiais, esse sistema era vantajoso. Entretanto, é preciso conhecer as características de conforto ambiental desse sistema para os dias atuais e para novos usos (KNOP, 2012).

Além disso, as grandes dimensões de aberturas possibilitavam a maior incidência de iluminação natural no interior dos espaços, imprescindível para a época. Essas aberturas podem ser classificadas como fechamentos transparentes de uma edificação, que são também propriedades especificadas pela NBR 15220-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005). Entretanto, atualmente, esses grandes vãos podem não condizer com as necessidades do novo uso, causando ofuscamento em algumas atividades, por exemplo.

Corrêa (2003) afirma que a maneira mais usual de se controlar as variações de temperatura e umidade, em espaços expositivos, é através de sistemas condicionadores de ar. No entanto, além de gerar gastos consideráveis de instalação e manutenção, também são responsáveis por maiores gastos energéticos. Aliado a isto, está o fato de grande parte dos museus brasileiros situar-se em edificações tombadas, onde os aspectos de adaptação dos equipamentos ao prédio exigem análises mais criteriosas.

O mesmo pode-se dizer de prédios históricos com novos usos administrativos, que possuem mais fontes internas de geração de calor e umidade, porém a mesma dificuldade de instalação de equipamentos de condicionamento de ar. Isso torna mais difícil alcançar condições de conforto ambiental em seu interior, visto que, de forma passiva, a edificação não foi pensada para esse uso.

Sendo assim, a fim de se projetar ambientes confortáveis e com baixo impacto ambiental, em espaços previamente construídos, o conhecimento das condições climáticas do entorno e do microclima interno das edificações é essencial. Dessa forma, é possível transformar esses resultados em medidas arquitetônicas passivas, a fim de transformar o ambiente favorável para o novo uso sem prejudicar o meio ambiente (RIBEIRO, 2010).

Contudo, é importante entender que as características construtivas e as necessidades de conforto ambiental de uma época podem não ser as mesmas para os dias atuais. Dessa forma, o modo de operação dos espaços passa a ser alterado, modificando o comportamento microclimático interno dessas construções, em decorrência de um novo uso. Isso pode proporcionar o surgimento de manifestações patológicas, pouco tempo após a reciclagem destes prédios. Para garantir, portanto, a conservação de prédios históricos com novos usos, é importante compreender estas alterações e quais manifestações patológicas podem ocorrer com maior facilidade.

2.4.3 Manifestações patológicas por umidade em prédios históricos

Pode-se dizer que o processo de deterioração de uma construção histórica é esperado, devido à ação do tempo, através do processo de envelhecimento. Porém, o nível de manutenção, o clima e a qualidade da construção e de seus materiais, influenciam o processo (BALARAS, 2004). A fim de entender melhor os mecanismos de deterioração de edificações históricas é preciso, primeiramente, compreender as conceitos que serão abordados neste tópico.

Patologia das Construções é o ramo da engenharia que estuda sintomas, mecanismos, causas e efeitos das anomalias existentes na construção. Dessa forma, aborda as questões que compõem o diagnóstico destes problemas (HELENE, 1992).

Manifestações patológicas são a exteriorização dos problemas, ou seja, os sintomas que são perceptíveis devido à ocorrência de alguma queda de desempenho da construção (LICHENSTEIN, 1986).

As **origens** das manifestações patológicas também são parte importante no diagnóstico dos problemas. Podem ser conceituadas como as fases de predisposição. As principais são: fase de projeto, fase de execução, fase de uso (PERES, 2001; BRAGA, 2010).

Os agentes desencadeadores das manifestações patológicas, são também as **causas** desses problemas (BRAGA, 2010). Para Lichtenstein (1986) os agentes podem ser físicos e biológicos, ocorrendo, muitas vezes, a ação de mais de um agente desencadeador das manifestações.

Diversos autores, como Peres (2001), Lersch (2003), Braga (2003) e Lourenço et al. (2006) consideram a presença da água a causa mais frequente de manifestações patológicas em edificações. Além disso, sua presença pode estar diretamente ligada aos parâmetros ambientais de temperatura, umidade relativa do ar e iluminação. Sendo assim, neste trabalho, serão estudadas as manifestações patológicas com causa por umidade, sendo as principais: umidade por infiltração, umidade por capilaridade, umidade por condensação e umidade accidental.

Segundo Peres (2001), em sua dissertação sobre levantamento de manifestações patológicas em prédios de valor histórico, os problemas por umidade mais frequentes nessas edificações, são: eflorescência, bolor, ou fungos filamentosos, e descolamento com empolamento. Existe ainda a relação dos parâmetros ambientais de umidade relativa do ar, temperatura e iluminação com o surgimento de fungos filamentosos (GUERRA, 2012; GUERRA et al, 2016).

A **eflorescência** (Figura 20) é causada por todos os tipos de presença de umidade, aliada à presença de sais solúveis, como sulfato de sódio, magnésio e potássio, que cristalizam-se ao chegar à superfície. Esses sais podem estar presentes na própria água, nos materiais ou até mesmo no solo. A eflorescência se caracteriza por manchas de umidade com efeito esbranquiçado (TERRA, 2001).



Figura 20 – Eflorescência com causa de umidade por capilaridade.

Fonte: A autora.

A umidade pode facilitar o surgimento de manifestações patológicas da construção por outros agentes, como promover ambientes próprios para existência de micro e macro organismos, conforme Lersch (2003), que realizou sua dissertação de mestrado voltada para identificação dos principais fatores e mecanismos de deterioração de prédios históricos. Dentre esses agentes, pode-se citar os fungos, as vegetações parasitárias e os cupins, os quais são responsáveis pela **biodeterioração** (Figura 21).



Figura 21 – Biodeterioração por umidade associada à (A) (B) bolor e (C) vegetação parasitária.

Fonte: A autora.

Os **fungos filamentosos** podem ser definidos por manifestarem-se em materiais construtivos (STERFLINGER, 2010). Este tipo de micro-organismos desenvolve-se em maior quantidade quando os ambientes apresentam taxas de umidade relativa do ar acima de 80%, conforme concluiu Guerra (2012), em estudo em prédios históricos na cidade de Pelotas. Ele caracteriza-se por manchas escurecidas e muitas vezes esverdeadas (PERES, 2001). Ambientes com pouca ventilação proporcionam o acúmulo de sujidades nos materiais construtivos, aliado a um microclima caracterizado por oscilações de temperatura e umidade relativa do ar, tornam-se ideais para o surgimento de fungos (STERFLINGER, 2010)

O **descolamento com empolamento** (Figura 22) é caracterizado pela formação de bolhas de ar nos revestimentos, que descolam-se dos substratos de maneira gradual com o tempo. Está geralmente associado à umidade por infiltração ou por capilaridade (PERES, 2001; TERRA, 2001).



Figura 22 – Descolamento com empolamento, com causa de umidade por capilaridade.

Fonte: A autora.

Para Lourenço et al. (2006), que realizou um estudo de deterioração em prédios históricos de Portugal, a combinação dos efeitos ambientais e a falta de manutenção são responsáveis pelos danos em prédios históricos. Para o autor a maioria dos problemas está ligado à presença de umidade, que se relaciona com as condições inadequadas de exposição ao sol e ventilação.

3. Metodologia de pesquisa

A metodologia do trabalho foi dividida em etapas, delimitadas conforme Figura 23, e detalhada nos próximos tópicos.

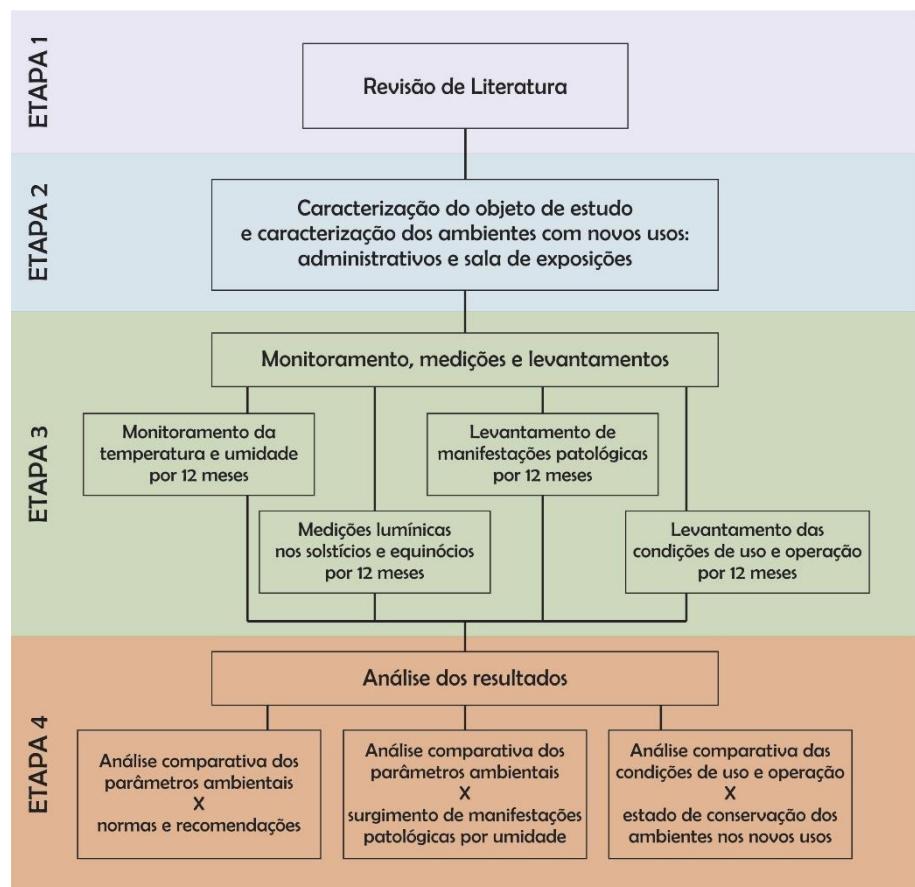


Figura 23 – Delineamento da metodologia.

Fonte: A autora.

3.1 Caracterização do objeto de estudo

O objeto de estudo deste trabalho abrange três prédios, datados do século XIX, que foram construídos como residência e hoje abrigam espaços administrativos e expositivos. As edificações encontram-se na Praça Coronel Pedro Osório (Figura 24), inserida na área conhecida como Centro Histórico da cidade de Pelotas. O entorno

caracteriza a Zona de Preservação do Patrimônio Cultural 2, relacionada ao Sítio do 2º Loteamento de Pelotas (SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2008).

A escolha dos três Casarões do século XIX se deve pelo fato de serem edificações históricas com novos usos e pelo fato de terem sido tombadas em conjunto. Além disso, a análise dos resultados em três edificações com sistemas construtivos, localização e usos similares torna-se mais eficiente.



Figura 24 – Prédios em estudo em foto antiga, sem data.

Fonte: Acervo de Nelson Nobre, UCPel, 2011 *apud* SCOLARI e GONÇALVES, 2013, p.95.

O conjunto das três edificações ecléticas foi tombado em 15 de dezembro de 1977, pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. A implantação das edificações está apresentada na figura 25.



Figura 25 – Localização das edificações em estudo.

Fonte: Adaptado de Google Earth, 2016.

3.1.1 Casarão 2

A mais antiga entre as três edificações analisadas é o Casarão 2. O prédio foi construído em 1830, como residência de um importante charqueador da região. Em 1880, a edificação passou por uma reforma, quando sua fachada em estilo colonial foi transformada para o estilo eclético, como mostra a figura 26 (SCOLARI e GONÇALVES, 2013).



Figura 26 – Casarão 2.

Fonte: A autora.

No ano de 2004 o prédio foi totalmente restaurado, recebendo dois novos usos, o Centro Cultural Adail Bento Costa, no pavimento térreo, e a Secretaria Municipal de Cultura, no segundo pavimento (KNOP, 2012).

O prédio situa-se na esquina da Rua Lobo da Costa e Praça Coronel Pedro Osório. Sua implantação com pátio interno, permite que a edificação tenha aberturas para todas as orientações solares. A fachada principal (Figura 27) possui orientação oeste e a fachada secundária (Figura 28), que é a mais extensa do prédio, orientação sul.



Figura 27 – Fachada principal do Casarão 2, frente oeste.

Fonte: GUERRA, 2012, p. 107.

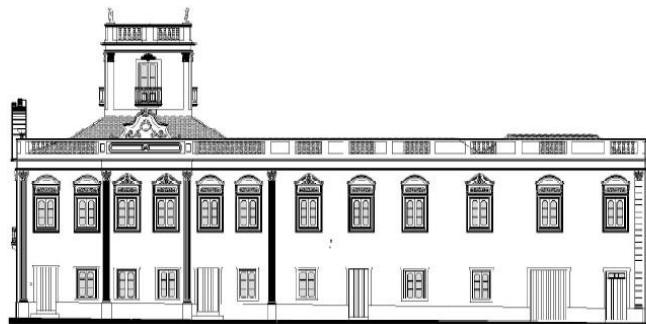


Figura 28 – Fachada secundária do Casarão 2, frente sul.

Fonte: GUERRA, 2012, p. 108.

A edificação conta com três pavimentos, sendo o último um mirante. A mesma foi construída com alvenaria portante e reboco à base de cal, por isso suas paredes são bastante espessas. No pavimento térreo, algumas paredes externas têm 90 centímetros de espessura, o que configura fechamentos com Transmitância Térmica de, aproximadamente, $1,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ e Capacidade Térmica de $1.410 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Já no segundo pavimento, as paredes externas apresentam em torno de 65 centímetros de espessura, responsáveis pela Transmitância Térmica de $1,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ e Capacidade Térmica de $1.175 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003).

O pavimento térreo encontra-se elevado a 34 centímetros do nível da calçada, diferentemente das demais casas do conjunto, onde esta diferença é maior pelo uso de porões altos (SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2002a).

Suas fachadas apresentam grande número de janelas. Estas, confeccionadas com madeira e vidro, possuem postigos internos, que permitem que a luz solar seja completamente barrada. As portas também são de madeira, algumas possuindo áreas de vidro.

O pavimento térreo (Figura 29) é utilizado como espaço cultural, sendo assim, o ambiente 12 foi o escolhido para a realização dos levantamentos deste uso. Este ambiente, que é destinado a exposições temporárias, possui piso de madeira com moldura de ladrilhos hidráulicos. O forro, também de madeira, possui encaixe tipo ‘saia e camisa’. Suas paredes são revestidas com pintura.

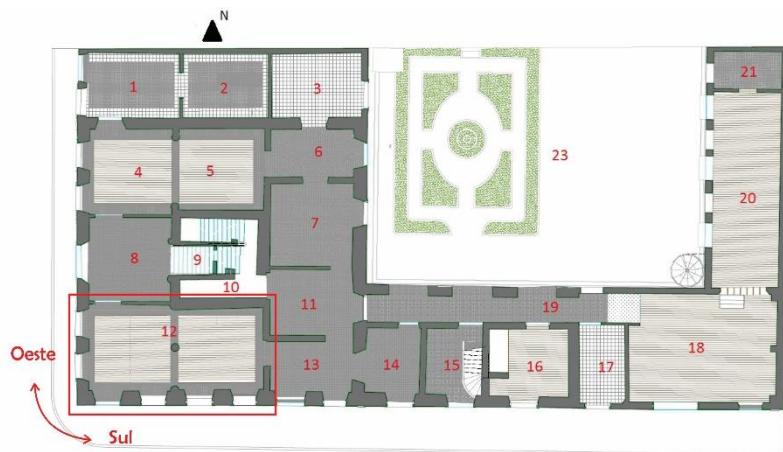


Figura 29 – Pavimento térreo do Casarão 2.

Fonte: Adaptado de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2002a.

O ambiente conta com quatro janelas voltadas para a orientação sul e duas para o oeste. Existe também uma porta voltada para a orientação sul que encontra-se constantemente fechada e não possui área de vidro.

O segundo pavimento (Figura 30) abriga hoje a Secretaria Municipal de Cultura. Os ambientes são utilizados para uso administrativo, com salas de escritórios em sua maioria. O ambiente 2 foi o escolhido para o estudo de uso administrativo.



Figura 30 – Segundo pavimento do Casarão 2.

Fonte: Adaptado de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2002a.

Este ambiente apresenta piso e forro de madeira. As paredes possuem pintura como acabamento. A parede interna, que faz divisa com o ambiente 1, confeccionada com a técnica de estuque, e não apresenta portas que realizem a separação total com o outro ambiente.

A face oeste da sala possui três porta-janelas com acesso à balcões e a face sul possui duas janelas. Existem mobiliários para uso de escritório, com estações de trabalho e arquivos, além de equipamentos como computadores e impressoras.

Como nos outros Casarões em estudo o uso administrativo situa-se apenas no segundo pavimento, resolveu-se adotar este critério para todas as edificações: espaços expositivos no térreo e espaços administrativos no segundo pavimento. Sempre respeitando os demais critérios antes estipulados, de mesma orientação solar e área de vidros aproximada.

3.1.2 Casarão 6

A casa 6 (Figura 31) foi construída no ano de 1879, como residência de Leopoldo Maciel, Barão de São Luís. Também com fachada em estilo eclético, o prédio teve seu processo de restauro iniciado no ano de 2002. No entanto, a inauguração só ocorreu no ano de 2010, quando foi entregue à população como Museu da Cidade (GUERRA, 2012).



Figura 31 – Casarão 6.

Fonte: A autora.

O prédio situa-se no meio da quadra, entre os Casarões 2, ao sul, e o Casarão 8, ao norte. Seu acesso principal é recuado por um pátio frontal, sendo as duas laterais no alinhamento predial. Seu terreno atravessa toda a quadra, gerando um acesso secundário na Rua Gonçalves Chaves. Para este trabalho, considerou-se apenas o corpo principal, visto que para uso dos critérios de escolha dos ambientes de estudo, este seria o suficiente.

O prédio conta com dois pavimentos. O térreo encontra-se alinhado às divisas laterais, fato que contribui para a formação de ambientes sem aberturas para o meio externo. Já o segundo pavimento possui recuos laterais e frontal. A figura 32 mostra a fachada principal do Casarão 6, com um volume central de dois pavimentos e dois volumes laterais com apenas um pavimento.

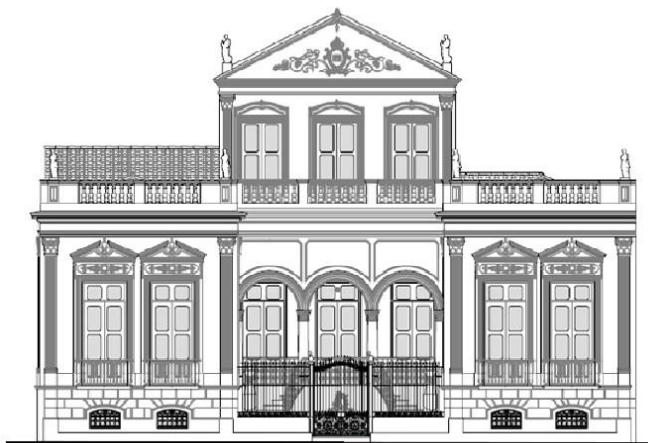


Figura 32 – Fachada principal do Casarão 6, frente oeste.

Fonte: GUERRA, 2012, p. 114.

A edificação foi construída com alvenaria portante, apresentando espessuras inferiores às do Casarão 2, visto que sua construção é mais recente, e portanto Capacidade Térmica inferior e Transmitância Térmica Superior. As paredes externas apresentam no máximo 55 centímetros de espessura no pavimento térreo, com Transmitância Térmica de 1,50 W/(m².K) e Capacidade Térmica de 960 kJ/(m².K). Já no segundo pavimento são ainda menos espessas, com aproximadamente 35 centímetros de espessura, o que resulta em Transmitância Térmica de 2,0 W/(m².K) e Capacidade Térmica de 625 kJ/(m².K) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003). Ambos pavimentos possuem algumas paredes divisórias confeccionadas em estuque (SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2002b).

Todo o corpo principal possui porão alto com ventilação por gateiras. A cobertura é de telhas de cerâmica, no estilo 'capa e canal', com estrutura de madeira. As janelas deste prédio possuem caixilhos de madeira com áreas de vidro, apresentando grandes dimensões. Quando estes dispositivos são voltados para o exterior, apresentam postigos de madeira.

O pavimento térreo (Figura 33) possui uma grande área construída. Para o uso de exposições escolheu-se o ambiente 2, que possui piso em assoalho de madeira e forro em estuque ornamentado. As paredes possuem revestimento de pintura, com elemento de madeira no espaço do peitoril das janelas. Na face com orientação sul existem duas janelas e, para a orientação oeste, uma porta-janela com acesso a balcão.

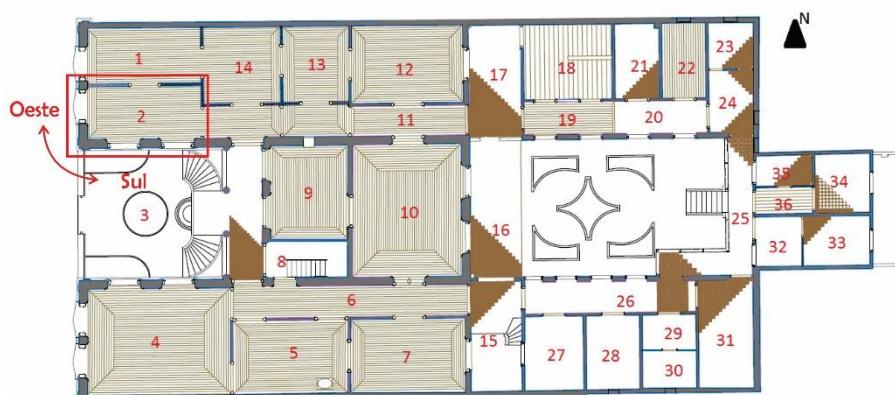


Figura 33 – Pavimento térreo do Casarão 6.

Fonte: Adaptado de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2002b.

O segundo pavimento (Figura 34), apresenta uma área construída menor. Os ambientes 2 e 3 deste pavimento encontram-se alinhados aos ambientes 9 e 8 do pavimento térreo, ou seja, ambos possuem a fachada recuada pelo pátio frontal.

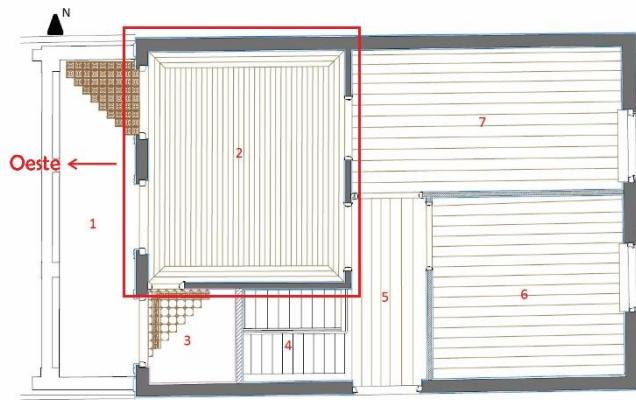


Figura 34 – Segundo pavimento do Casarão 6.

Fonte: Adaptado de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2002b

Para o uso administrativo escolheu-se o ambiente 2. Este ambiente possui duas porta-janelas com acesso a um terraço externo na orientação oeste. O piso e o forro foram confeccionados em madeira e as paredes receberam pintura.

No período de levantamentos, o Casarão 6 não estava sendo utilizado. No entanto, para a escolha dos ambientes de estudo, levou-se em consideração sua utilização anterior, quando os espaços museológicos eram distribuídos no térreo e o administrativo no segundo pavimento. Na figura 35 é possível ver o térreo sendo utilizado por uma exposição temporária, antes dos levantamentos iniciarem.



Figura 35 – Exposição no ambiente de museu do Casarão 6.

Fonte: THOLL ESCOLA, 2012.

3.1.3 Casarão 8

Datada de 1878 e construída para ser residência do Barão de Cacequi, a edificação foi adquirida pela Universidade Federal de Pelotas em 2007, e permaneceu fechada até 2011, quando obras de restauro foram iniciadas (GUERRA, 2012). O prédio, que atualmente abriga o Museu do Doce, possui fachada em estilo eclético, como as demais do conjunto (Figura 36).



Figura 36 – Casarão 8.

Fonte: A autora.

A Casa 8, situada em uma esquina, possui a fachada principal voltada para a Praça Coronel Pedro Osório, frente oeste, e a fachada secundária para a Rua Barão de Butuí, frente norte. Apesar de encontrar-se em grande parte no alinhamento predial, seu acesso principal e secundário são recuados por pátios. Também possui um pátio nos fundos do terreno, que faz divisa com o Casarão 6.

Grande parte da edificação possui um pavimento e porão alto. Apenas o volume alinhado à divisa do terreno com a Casa 6 possui dois pavimentos. O porão possui gateiras para ventilação, assim como no Casarão vizinho. As figuras 37 e 38 ilustram as fachadas do prédio.

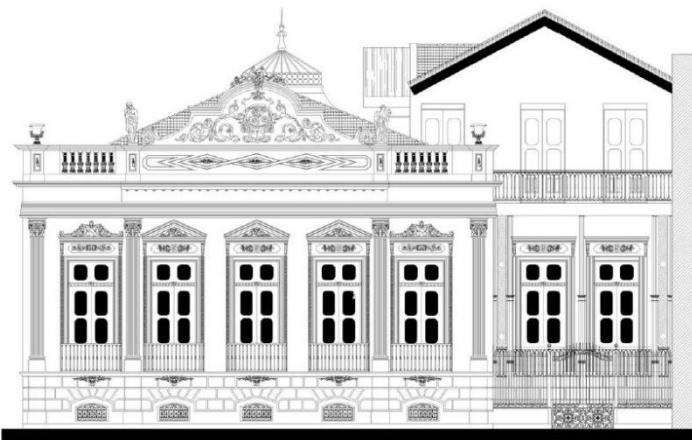


Figura 37 – Fachada principal do Casarão 8, frente oeste.

Fonte: GUERRA, 2012, p. 119.



Figura 38 – Fachada secundária do Casarão 8, frente norte.

Fonte: GUERRA, 2012, p. 119.

A cobertura do Casarão 8 possui telhas no estilo ‘capa e canal’ e estrutura de madeira. Suas esquadrias foram confeccionadas em madeira e vidro, sendo que as voltadas para o exterior possuem postigos de madeira, como sistema de proteção da luz externa.

Assim como nos outros prédios levantados, o Casarão 8 possui paredes portantes de alvenaria de tijolos rebocada. A espessura das paredes externas encontra-se entre as grandes dimensões do Casarão 2 e as menores espessuras do Casarão 6, resultando então em valores intermediários de Transmitância e Capacidade Térmica dos fechamentos. No pavimento térreo as espessuras das paredes são de aproximadamente 63 centímetros, com Transmitância Térmica de 1,35 W/(m².K) e Capacidade Térmica de 1.170 kJ/(m².K), enquanto no segundo pavimento as paredes apresentam espessura em torno de 45 centímetros e, portanto, Transmitância Térmica de 1,75 W/(m².K) e Capacidade Térmica de 770 kJ/(m².K).

(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003). Algumas paredes internas foram confeccionadas em estuque e outras, inseridas após o restauro, em gesso acartonado (NEUTZLING, 2010).

No pavimento térreo (Figura 39), foi escolhido o ambiente 2. Ele é destinado a exposições temporárias, sem estruturas fixas no espaço. As paredes possuem acabamento em tinta à base de cal. O piso foi confeccionado em madeira e o forro em estuque. As porta-janelas do ambiente são voltadas para o oeste e dão acesso a balcões. Na orientação sul existem duas janelas.

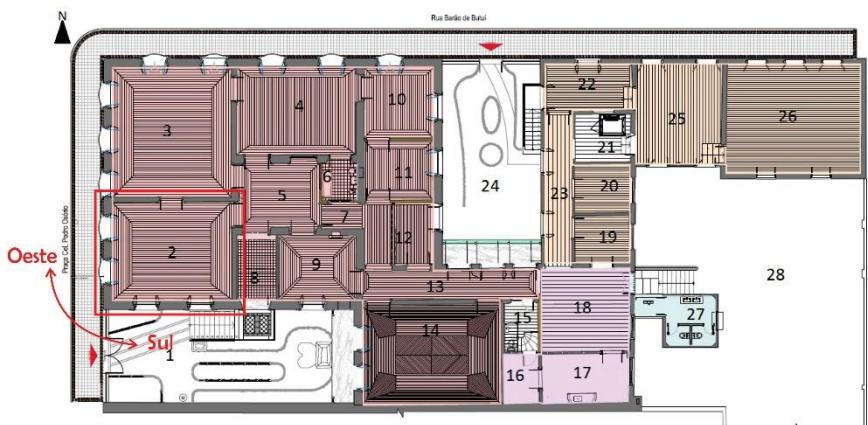


Figura 39 – Pavimento térreo do Casarão 8.

Fonte: Adaptado de NEUTZLING, 2010.

Os ambientes 1 e 2, do segundo pavimento (Figura 40), encontram-se alinhados com o ambiente 14 do pavimento térreo. Escolheu-se o ambiente 2 para análise do uso administrativo. Ele possui duas porta-janelas para a orientação oeste, que dão acesso a um terraço. O piso e o forro são de madeira, e as paredes pintadas com tinta à base de cal. Este ambiente é utilizado como escritório, com estações de trabalho.

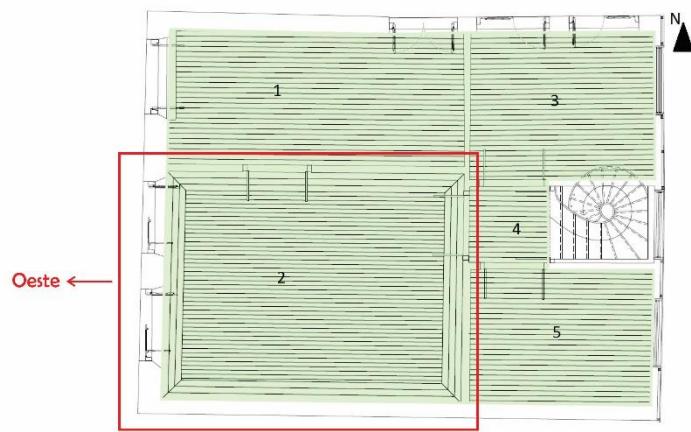


Figura 40 – Segundo pavimento do Casarão 8.

Fonte: Adaptado de NEUTZLING, 2010.

A figura 41 apresenta o resumo da caracterização do objeto de estudo, agrupando as principais informações de cada ambiente.

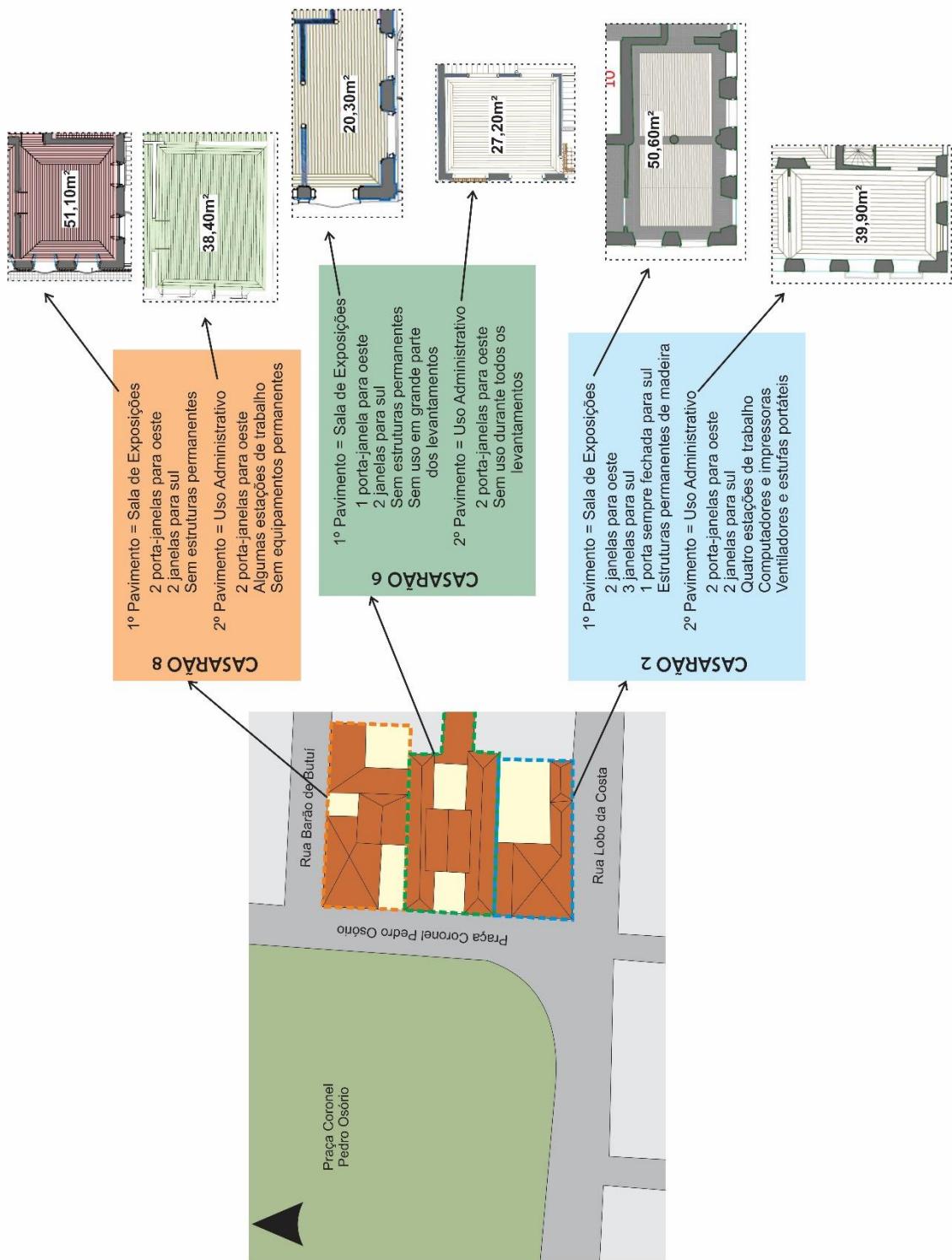


Figura 41 – Infográfico da caracterização do objeto de estudo.

Fonte: A autora.

3.2 Monitoramento do microclima

Para realização do monitoramento do microclima nos ambientes em estudo, foram usados sensores de temperatura e umidade relativa do ar, do modelo HOBO H8 RH/Temp Data Logger (Figura 42), disponibilizados pelo Laboratório de Conforto e Eficiência Energética da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFPel.



Figura 42 – Sensor HOBO H8 utilizado no monitoramento.

Fonte: A autora.

Antes de serem instalados, realizou-se a aferição de oito HOBOS, onde os aparelhos foram programados, através do software BoxCar Pro 4, para iniciarem o monitoramento no dia 23 de novembro de 2015, às 13 horas. O dia e horário escolhido para o início da aferição foram aleatórios. Entretanto, a configuração para coleta dos dados de uma em uma hora foi escolhida por ser o intervalo a ser utilizado no monitoramento.

Após esta etapa, os HOBOS foram acondicionados em uma caixa térmica (Figura 43), sendo esta colocada dentro de um isopor maior (Figura 44). Após 72 horas os sensores foram retirados do isopor e caixa térmica e seus dados foram descarregados, com uso do mesmo software. Com isso foi verificada a acuracidade

dos dados em relação à especificada pelo fabricante do equipamento, $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$ para temperatura e $\pm 5\%$ para umidade relativa do ar.



Figura 43 – HOBOS condicionados em caixa térmica para aferição.

Fonte: A autora.



Figura 44 – HOBOS em caixa térmica e isopor para aferição.

Fonte: A autora.

Passada a fase de aferição dos sensores, foi preciso desprezar o sensor número 7 (Figuras 45 e 46), por apresentar dados fora dos limites especificados pelo fabricante, quando comparado com os outros sensores.

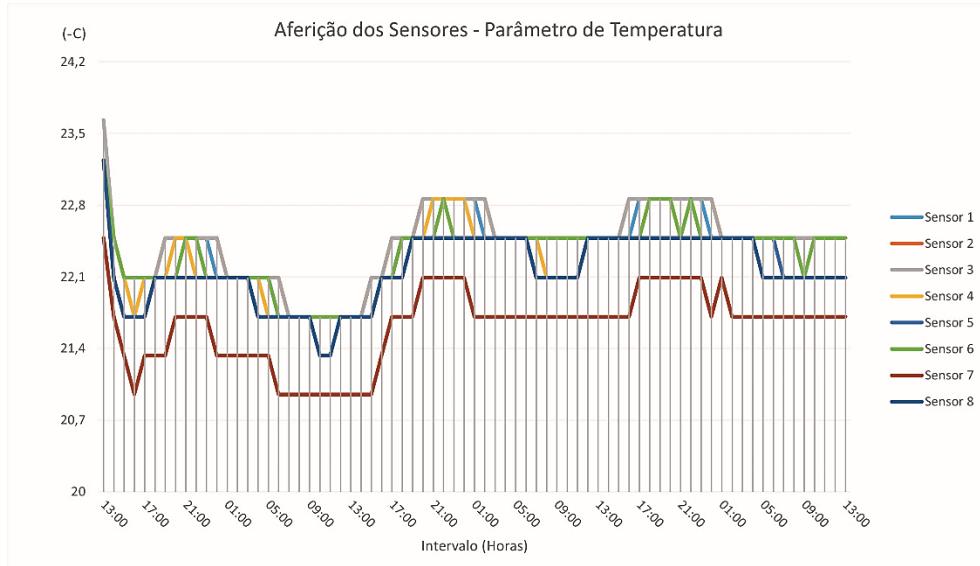


Figura 45 – Resultado da aferição dos HOBOS para o parâmetro de temperatura.

Fonte: A autora.

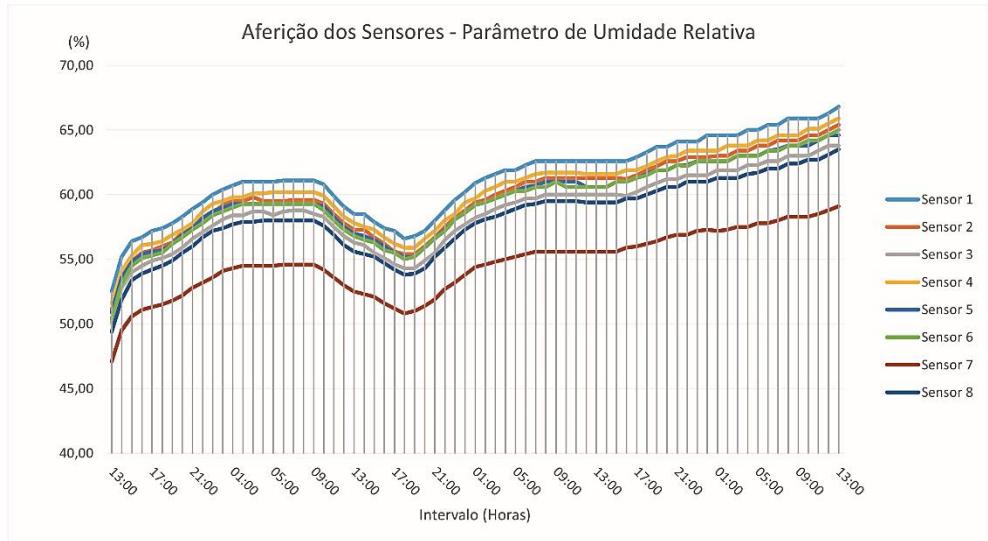


Figura 46 – Resultado da aferição dos HOBOS para o parâmetro de umidade relativa.

Fonte: A autora.

Dessa forma, sete HOBOS foram reprogramados para iniciar o monitoramento no dia 11 de dezembro de 2015, às 13 horas, a fim de conseguir realizar o monitoramento em doze meses. Para garantir a visualização dos valores mensais de temperatura e umidade relativa com maior precisão, configurou-se os sensores para registrar os dados a cada uma hora.

O período de 12 meses de monitoramento foi selecionado por ser considerado um tempo regular para análise de microclima, caracterizando as quatro estações do ano. Além disso, devido ao prazo de término do programa de mestrado.

Após serem programados, um sensor foi instalado em cada um dos ambientes escolhidos. Um sensor também foi instalado no exterior do Casarão 6 a fim de monitorar o microclima do entorno das edificações. Este ponto foi escolhido por situar-se meio da quadra, entre os dois outros Casarões, e pelo fato de apenas um sensor ser suficiente para realização deste monitoramento. Totalizando, desta forma, sete sensores instalados (Figuras 47, 48, 49, 50, 51 e 52).

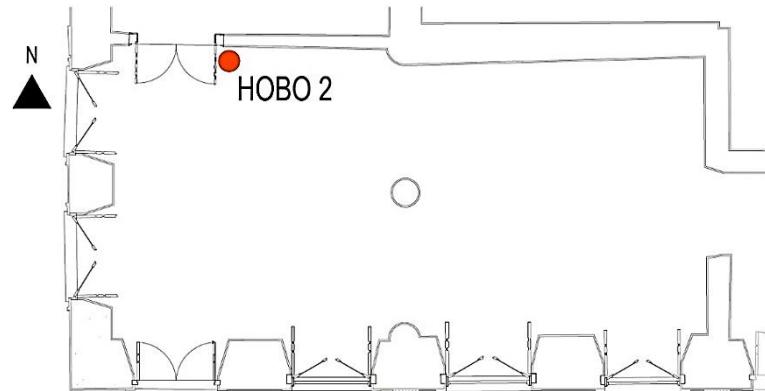


Figura 47 – Localização do HOBO no ambiente de sala de exposições do Casarão 2.

Fonte: Adaptado de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2002a.

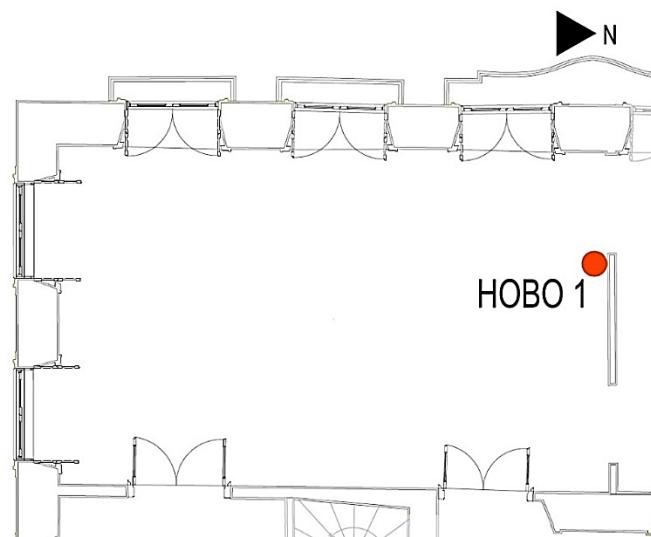


Figura 48 – Localização do HOBO no ambiente administrativo do Casarão 2.

Fonte: Adaptado de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2002a.

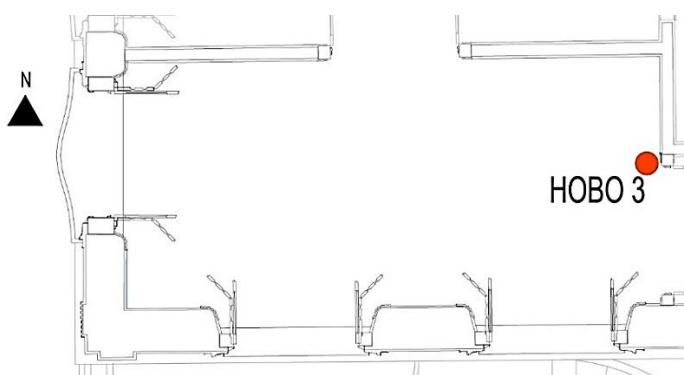


Figura 49 – Localização do HOBO no ambiente de sala de exposições do Casarão 6.

Fonte: Adaptado de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2002b.

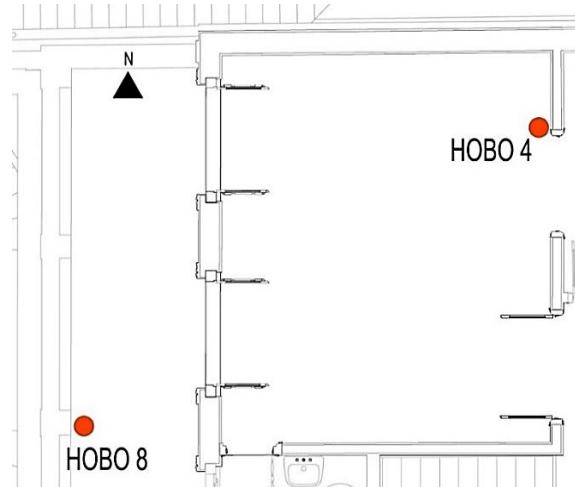


Figura 50 – Localização do HOBO no ambiente administrativo do Casarão 6.

Fonte: Adaptado de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2002b.

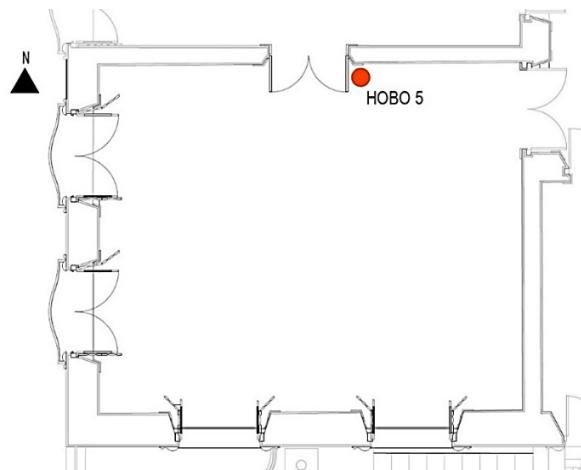


Figura 51 – Localização do HOBO no ambiente de sala de exposições do Casarão 8.

Fonte: Adaptado de NEUTZLING, 2010.

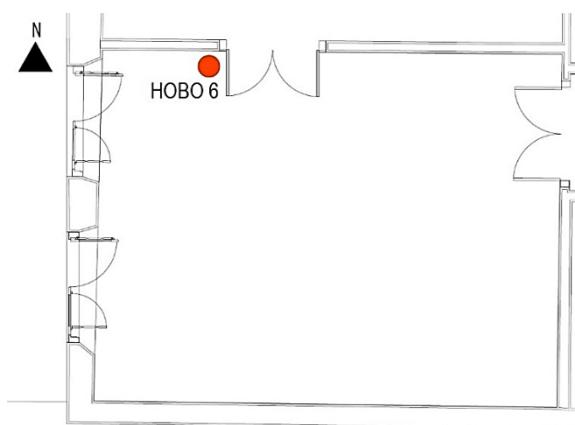


Figura 52 – Localização do HOBO no ambiente administrativo do Casarão 8.

Fonte: Adaptado de NEUTZLING, 2010.

Os aparelhos encontravam-se na mesma posição nos dois ambientes de cada edificação. A altura de instalação dos sensores foi estabelecida de acordo com a metodologia de Guerra et al. (2016), ficando os mesmos a dois metros do piso. A forma de instalação, de acordo com a mesma metodologia, levou em consideração a facilidade de retirada dos aparelhos para descarregamento mensal e a necessidade de não prejudicar a pintura do prédio histórico. Dessa forma, um cordão foi aplicado na guarnição das portas, com cola quente, tendo um gancho na outra extremidade, onde ficou fixado o HOBO, conforme figura 53. Para monitoramento do microclima externo o sensor foi instalado com um suporte de madeira no terraço do Casarão 6, garantindo a proteção contra intempéries, visível na figura 54.

O procedimento de retirada dos sensores e coleta dos dados monitorados foi repetido mensalmente. Os HOBOS foram numerados, de forma que permanecessem no mesmo ambiente ao longo dos 12 meses.



Figura 53 – Detalhe de fixação interna dos sensores.

Fonte: A autora.



Figura 54 – Fixação em suporte de madeira do sensor externo.

Fonte: A autora.

Os resultados foram computados na forma de gráficos por mês de monitoramento (Apêndice A). Contudo, este modelo de gráfico mostrou-se muito amplo não permitindo a caracterização e comparação entre comportamentos de

diferentes ambientes com o mesmo uso. Decidiu-se então, realizar análises para dias característicos no ano, sendo estes, dias com maior e menor temperatura média. Além disso, para associar os resultados do monitoramento com as condições de uso e operação, realizou-se a análise para dias de final de semana com as mesmas características. Dessa forma, foi possível comparar o comportamento microclimático dos ambientes em uso e dos mesmos quando fechados.

Para esta análise, foram utilizados os dados climáticos coletados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, que disponibiliza os dados meteorológicos por resumos mensais. Sendo assim, foram realizadas as análises para os seguintes dias característicos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2016b):

- Dia de semana com maior temperatura média: 26,9°C no dia 25 de janeiro de 2016;
- Dia de semana com menor temperatura média: 7,3°C no dia 20 de julho de 2016;
- Final de semana com maior temperatura média: 29,1°C no dia 16 de abril de 2016;
- Final de semana com menor temperatura média: 7,1°C no dia 17 de julho de 2016;

3.3 Medições lumínicas

A realização das medições das variáveis físicas ambientais de conforto lumínico foram realizadas de acordo com as especificações da NBR 15215-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006). Luxímetros Instruetherm LD-209 (Figura 55), disponibilizados pelo Laboratório de Iluminação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFPel, foram utilizados para medir os níveis de iluminância dos ambientes.



Figura 55 – Modelo de luxímetro utilizado nas medições lumínicas.

Fonte: A autora.

Para realização das medições foi necessária a marcação de pontos fixos nos ambientes, onde os luxímetros foram posicionados a cada coleta de dados. Sendo assim, primeiramente foram calculados quantos pontos de coleta de dados seriam necessários em cada ambiente, de acordo com a Equação 2, expressa na mesma norma:

$$K = \frac{C \cdot L}{H_m \cdot (C + L)} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

K é o número de pontos para medição;

L é a largura do ambiente, em metros;

C é o comprimento do ambiente, em metros;

Hm é a distância vertical entre a superfície de trabalho e o topo da janela, em metros.

Após aplicar a equação em cada ambiente, obteve-se as seguintes configurações de pontos de coleta:

- O ambiente administrativo do Casarão 2 foi dividido em 16 pontos (Figura 56);

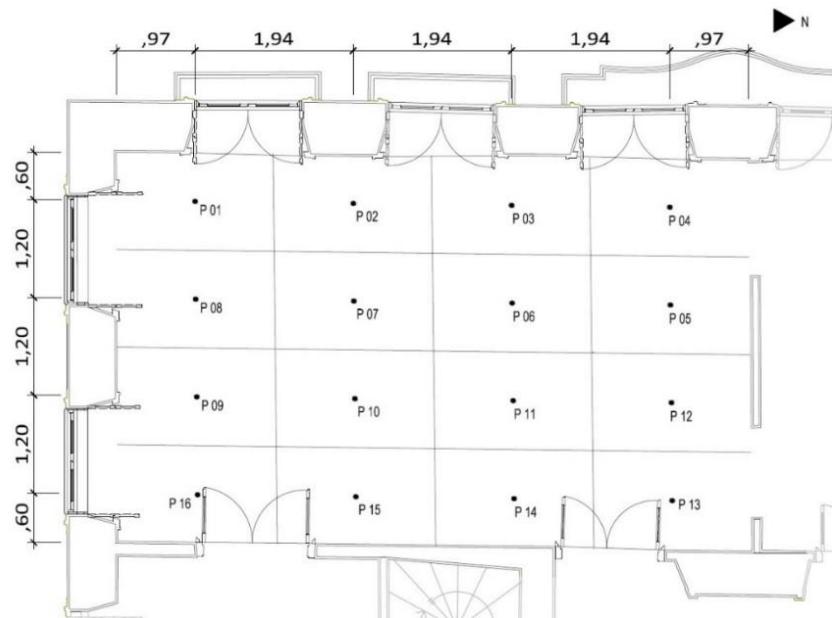


Figura 56 – Pontos de coleta de dados do ambiente administrativo, Casarão 2.

Fonte: Adaptado de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2002a.

- O ambiente de exposições do Casarão 2 ficou com 20 pontos (Figura 57);

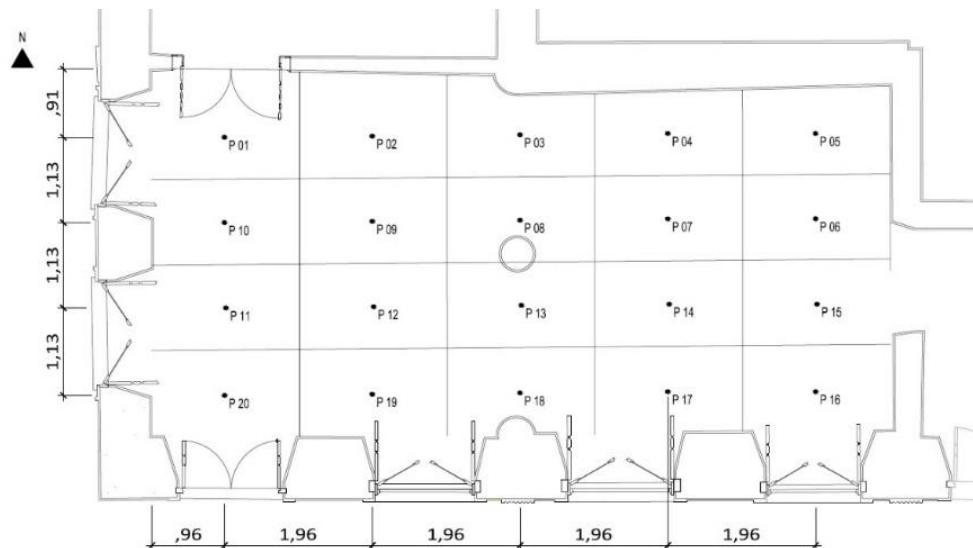


Figura 57 – Pontos de coleta de dados do ambiente de sala de exposições, Casarão 2.

Fonte: Adaptado de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2002a.

- O ambiente administrativo do Casarão 6 ficou com 16 pontos internos e um ponto externo (Figura 58);

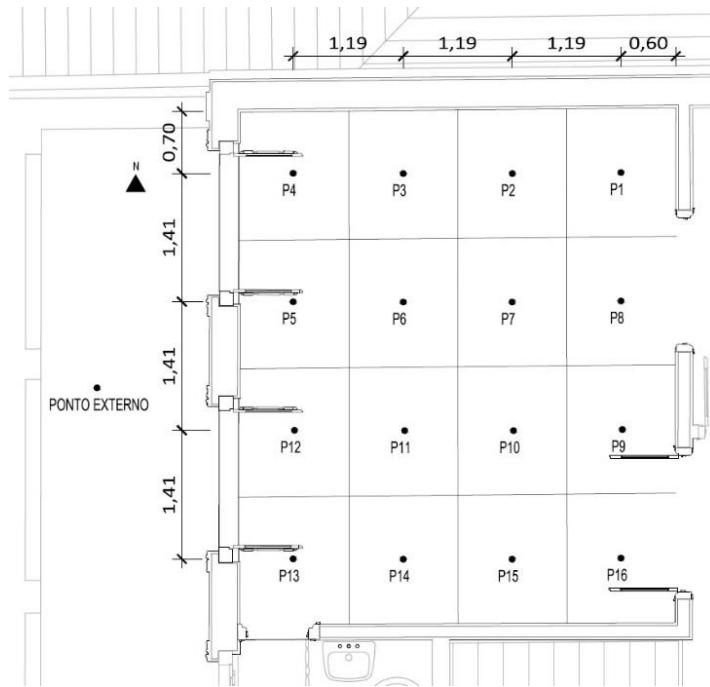


Figura 58 – Pontos de coleta de dados do ambiente administrativo, Casarão 6.

Fonte: Adaptado de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2002b.

- O ambiente de exposições do Casarão 6 ficou com 14 pontos (Figura 59);

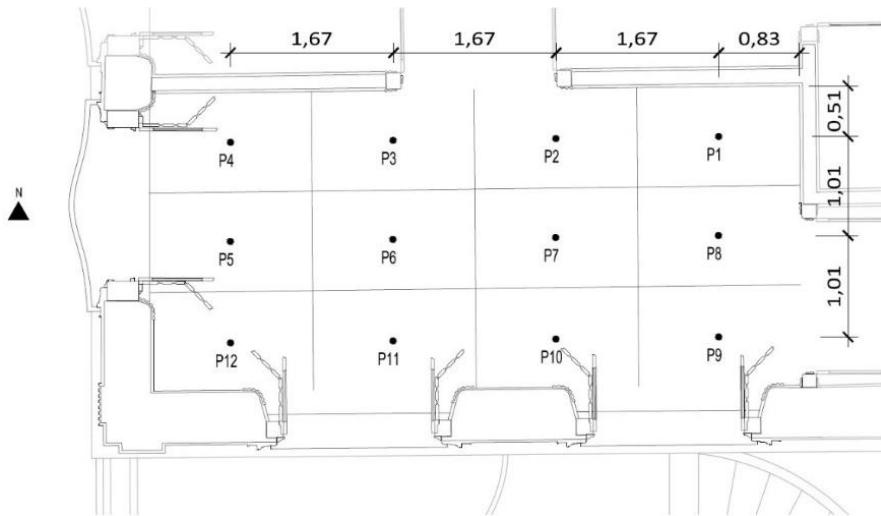


Figura 59 – Pontos de coleta de dados do ambiente de sala de exposições, Casarão 6.

Fonte: Adaptado de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2002b.

- O ambiente administrativo do Casarão 8 ficou com 16 pontos (Figura 60);

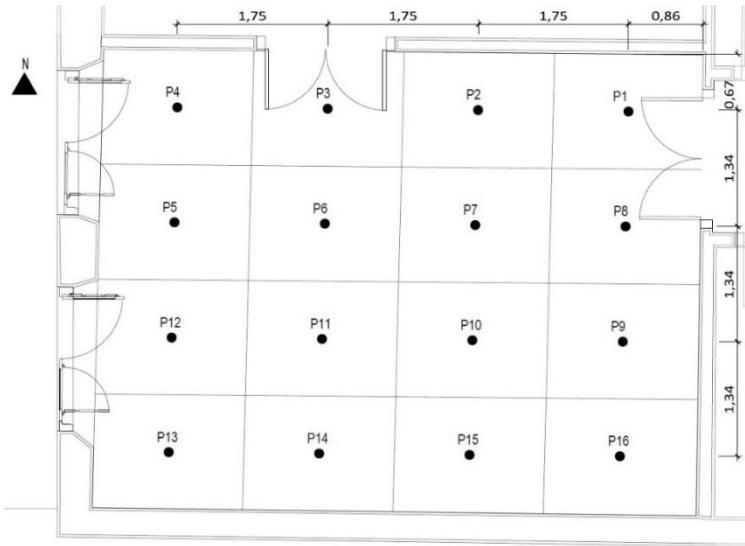


Figura 60 – Pontos de coleta de dados do ambiente administrativo, Casarão 8.

Fonte: Adaptado de NEUTZLING, 2010.

- O ambiente de exposições do Casarão 8 ficou, também, com 16 pontos (Figura 61).

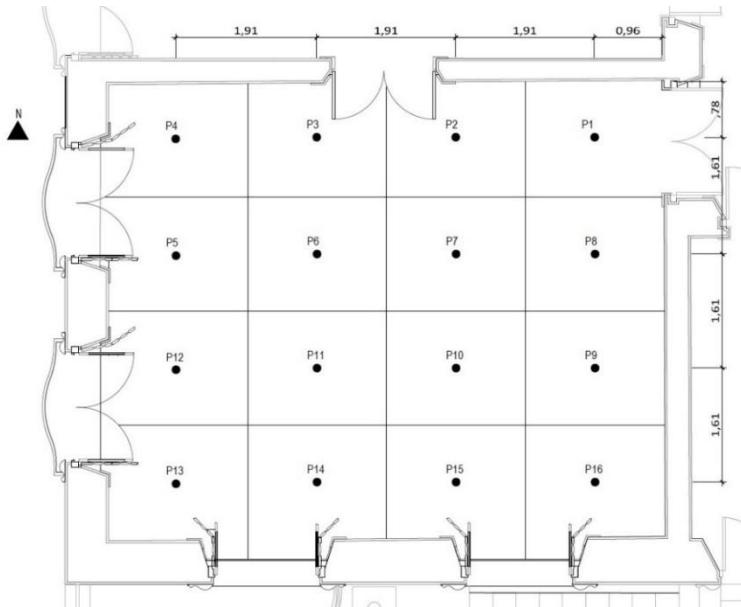


Figura 61 – Pontos de coleta de dados do ambiente de sala de exposiões, Casarão 8.

Fonte: Adaptado de NEUTZLING, 2010.

As medições, de acordo com a NBR 15215-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005), devem ser realizadas o mais próximo possível dos dias

de solstícios, dias de início do inverno e verão, e equinócios, que marcam o início do outono e primavera, para melhor caracterização das condições de conforto lumínico no interior dos ambientes. Sendo assim, foram realizadas medições de iluminância nos ambientes e no ponto externo durante um dia, com coletas de dados instantâneas a cada 2 horas, a partir das 9 horas, até às 17 horas. O período foi escolhido em razão do horário de funcionamento dos prédios, sendo o intervalo especificado pela norma. Essas medições foram realizadas nos equinócios e solstícios, ou dias mais próximos possíveis, dentro do período de 12 meses do monitoramento.

No dia anterior ao escolhido para as medições foi realizada a marcação dos pontos de coleta de dados no piso dos ambientes, com o uso de etiquetas numeradas. Ao término da última coleta de dados do dia foram retiradas as marcações, a fim de evitar marcas nos pisos das edificações.

Para realização das medições a 75 cm do piso, conforme especifica a norma, foi utilizada uma estrutura (Figura 62), a fim de captar os dados no mesmo ponto em todas as medições. Optou-se, também, por realizar as medições com o modo de operação das janelas de acordo com a preferência dos usuários, ou seja, conforme os ambientes estavam sendo operados.



Figura 62 – Detalhe do luxímetro e suporte para medições a 75cm do piso.

Fonte: A autora.

A primeira medição lumínica foi realizada no dia 23 de dezembro de 2015, um dia após o solstício de verão, pelo fato de este ter apresentado fortes chuvas, descaracterizando o tipo de céu para a situação. Devido a condição de céu não ser a característica do solstício de verão, mesmo um dia após as chuvas, optou-se por realizar outra medição em um dia com céu claro. Realizou-se, então, uma segunda medição para o solstício de verão no dia 15 de janeiro de 2016, dia em que foi possível acessar os casarões após o recesso de verão e que apresentou melhores condições de céu. A medição lumínica do equinócio de outono foi realizada no dia 23 de março de 2016. No solstício de inverno, realizou-se a medição no dia 28 de junho de 2016. Para o equinócio de primavera, realizou-se o levantamento no dia 23 de setembro de 2016.

Anteriormente às medições lumínicas, optou-se por caracterizar os elementos responsáveis pelas condições de iluminação no interior dos ambientes, através dos fechamentos transparentes. As esquadrias foram levantadas a partir de suas dimensões gerais e de vidros. Optou-se por utilizar a relação de área de vidro e área piso pelo fato de, em grande parte dos ambientes, os caixilhos que contém esses elementos permanecerem maior parte do tempo fechados.

Todos os ambientes de sala de exposições possuem aberturas para as orientações sul e oeste, conforme figuras 63, 64 e 65.

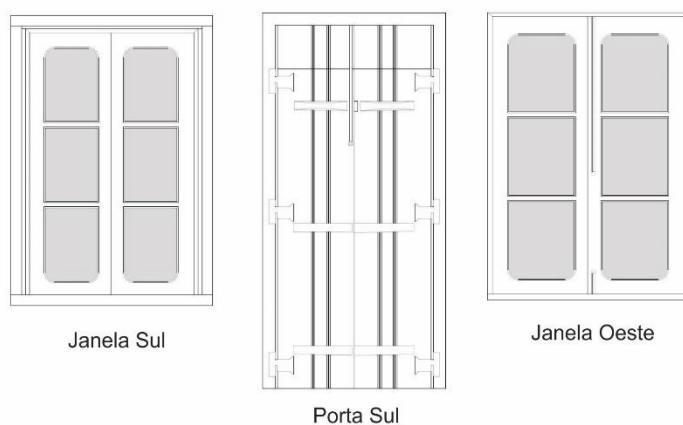


Figura 63 – Esquadrias do ambiente de sala de exposições no Casarão 2.

Fonte: Adaptação de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2002.

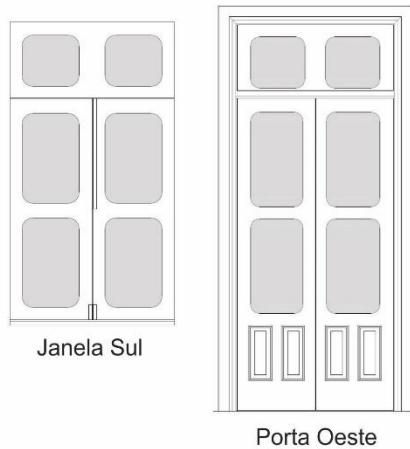


Figura 64 – Esquadrias do ambiente de sala de exposições no Casarão 6.

Fonte: Adaptação de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2006.

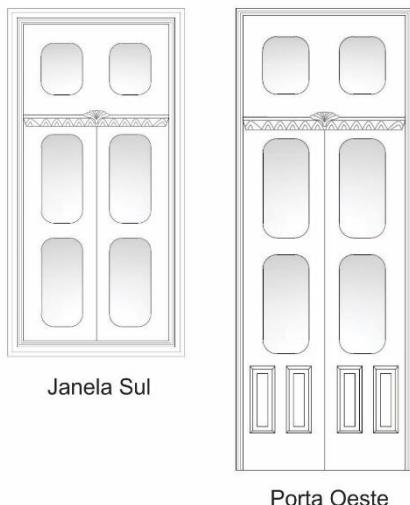


Figura 65 – Esquadrias do ambiente de sala de exposições no Casarão 8.

Fonte: Adaptação de NEUTZLING, 2010.

As características destas esquadrias e sua relação com o ambiente estão apresentadas na Tabela 2.

O ambiente do Casarão 6 possui a maior relação entre área de vidros e área de piso. Isso porque suas dimensões são menores, visto que a área de vidros é similar a dos demais ambientes. Em todos os casos, as áreas ocupadas por vidros nas esquadrias são bastante significativas.

Todas as esquadrias contém postigos internos de madeira. Estes elementos são constantemente utilizados no Casarão 8, onde durante as exposições utiliza-se apenas a iluminação artificial.

Tabela 2 – Caracterização dos elementos de iluminação natural nos ambientes de sala de exposições.

	Dimensões (m)	Quantidade	Orientação Solar	Área de vidros (m ²)	Relação área de vidro/ área de piso (%)
Casarão 2	1,32 x 1,92/ 0,91	4	Sul	4,14	13
	1,28 x 1,82/ 0,91	2	Oeste	2,40	
	1,28 x 3,04	1	Sul	-	
Casarão 6	1,55 x 2,83/ 0,96	2	Sul	4,48	23
	1,55 x 3,87	1	Oeste	2,43	
Casarão 8	1,56 x 3,09/ 0,89	2	Sul	3,22	16
	1,77 x 4,00	2	Oeste	4,10	

Fonte: A autora.

Sendo assim, foram levantadas também as características de iluminação artificial dos espaços. As Figuras 66, 67 e 68 mostram os dispositivos de cada ambiente com uso de sala de exposições.



Figura 66 – Dispositivos de iluminação artificial na sala de exposições do Casarão 2.

Fonte: A autora.



Figura 67 – Dispositivos de iluminação artificial na sala de exposições do Casarão 6.

Fonte: A autora.



Figura 68 – Dispositivos de iluminação artificial na sala de exposições do Casarão 8.

Fonte: A autora.

No Casarão 2 existem dois trilhos com quatro lâmpadas halógenas de baixa temperatura de cor. Em poucos momentos estes dispositivos são utilizados, visto que o ambiente permanece longos períodos sem exposições e, portanto, sem usuários.

Nos Casarões 6 e 8 existe um lustre pendente no centro do forro, o qual não permitiu identificar o tipo de lâmpada. No Casarão 6, este dispositivo só foi utilizado quando da retomada de atividades no espaço. Ainda assim, a iluminação artificial era utilizada apenas em períodos sem iluminação natural, já que, quando houveram exposições, os postigos eram mantidos abertos. No Casarão 8 este elemento não era utilizado. Mesmo com postigos fechados, e sem incidência de luz natural, eram utilizadas luminárias móveis com lâmpadas halógenas, de baixa temperatura de cor, com foco apenas nos elementos expostos.

Os ambientes de uso administrativo dos Casarões 6 e 8 possuem aberturas apenas para a orientação oeste. Já o ambiente com mesmo uso no Casarão 2 possui aberturas para as orientações sul e oeste. Nas figuras 69, 70 e 71 é possível visualizar estes elementos.

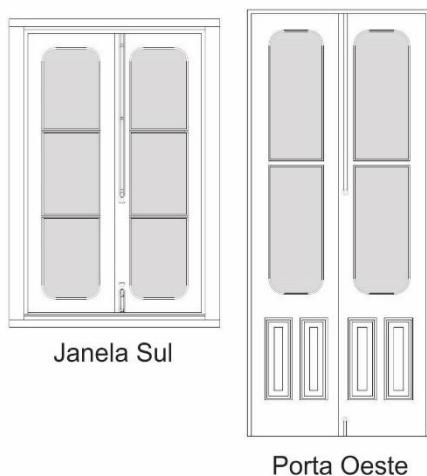


Figura 69 – Esquadrias do ambiente administrativo no Casarão 2.

Fonte: Adaptação de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2002.

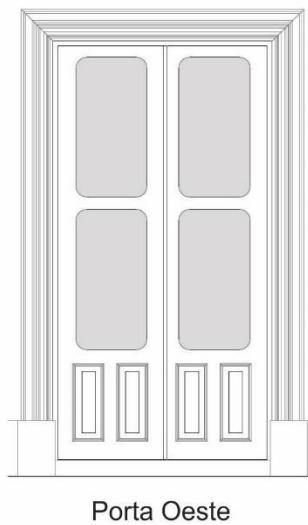


Figura 70 – Esquadrias do ambiente administrativo no Casarão 6.

Fonte: Adaptação de SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, 2006.

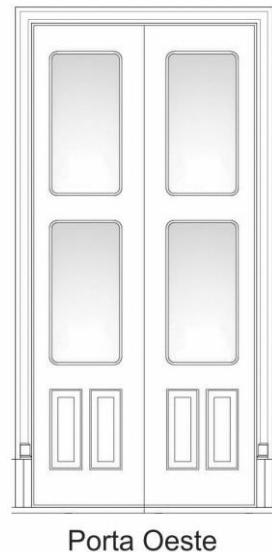


Figura 71 – Esquadrias do ambiente administrativo no Casarão 8.

Fonte: Adaptação de NEUTZLING, 2010.

As características destes elementos estão resumidas na Tabela 3.

Pelo fato de o ambiente do Casarão 2 possuir maior número de aberturas, é ele que contém também a maior relação área de vidro e área de piso. No caso dos espaços administrativos esta relação é mais próxima entre os três ambientes.

Entretanto, em todos os ambientes, as esquadrias não permitem a proteção contra a insolação direta juntamente com a ventilação do ambiente. Constantemente nestes espaços os usuários fechavam os postigos e ativam a iluminação artificial.

Tabela 3 – Caracterização dos elementos de iluminação natural nos ambientes administrativos.

	Dimensões (m)	Quantidade	Orientação Solar	Área de vidros (m ²)	Relação área de vidro/ área de piso (%)
Casarão 2	1,35 x 2,00/ 0,87	2	Sul	2,40	18
	1,15 x 2,70	2	Oeste	4,14	
Casarão 6	1,55 x 3,16	2	Oeste	4,08	15
Casarão 8	1,68 x 3,03	2	Oeste	4,10	12

Fonte: A autora.

Também para estes ambientes foram levantadas então, as características de iluminação artificial. No Casarão 2 existiam dois trilhos com quatro lâmpadas halógenas (Figura 72) e nos Casarões 6 e 8 havia quatro luminárias com lâmpadas tubulares fluorescentes (Figuras 73 e 74).



Figura 72 – Dispositivo de iluminação artificial do ambiente administrativo no Casarão 2.

Fonte: A autora.



Figura 73 – Dispositivo de iluminação artificial do ambiente administrativo no Casarão 6.

Fonte: A autora.



Figura 74 – Dispositivo de iluminação artificial do ambiente administrativo no Casarão 8.

Fonte: A autora.

No ambiente do Casarão 2, a iluminação artificial era bastante utilizada, porém precária. Além de algumas lâmpadas não funcionarem, o tipo de lâmpada empregada não é indicada para o uso de atividades de escritório como iluminação principal. No Casarão 6, por ter permanecido os doze meses sem utilização, estas lâmpadas não eram utilizadas. No Casarão 8 a iluminação mostrou-se mais adequada à finalidade do espaço.

3.4 Levantamento das manifestações patológicas por umidade

A fim de levantar as manifestações patológicas dos ambientes analisados, foi realizado um acompanhamento trimestral. Escolheu-se realizar levantamentos trimestrais por representar a troca de cada estação do ano, sendo possível analisar o surgimento das anomalias em comparação com as mudanças climáticas do entorno e do interior das edificações.

Esse acompanhamento deu-se pelo levantamento das manifestações patológicas por umidade nos elementos internos de vedação vertical em cada ambiente. O foco nas manifestações patológicas por umidade ocorreu por ser o tipo de anomalias que podem ser associadas aos parâmetros ambientais analisados na pesquisa.

Para isso, foi utilizado o método de Lichtenstein (1986) de levantamento e diagnóstico de manifestações patológicas. O método consiste, na primeira etapa, no levantamento de subsídios. Nessa etapa são realizadas vistorias do local, anamnese do problema encontrado e análises. Também podem ser realizados ensaios complementares nesta etapa, sendo estes escolhidos de acordo com a natureza do problema. Sendo assim, é possível ir para a próxima etapa, que envolve o diagnóstico, onde é preciso processar todas as possibilidades de surgimento das manifestações patológicas. Dessa forma, é preciso levar em consideração os materiais construtivos, o local em que surgiram, o uso do ambiente, entre outros aspectos.

Os levantamentos foram realizados por meio visual, com auxílio de registros em meio físico, como anotações e fotografias (Tabela 4). Com este material foi possível visualizar o comportamento das manifestações patológicas a cada levantamento. Assim, pôde-se comparar possíveis crescimentos, diminuições ou surgimento de novos danos.

Tabela 4 – Levantamento do estado de conservação dos Casarões 2, 6 e 8.

1º Levantamento	2º Levantamento	3º Levantamento	4º Levantamento	Último Levantamento
Início do Verão	Início do Outono	Início do Inverno	Início da Primavera	Início do Verão
21 de dezembro de 2015	22 de março de 2016	4 de junho de 2016	13 de setembro de 2016	20 de dezembro de 2016

Fonte: A autora.

Optou-se por usar a termografia como ensaio auxiliar, por esta ter a capacidade de detectar a radiação infravermelha, emitida pelos materiais, e transformar em sinal elétrico, gerando uma imagem térmica. Dessa forma, fotografando as paredes dos ambientes com uma câmera termográfica, se tem a representação da distribuição das temperaturas superficiais dos materiais. Através dessas imagens, é possível visualizar a presença de umidade que não é visível a olho nu, relacionando-a com as manifestações patológicas identificadas (SILVA, 2012). Além disso, este é um método não destrutivo, não comprometendo a estrutura dos prédios. A figura 75 apresenta o modelo de câmera utilizado.



Figura 75 – Modelo de câmera termográfica utilizada nos levantamentos.

Fonte: TESTO, 2016.

No intuito de confirmar os diagnósticos visuais e de anamnese, as fachadas dos prédios em estudo foram fotografadas com câmera termográfica da marca Testo modelo 875-2, disponibilizada pelo Laboratório de Conforto e Eficiência Energética da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFPel. Escolheu-se estas faces por estarem diretamente em contato com as intempéries do meio externo, fato que pode influenciar no surgimento das manifestações patológicas por umidade.

Este procedimento foi realizado, pela primeira vez, no dia 20 de janeiro de 2016, às 8 horas, horário em que a insolação ainda não afeta o diagnóstico por termografia, e por ter sido um dia sem chuvas (RODRIGUES, 2016). O segundo levantamento com câmera termográfica foi realizado no dia 29 de março de 2016, também as 8 horas da manhã. As imagens foram processadas no computador, através do software IRSof,

disponibilizado com o equipamento. Na análise dos resultados parciais, não averiguou-se influência significativa das imagens geradas sob o surgimento das anomalias levantadas internamente.

Sendo assim, após longa revisão bibliográfica a respeito do método e outros levantamentos internos sem resultados expressivos, optou-se por realizar um levantamento termográfico das paredes internas dos ambientes para verificar a presença de umidade ascendente. Este levantamento foi de grande contribuição para o diagnóstico das manifestações patológicas, bem como para análise dos parâmetros ambientais monitorados. Realizou-se o levantamento fotográfico por termografia no dia 20 de dezembro de 2016, juntamente com o último levantamento das manifestações patológicas, às 9 horas, horário possível de acessar o interior dos prédios.

3.5 Levantamento das condições de uso e operação dos ambientes

Durante as etapas de levantamentos do microclima, iluminância e de manifestações patológicas, foi possível analisar o modo como os usuários utilizavam os ambientes. A cada visita observou-se as condições de operação das esquadrias, do mobiliário e da iluminação artificial, bem como a existência de algum método de climatização artificial, através de levantamentos visuais, fotográficos e anotações. Assim, foi possível analisar a influência destes comportamentos nos resultados dos levantamentos.

3.6 Análises comparativas

Para a análise comparativa dos parâmetros ambientais com os limites normatizados, foram utilizadas diferentes especificações para cada uso, sobrepondo ao comportamento dos ambientes em meses característicos e extremos do ano. Escolheu-se essa forma de análise a fim de visualizar os resultados para as piores condições de temperatura, resumindo os resultados anuais. Além disso, Pelotas

caracteriza-se por um clima subtropical úmido, com temperaturas bastante diferentes entre as estações do ano e altas taxas de umidade relativa do ar, o que justifica essa análise para os meses críticos. Sendo assim, as análises foram realizadas no mês de verão com maior média mensal de temperatura e mês de inverno com menor média mensal de temperatura (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2016b):

- Mês de verão com maior temperatura do ar média = fevereiro de 2016, média mensal de 24,5°C;
- Mês de inverno com menor temperatura do ar média = junho de 2016, média mensal de 10,6°C.

Para os parâmetros de temperatura e umidade relativa do ar encontrados em ambientes de uso administrativo com os especificados por normas, adotou-se os valores estabelecidos pela organização americana ASHRAE, tendo sido escolhida pela ausência de normas brasileiras que estipulem esses parâmetros de conforto ambiental dos usuários em ambientes ventilados naturalmente (ASHRAE, 2001; 2004; 2009). Para cálculo da temperatura operativa de conforto foi utilizada a média de temperatura mensal para os meses característicos, fevereiro e junho do ano de 2016. Realizou-se ainda a análise para 80% e 90% de aceitabilidade pelos usuários dos ambientes.

Para limites mínimos e máximos aceitáveis em salas de exposição, utilizou-se as recomendações estabelecidas por IIC, por serem limites recomendados para os cuidados mínimos com qualquer tipo de material expositivo e em qualquer clima (VELIOS, 2014; MICHALSKI, 2016).

Em relação aos valores de iluminância mantida, foram utilizadas as especificações da ABNT, em sua norma NBR 8995 para ambientes de exposição e administrativos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). Esta norma estipula os limites mínimos de iluminância para os diferentes usos em análise e, por ser uma norma brasileira, optou-se por utilizá-la.

Os resumo dos valores está apresentado nas Tabelas 5 e 6. Com esta comparação foi possível compreender se os parâmetros encontrados estão dentro dos índices especificados, ou seja, se as edificações em questão são favoráveis ao uso de salas de exposição e/ou administrativo.

Tabela 5 – Parâmetros ambientais considerados para o estudo em ambientes de sala de exposição.

Parâmetros Ambientais para Uso de Salas de Exposição			
	IIC (VELIOS, 2014)		NBR 8995 (ABNT, 2013)
	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO
Temperatura	15°C	25°C	
Umidade Relativa do Ar	40%	60%	
Iluminância			300 lux

Fonte: A autora.

Tabela 6 – Parâmetros ambientais considerados para o estudo em ambientes administrativos.

Parâmetros Ambientais para Uso de Escritório			
	<i>Handbook Fundamentals</i> (ASHRAE, 2009) <i>STANDARD 62</i> (ASHRAE, 2001)		NBR 8995 (ABNT, 2013)
	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO
Temperatura	$t_{oc} = 18,9 + 0,255 t_{ex}$ 90% aceitabilidade = $t_{oc} - 2,2^{\circ}\text{C}$; $t_{oc} + 2,5^{\circ}\text{C}$ 80% aceitabilidade = $t_{oc} - 3,2^{\circ}\text{C}$; $t_{oc} + 3,5^{\circ}\text{C}$		
Umidade Relativa do Ar	30%	60%	
Iluminância			500 lux

Fonte: A autora.

As demais análises comparativas, tanto dos parâmetros ambientais com o surgimento de manifestações patológicas por umidade, quanto das condições de uso e operação dos ambientais com o seu estado de conservação, foram realizadas de maneira qualitativa, após a leitura de todos os resultados.

4. Resultados e discussão

4.1 Resultado dos levantamentos das condições de uso e operação dos ambientes

Ao longo do trabalho foram realizadas visitas mensais aos espaços para troca dos sensores, bem como durante a realização das medições lumínicas e levantamento de manifestações patológicas. Assim, foi possível compreender o funcionamento dos seis ambientes, permitindo visualizar características de uso e operação dos mesmos.

4.1.1 Casarão 2

A sala de exposições deste prédio não contava com nenhum tipo de climatização artificial. As janelas raramente eram abertas de forma que permitissem a ventilação do interior. Estruturas móveis de madeira, permanentes no espaço, localizavam-se principalmente em frente às janelas (Figuras 76 e 77).



Figura 76 – Exposição realizada em março de 2016 no Casarão 2.

Fonte: A autora.



Figura 77 – Exposição realizada em maio de 2016 no Casarão 2.

Fonte: A autora.

Entretanto, em grande parte do tempo, o ambiente permaneceu inativo, servindo como depósito para móveis sem uso, conforme figura 78.



Figura 78 – Sala de exposições do Casarão 2 em período sem utilização.

Fonte: A autora.

O ambiente com uso administrativo deste prédio era utilizado durante a semana por quatro funcionários, recebendo outras pessoas esporadicamente. Os usuários permanentes costumavam fechar os postigos de algumas janelas devido à grande incidência de luz solar. Isto porque, em dias quentes a temperatura interna ficava mais elevada e, em dias frios, havia ofuscamento dos computadores em razão da forte luz natural. Sendo assim, com postigos fechados, a iluminação artificial era utilizada com frequência. Ou seja, o ambiente não oferecia boas condições de iluminação natural

para o uso de escritórios, em consequência do modo de operação dos postigos por parte dos usuários.

Além dos gastos energéticos com a iluminação, que poderiam ser evitados, existiu a utilização de equipamentos artificiais de climatização utilizados de forma empírica pelos próprios usuários. Nos dias de verão, eram utilizados ventiladores portáteis (Figura 79), e no inverno os usuários tinham por costume ligar estufas no ambiente. Esta procura por métodos de climatização demonstra que o espaço não era confortável termicamente aos usuários.



Figura 79 – Ambiente administrativo do Casarão 2 com ventiladores e postigos fechados.

Fonte: A autora.

4.1.2 Casarão 6

O ambiente utilizado para exposições do Casarão 6 permaneceu grande parte do período de 12 meses sem utilização (Figura 80), visto que o prédio encontrava-se inativado. Nesse período não houve ventilação e iluminação natural incidindo no espaço. A partir do mês de agosto, o pavimento térreo do prédio passou a ser utilizado novamente para exposições temporárias (Figuras 81 e 82). Dessa forma, o ambiente passou a ser aberto periodicamente e receber usuários durante as visitações.



Figura 80 – Ambiente de exposições do Casarão 6 sem utilização.

Fonte: A autora.



Figura 81 – Exposição realizada em setembro de 2016 no Casarão 6.

Fonte: QUINDIM CULTURAL, 2016.



Figura 82 – Exposição realizada em novembro de 2016 no Casarão 6.

Fonte: PELOTAS 13HORAS, 2016.

O ambiente administrativo, assim como o de exposições, também permaneceu os doze meses sem utilização e, consequentemente, sem ventilação e iluminação natural. A figura 83 mostra o ambiente com os postigos abertos para realização das medições lumínicas, entretanto estes permaneciam sempre fechados.



Figura 83 – Ambiente administrativo do Casarão 6, sem uso.

Fonte: A autora.

4.1.3 Casarão 8

O ambiente expositivo do Casarão 8 mostrou-se ocupado por exposições em grande parte dos doze meses de levantamentos (Figuras 84 e 85). Apenas nos

períodos de troca de exposições o ambiente era aberto para ventilação e iluminação natural (Figura 86). Durante as exposições, o espaço era mantido com grande parte dos postigos fechados a fim de garantir os cenários proporcionados pela iluminação artificial. Neste ambiente não existia nenhuma forma de climatização artificial.



Figura 84 – Exposição existente desde o início do trabalho, dezembro de 2015, no Casarão 8.

Fonte: A autora.



Figura 85 – Exposição iniciada em setembro de 2016 no Casarão 8.

Fonte: A autora.



Figura 86 – Sala de exposições do Casarão 8 em período de troca de exposições.

Fonte: A autora.

O ambiente administrativo do Casarão 8, figura 87, não possuía climatização artificial. O espaço era utilizado por poucos usuários. Em geral, estes usuários eram alunos da Universidade Federal de Pelotas participantes de bolsas e estágios, sendo assim, o uso do ambiente ocorria em diferentes turnos ao longo da semana. Em momentos esporádicos eram realizadas reuniões neste espaço.

Pelo fato de o ambiente ter maior comprimento em relação à parede com aberturas para o exterior, não existiram tantos problemas com relação ao ofuscamento dos computadores neste espaço. Dessa forma, os postigos permaneciam abertos durante os períodos de frio. Nos dias quentes, as janelas, juntamente com os postigos, eram mantidas entreabertas, a fim de garantir ventilação natural, sem insolação direta.



Figura 87 – Ambiente administrativo do Casarão 8.

Fonte: A autora.

A partir das análises relacionadas ao modo de uso e operação de cada ambiente, foram elaboradas as Tabelas 7 e 8, a fim de resumir as informações contidas neste tópico.

Tabela 7 – Caracterização do modo de uso e operação dos ambientes de salas de exposições.

	Casarão 2	Casarão 6	Casarão 8
Em uso para exposições	Períodos curtos	Somente nos últimos 5 meses	Grande parte do tempo
Iluminação natural	Existente	Somente nos últimos 5 meses	Raramente
Ventilação natural	Raramente	Raramente	Raramente
Climatização artificial	Inexistente	Inexistente	Inexistente

Fonte: A autora.

É possível concluir que o uso de salas de exposições não permitiu a ventilação natural nos três prédios. A iluminação natural, mesmo existente, foi bastante falha também nos três prédios em análise. No Casarão 6, esta iluminação natural só começou a ocorrer nos últimos cinco meses do trabalho, visto que antes o prédio permanecia totalmente fechado. Em nenhum dos prédios existia climatização artificial nos ambientes destinados às exposições. Apesar de os acervos não apresentarem a necessidade de rigidez nos índices de conforto ambiental, não percebeu-se nenhum cuidado relacionado à busca por condições ambientais ideais.

Tabela 8 – Caracterização do modo de uso e operação dos ambientes administrativos.

	Casarão 2	Casarão 6	Casarão 8
Número de usuários	Quatro permanentes	Inexistente	Dois permanentes
Iluminação natural	Existente	Inexistente	Existente
Ventilação natural	Existente	Inexistente	Existente
Climatização artificial	Existente, estufas e ventiladores portáteis	Inexistente	Inexistente

Fonte: A autora.

Nos ambientes de uso administrativo, com exceção do Casarão 6, que permaneceu todo o período desativado, existia a incidência de iluminação natural e

períodos de ventilação. Entretanto, percebeu-se também que os espaços eram operados de forma empírica pelos usuários, com fechamento de postigos e variação no método de utilização das janelas, de maneira a melhorar as condições de trabalho. Ou seja, existia a necessidade de adequações dos ambientes para melhorar as condições de conforto do usuário no uso administrativo.

4.2 Resultados do monitoramento do microclima

O método de instalação dos sensores nos ambientes mostrou-se eficiente, tornando fácil a retirada dos mesmos uma vez por mês para coleta dos dados, troca de baterias e nova programação. Apenas o HOBO instalado na parte externa do prédio que, mesmo com proteção contra chuvas e ventos, não teve seu funcionamento garantido nos doze meses de monitoramento. Alguns horários, entre dezembro de 2015 e agosto de 2016, não apresentaram dados coletados. No mês de setembro o sensor funcionou durante poucos dias e, nos dois meses finais, outubro e novembro, o HOBO não coletou nenhum valor para os parâmetros de umidade relativa do ar e temperatura.

A partir dos dados coletados, foram elaborados gráficos de temperatura e umidade relativa do ar para cada mês de levantamentos, conforme apresentado nas figuras 88 e 89, caracterizando o comportamento microclimático de cada ambiente. Todos os gráficos podem ser visualizados no apêndice A deste trabalho.

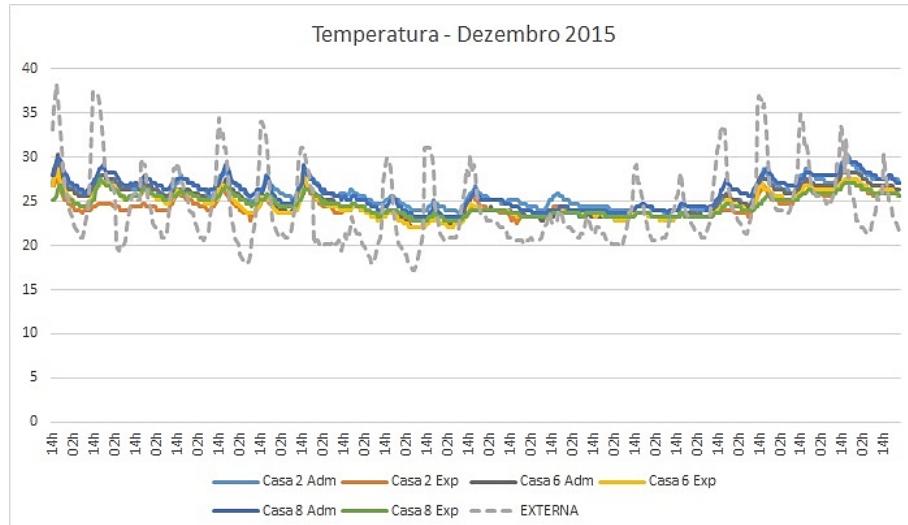


Figura 88 – Comportamento térmico dos ambientes e do microclima externo no mês de dezembro de 2015.

Fonte: A autora.

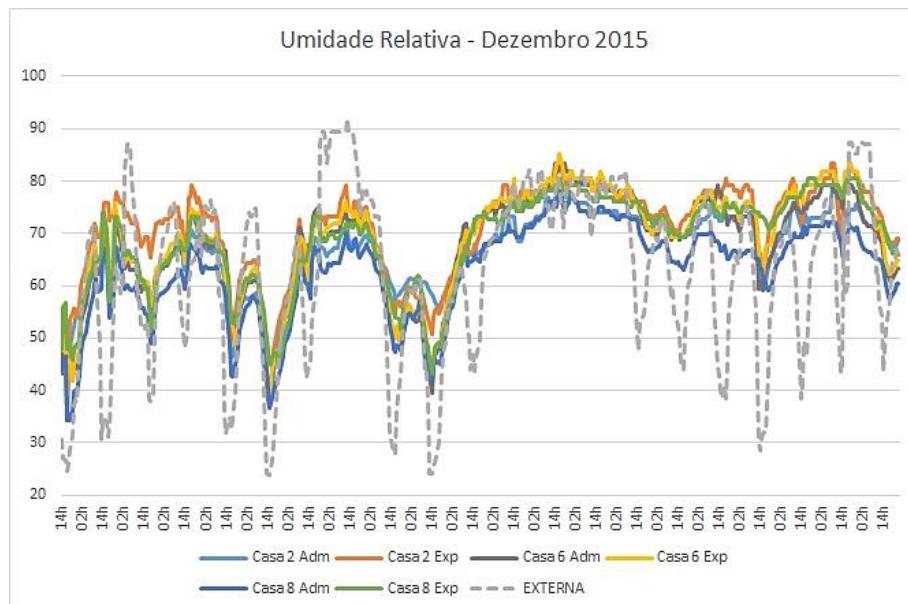


Figura 89 – Comportamento higroscópico dos ambientes e do microclima externo no mês de dezembro de 2015.

Fonte: A autora.

A partir destes resultados foi possível constatar que os três prédios tiveram comportamentos similares para os parâmetros em questão, apesar de apresentarem diferenças entre os valores desses parâmetros.

Na análise da temperatura do ar foi possível visualizar que os valores coletados nos ambientes estiveram sempre dentro do intervalo dos valores coletados no exterior.

Diferente do analisado no caso da temperatura, a umidade relativa do ar apresentou divergências entre os valores coletados no exterior e os coletados no interior dos ambientes. Durante os meses de verão o comportamento higroscópico interno apresentou-se mais compatível com o comportamento externo, entretanto acompanhou apenas os valores mais elevados da umidade relativa externa. Para os demais meses do ano, com exceção de outubro e novembro que não tiveram coleta de valores externos, o comportamento interno nos prédios apresentou-se totalmente divergente dos valores coletados no microclima do entorno. Nesse período os índices monitorados no interior dos ambientes mostraram-se sempre mais elevados que os valores externos, não se sobrepondo em nenhum momento, em razão da maior variação de temperatura externa em relação à temperatura interna.

A análise do comportamento microclimático dos ambientes foi realizada para dias característicos, permitindo uma melhor visualização dos resultados.

4.2.1 Comportamento dos ambientes de sala de exposições (SE) para dias com maior temperatura média

O dia de semana com maior temperatura, 25 de janeiro de 2016, apresentou média diária de 26,9°C. Já o final de semana com a maior temperatura média diária, de 29,1°C, foi encontrada em 16 de abril de 2016 (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2016b). As figuras 90 e 91 apresentam o comportamento térmico dos ambientes de exposições nestes dias.

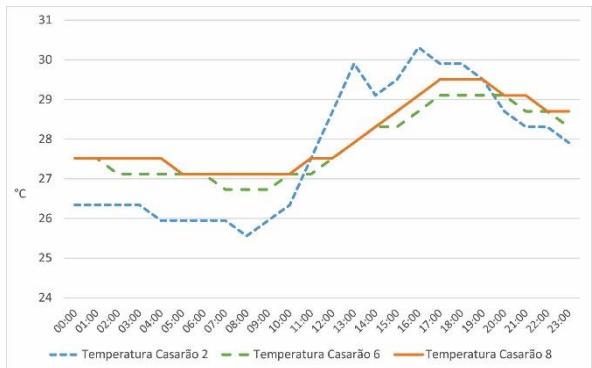


Figura 90 – Comportamento térmico em dia de semana com maior temperatura (SE).

Fonte: A autora.

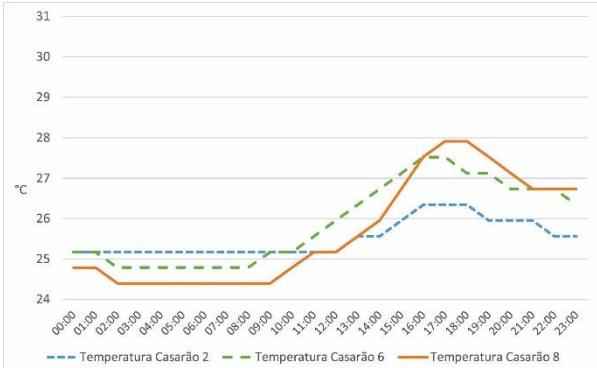


Figura 91 – Comportamento térmico em final de semana com maior temperatura (SE).

Fonte: A autora.

O comportamento dos três ambientes foi bastante similar, com temperaturas amenas no início do dia que, em seguida, entraram em elevação. Essa elevação, nos dias de semana, começou mais cedo no Casarão 2, visto que era o único dentre os três prédios que recebia um pouco de iluminação natural em razão dos postigos abertos. Isso se comprova ao perceber o comportamento do mesmo ambiente no final de semana, quando encontrava-se fechado.

Mesmo o dia de semana tendo apresentado temperatura média inferior à do final de semana, as temperaturas internas no Casarão 2 foram mais elevadas, ficando próximas dos 31°C. A falta de ventilação e a incidência de luz solar pode provocar este cenário, visto que no final de semana foi o ambiente que apresentou menores temperaturas.

Os Casarões 6 e 8 apresentaram comportamento próximo, indicando talvez, a similaridade em relação ao sistema construtivo. Estes dois prédios são os únicos do conjunto que contém porão alto. Esta característica exerce grande influência no comportamento microclimático do pavimento térreo.

Para os mesmos dias, o comportamento higroscópico dos ambientes destinados a exposições pode ser visualizado nas figuras 92 e 93.

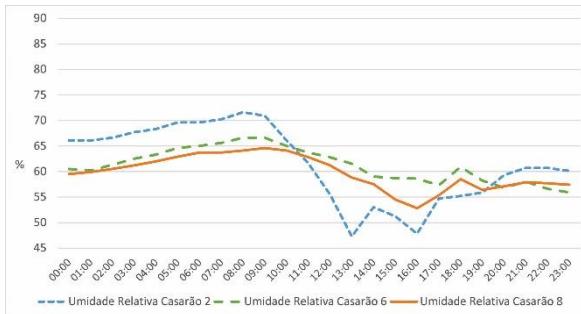


Figura 92 – Comportamento higroscópico em dia de semana com maior temperatura (SE).

Fonte: A autora.

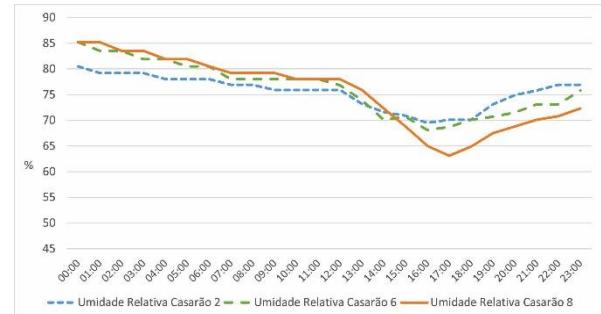


Figura 93 – Comportamento higroscópico em final de semana com maior temperatura (SE).

Fonte: A autora.

Com os gráficos de umidade relativa do ar no interior dos ambientes foi possível visualizar a diferença no comportamento microclimático dos mesmos entre dias em uso e dias sem utilização. Tendo o Casarão 2 uma incidência maior de iluminação natural, diferente dos demais ambientes, foi o único que apresentou alterações nos valores coletados pelo sensor no período de dia de semana. Os mesmos espaços, no final de semana, mostraram-se bastante próximos e sem interferências, já que não foram operados. Além disso, e como esperado, o comportamento higroscópico apresentou-se inversamente proporcional ao comportamento térmico dos gráficos anteriores.

4.2.2 Comportamento dos ambientes administrativos (A) para dias com maior temperatura média

Ainda para os mesmos dias com maior média de temperatura diária, o comportamento dos ambientes com uso administrativo podem ser vistos nas figuras 94 e 95.

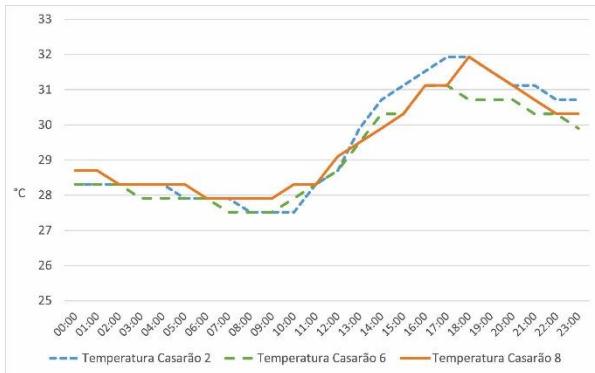


Figura 94 – Comportamento térmico em dia de semana com maior temperatura (A).

Fonte: A autora.

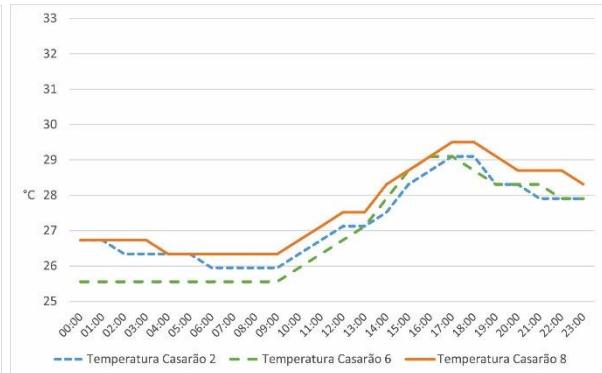


Figura 95 – Comportamento térmico em final de semana com maior temperatura (A).

Fonte: A autora.

Os três ambientes apresentaram comportamento muito próximo tanto no dia de semana quanto no final de semana. Pode-se explicar esse resultado pelo fato de o Casarão 8 encontrar-se com poucos usuários, já que para a Universidade Federal de Pelotas era período de férias. O Casarão 2, no uso administrativo, apresentava controle por parte dos usuários em relação à incidência solar direta e, através do uso de climatizadores. Nesse período também havia menos usuários no ambiente.

No dia de semana, apesar de apresentar curva próxima, o Casarão 2 esteve com as temperaturas mais elevadas, diferente do final de semana, quando o Casarão 8 apresentou este resultado.

O comportamento higroscópico destes ambientes estão ilustrados nas figuras 96 e 97.

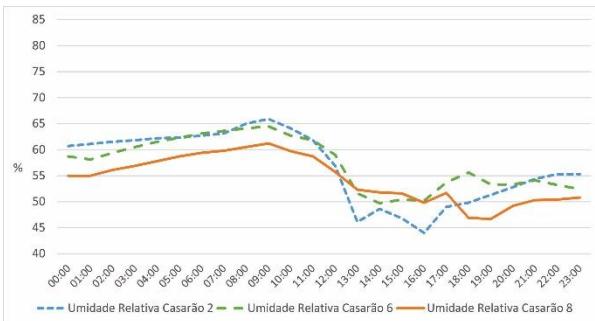


Figura 96 – Comportamento higroscópico em dia de semana com maior temperatura (A).

Fonte: A autora.

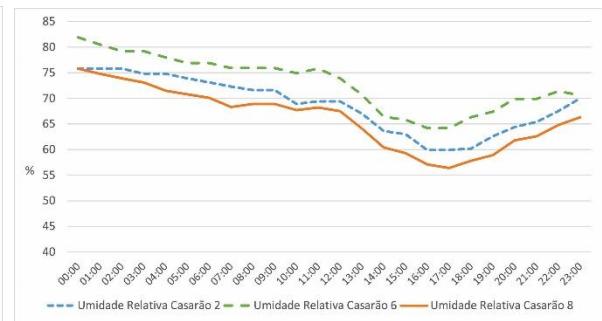


Figura 97 – Comportamento higroscópico em final de semana com maior temperatura (A).

Fonte: A autora.

De acordo com o constatado nos gráficos anteriores, as oscilações na curva higroscópica dos Casarões 2 e 8 no dia de semana, mostram a interferência dos usuários. Este fato não ocorreu em nenhum dos prédios no final de semana.

4.2.3 Comportamento dos ambientes de sala de exposições (SE) para dias com menor temperatura média

O dia de semana que apresentou menor temperatura foi 20 de julho de 2016, com média de 7,3°C. Já o final de semana com mesma característica foi encontrado no dia 17 de julho de 2016, com 7,1°C de temperatura média (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2016b). O comportamento térmico dos ambientes de sala de exposições está caracterizado nas figuras 98 e 99.

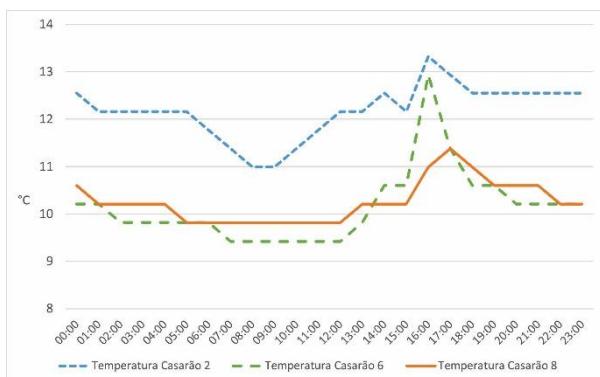


Figura 98 – Comportamento térmico em dia de semana com menor temperatura (SE).

Fonte: A autora.

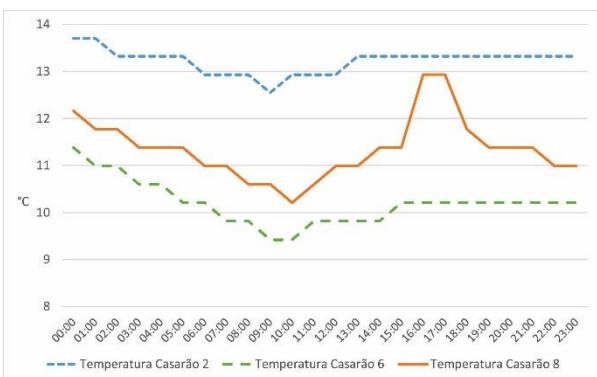


Figura 99 – Comportamento térmico em final de semana com menor temperatura (SE).

Fonte: A autora.

As médias de temperatura nestes dias foram bastante similares, diferentemente do caso anterior, quando a média no dia de semana apresentou aproximadamente 2°C de diferença. Sendo assim, o comportamento no interior dos ambientes, tanto no dia de semana, quanto no final de semana, esteve mais próximo neste caso.

É possível notar que, em ambos os dias, o Casarão 2 apresentou as maiores temperaturas, embora estas não tenham alcançado os 14°C. Neste caso, é possível que os porões dos Casarões 6 e 8 não tenham permitido que os mesmos tivessem

suas temperaturas elevadas, demonstrando mais uma vez, a influência do sistema construtivo no microclima.

As temperaturas mais altas foram encontradas no final da tarde, mostrando diferença entre a rápida elevação de temperatura interna dos dias quentes. As paredes espessas também contribuem para esta característica, em função da alta inércia térmica.

Para os mesmos dias, o comportamento higroscópico dos ambientes está caracterizado nas figuras 100 e 101.

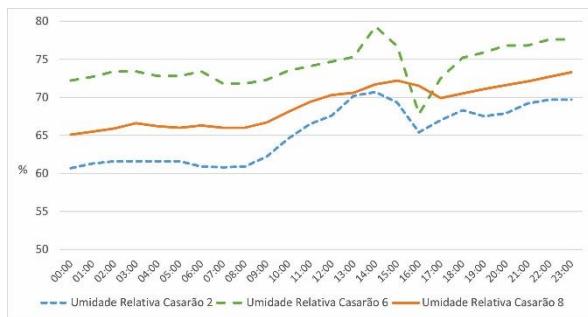


Figura 100 – Comportamento higroscópico em dia de semana com menor temperatura (SE).

Fonte: A autora.

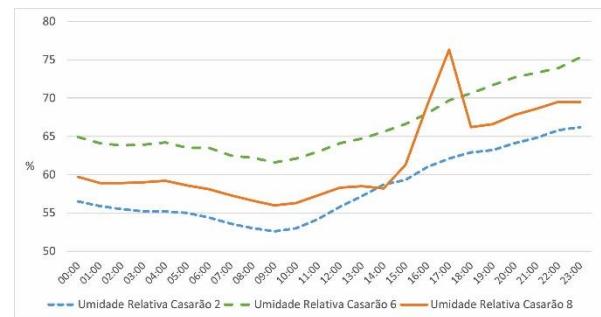


Figura 101 – Comportamento higroscópico em final de semana com menor temperatura (SE).

Fonte: A autora.

Além disso, o Casarão 2, ambiente que possuía maior interferência de usuários, apresentou alterações suaves no dia de semana e comportamento próximo aos demais no final de semana. Diz-se maior interferência em razão de o Casarão 6 ter permanecido fechado neste período e o Casarão 8 apresentar exposições mais longas, sem abertura de janelas para iluminação natural e ventilação.

4.2.4 Comportamento dos ambientes administrativos (A) para dias com menor temperatura média

As figuras 102 e 103 apresentam o comportamento da temperatura dos ambientes administrativos, para os mesmos dias tratados no tópico anterior.

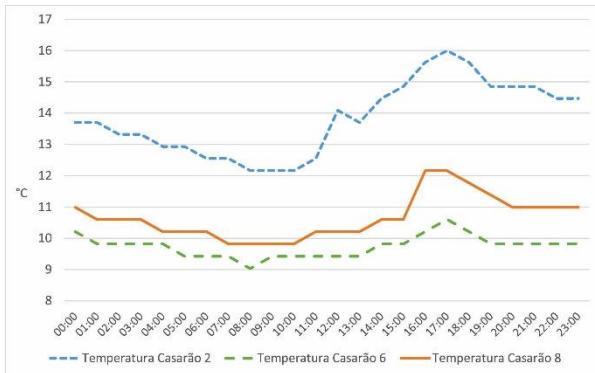


Figura 102 – Comportamento térmico em dia de semana com menor temperatura (A).

Fonte: A autora.

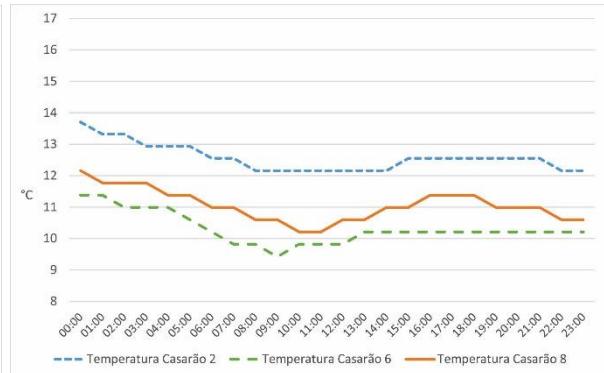


Figura 103 – Comportamento térmico em final de semana com menor temperatura (A).

Fonte: A autora.

Pelo fato de os ambientes administrativos terem maior interferência dos usuários, com operação de janelas e equipamentos geradores de calor e umidade, as curvas de comportamento térmico apresentaram maiores oscilações no dia de semana. Para esta constatação tem-se a exceção do Casarão 6, que não estava em uso e, portanto, teve suas curvas muito próximas e com poucas alterações nos dois dias analisados.

O Casarão 2 seguiu apresentando as maiores temperaturas internas em razão de sua maior carga térmica, em relação aos demais prédios. Além dessa característica, o maior número de usuários e de equipamentos, como computadores, e climatizadores artificiais, contribuiu para a oscilação na curva de comportamento do dia de semana. O ambiente administrativo do Casarão 8, que também possui usuários e equipamentos, porém em menor número, além de menor carga térmica, não teve sua temperatura muito elevada ao longo do dia. No final de semana as temperaturas dos três prédios ficaram mais próximas.

Percebeu-se também que a elevação de temperatura dos Casarões 2 e 8, em uso no dia de semana, iniciou no final da tarde. No final de semana, este comportamento não ocorreu, bem como com o Casarão 6, que esteve fechado nos dois dias. Foi este prédio que também apresentou as menores temperaturas ao longo dos dias.

Nas figuras 104 e 105 é possível visualizar o comportamento higroscópico dos mesmos ambientes.

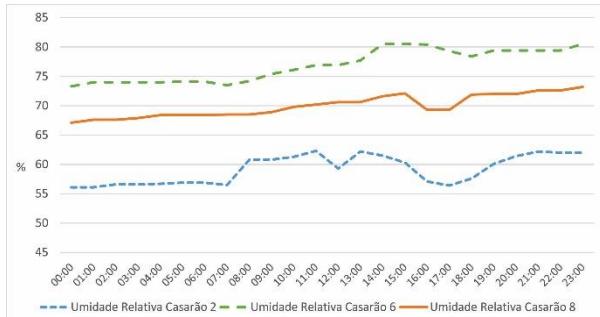


Figura 104 – Comportamento higroscópico em dia de semana com maior temperatura (A).

Fonte: A autora.



Figura 105 – Comportamento higroscópico em final de semana com maior temperatura (A).

Fonte: A autora.

O gráfico da umidade relativa do ar interna está de acordo com as discussões dos gráficos anteriores, comprovando a diferença de comportamento dos prédios em utilização, para os mesmos prédios quando fechados. As Tabelas 9 e 10 apresentam o resumo dos resultados encontrados no monitoramento microclimático.

Tabela 9 – Resultados da análise de microclima em dias de semana.

Dia de Semana Característico	
Sala de Exposições	O ambiente do Casarão 2 apresentou comportamento mais distante dos demais, com maiores temperaturas nos horários de funcionamento e menores valores de umidade relativa nesses períodos. Essa diferença ocorreu devido às características do sistema construtivo, que apresentam capacidade térmica maior que os outros prédios. Além disso, apresentou maior interferência dos usuários, o que alterou o comportamento da temperatura e umidade relativa do ar nesses dias. O comportamento dos Casarões 6 e 8 mostrou-se correspondente, devido às condições de operação bastante próximas, bem como sistema construtivo com mais similaridades.
Administrativo	Os três Casarões apresentaram comportamento similar no dia com maior temperatura média para ambos parâmetros analisados, por tratar-se de um período de férias, com menor interferência dos usuários nos três prédios. Além disso, por situarem-se no segundo pavimento, com características construtivas mais próximas, o comportamento tende a ser mais próximo também. No dia com menor temperatura média o Casarão 2 apresentou as maiores temperaturas internas, tanto em razão de uma maior interferência dos usuários, com abertura de janelas e climatizadores artificiais, quanto pela própria característica construtiva do prédio, com alta capacidade térmica.

Fonte: A autora.

Tabela 10 – Resultados da análise de microclima em dias de final de semana.

Dia de Semana Característico	
Sala de Exposições	No final de semana, quando os três prédios encontraram-se fechados, os comportamentos ficaram mais correspondentes. Entretanto, a proximidade dos valores de temperatura interna ocorreu no dia com maior temperatura média. Para o dia com menor temperatura média, o Casarão 2 apresentou maiores valores de temperatura do ar interna, mostrando a influência de sua maior capacidade térmica quando comparado aos outros prédios, com valores mais próximos entre si.
Administrativo	O comportamento dos três ambientes administrativos nos dias de final de semana confirmou as análises realizadas no dia de semana, ou seja, além da influência maior de usuários, o que influenciou significativamente o comportamento diferenciado do Casarão 2 foi seu sistema construtivo. Com paredes de grande espessura, mesmo no segundo pavimento, o ambiente administrativo desse prédio apresentou as maiores temperaturas do ar interna para o dia com menor média de temperatura também no final de semana.

Fonte: A autora.

Após estas análises, foi possível perceber a diferença entre prédios com utilização e prédios sem utilização. No primeiro caso as curvas apresentam pontos de variação significativas em momentos do dia. Fato que mostrou ser resultado das interferências dos usuários em razão da comparação com finais de semana.

Além disso, em usos que sofrem essas interferências de forma mais intensa, como no caso do uso administrativo, as curvas de comportamento térmico e higroscópico apresentaram diferenças mais significativas quando comparadas aos dias de finais de semana.

No uso de sala de exposições, onde os ambientes não são operados de forma diferente ao longo do dia, as curvas mostraram-se mais suaves, sem esses pontos de interferência. Em razão disso, a diferença de comportamento entre os dias de semana e os dias de final de semana, para este uso, foram menores.

4.3 Resultados das medições lumínicas

Pelo fato de as condições de céu do levantamento de dezembro de 2015 não serem as características para o período de solstício de verão (Figura 106), realizou-se a comparação entre os resultados deste levantamento e do levantamento realizado no mês de janeiro de 2016, antes das demais análises. Percebendo que havia uma diferença significativa nos resultados em todos os ambientes, como mostra o exemplo das figuras 107 e 108, optou-se por descartar os resultados das medições de dezembro e utilizar os levantamentos de janeiro para caracterizar o solstício de verão. Ainda assim, os resultados para o levantamento de dezembro foram mantidos no Apêndice B deste trabalho.



Figura 106 – Condições de céu para as medições lumínicas do mês de dezembro de 2015.

Fonte: A autora.

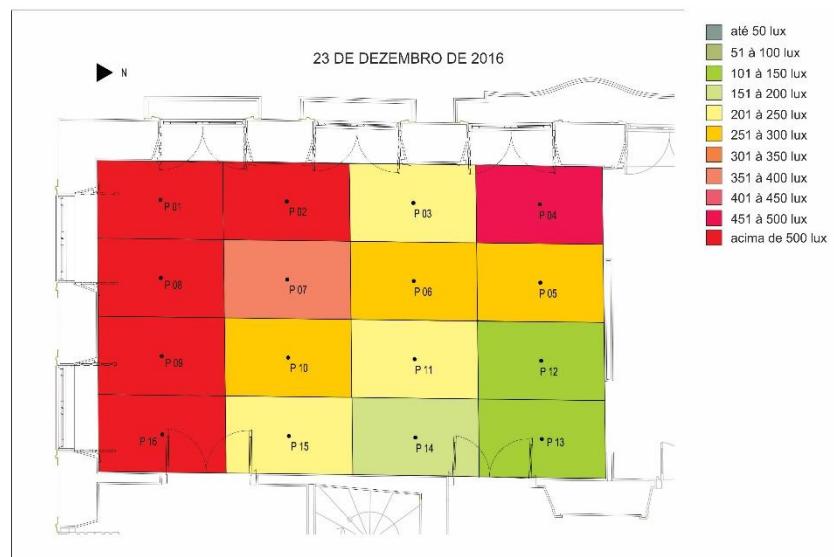


Figura 107 – Resultados das medições lumínicas para o mês de dezembro de 2015 no ambiente administrativo do Casarão 2.

Fonte: A autora.

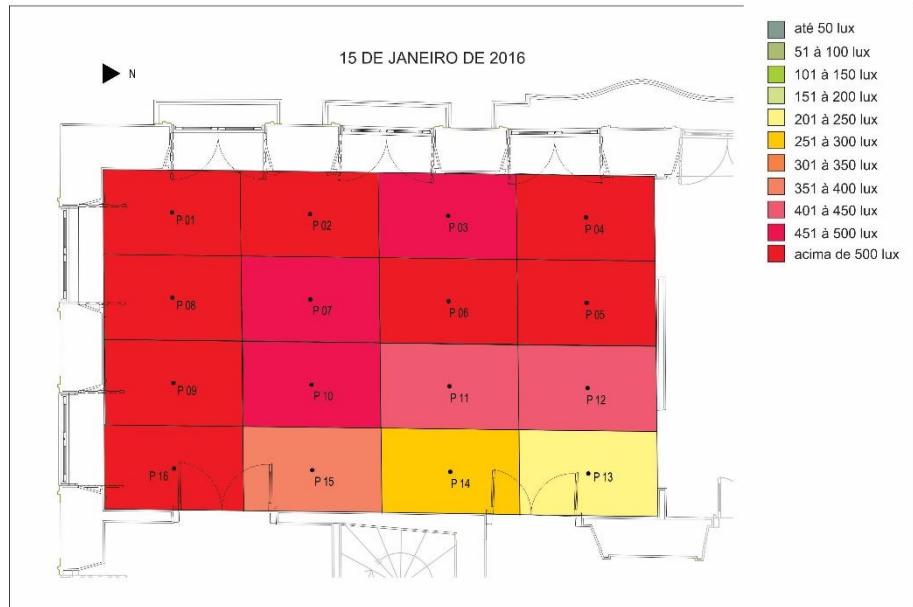


Figura 108 – Resultados das medições lumínicas para o mês de janeiro de 2016 no ambiente administrativo do Casarão 2.

Fonte: A autora.

4.3.1 Resultados das medições lumínicas no solstício de verão

As medições lumínicas referentes ao solstício de verão foram realizadas no dia 15 de janeiro de 2015. Neste dia o céu esteve claro no primeiro horário de medição, passando para parcialmente encoberto nos demais períodos (Figura 109).

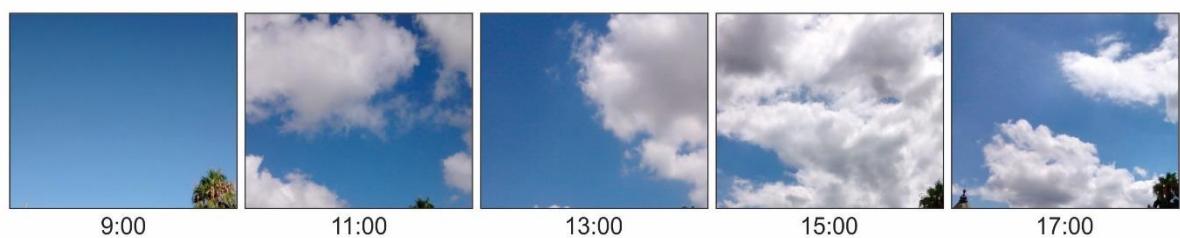


Figura 109 – Condições de céu no levantamento de solstício de verão.

Fonte: A autora.

Os valores de iluminância foram coletados em cada ponto de medição, nos seis ambientes, para os cinco horários trabalhados. Para análise dos resultados, optou-se

por realizar a média de valores encontrados no dia de medição para cada ponto de coleta. Dessa forma, o comportamento lumínico dos ambientes ficou caracterizado para cada dia de medição.

A figura 110 apresenta os resultados para o solstício de verão nos ambientes de sala de exposições.

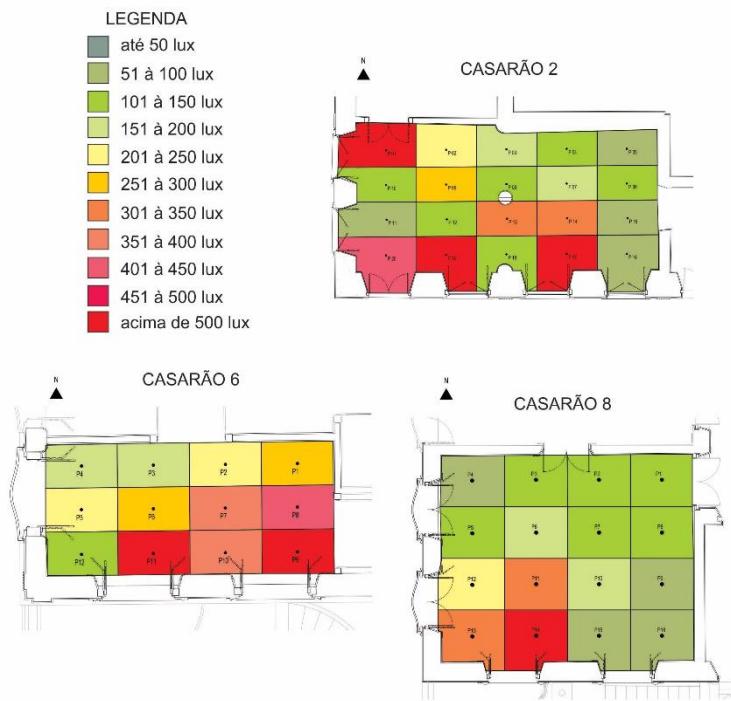


Figura 110 – Resultados das medições lumínicas para o solstício de verão nos ambientes de sala de exposições.

Fonte: A autora.

Os três ambientes com mesmo uso mostraram comportamento similar. Pelo fato de o céu do dia ter apresentado momentos parcialmente encobertos, a iluminação no interior dos espaços não foi intensa. Grande parte dos pontos apresentou iluminância inferior a 300 lux.

No Casarão 8, onde apenas um postigo permaneceu aberto durante o dia de levantamentos, estes valores foram ainda mais baixos. Na maior parte dos pontos coletados, a iluminância não atingiu níveis acima de 200 lux.

Em todos os ambientes foi possível visualizar que, próximo às aberturas, os pontos possuem maior média de iluminância diária, e que esta vai diminuindo ao longo do comprimento do espaço.

A figura 111 apresenta os resultados para o mesmo dia de medições dos ambientes administrativos.

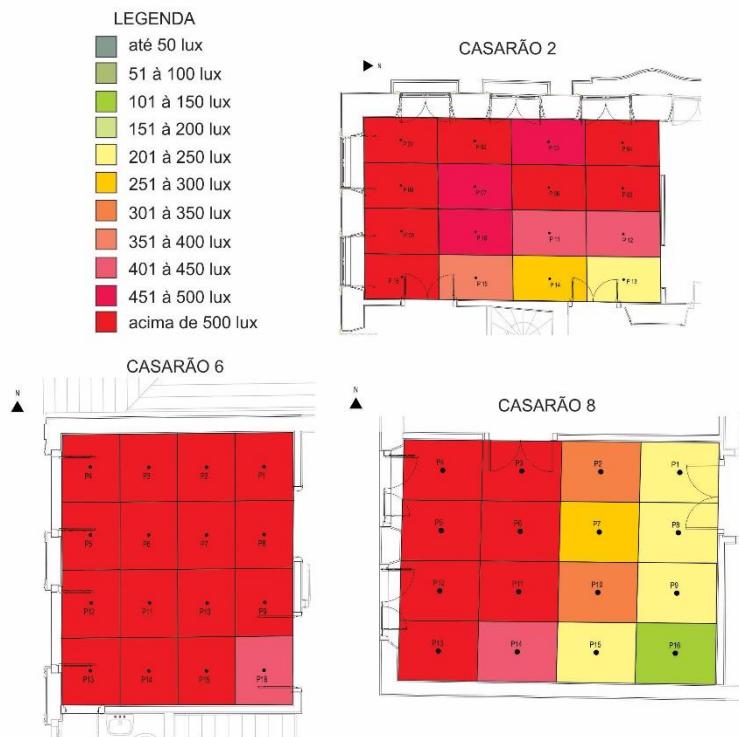


Figura 111 – Resultados das medições lumínicas para o solstício de verão nos ambientes administrativos.

Fonte: A autora.

Como os ambientes administrativos situam-se no segundo pavimento dos prédios, mais livre de obstruções externas, a incidência de luz solar foi maior. Além disso, o uso dado a estes ambientes exige uma iluminação mais intensa.

No Casarão 2 foi possível notar que, mesmo com o cuidado dos usuários em barrar a incidência direta de iluminação natural, os valores de iluminância foram bastante altos. Neste ambiente, grande parte dos pontos apresentou valores acima de 400 lux.

No Casarão 6, ambiente que não possuía utilização, as janelas foram abertas para realização dos levantamento. Sendo assim, os valores mostraram-se acima de 500 lux em quase todos os pontos.

No Casarão 8, por possuir um comprimento maior em relação a face com janelas, a iluminação mais intensa encontrou-se até metade desta dimensão. Ao fundo do ambiente a iluminância atingiu valores menores, não ultrapassando os 350 lux.

4.3.2 Resultados das medições lumínicas no equinócio de outono

No dia 23 de março de 2016 foi realizado o levantamento para o equinócio de outono. Neste dia, o céu esteve claro em grande parte do tempo (Figura 112). Apenas em alguns períodos mostrou-se parcialmente encoberto. Foi possível notar que, para o último horário de medições, o sol já estava mais baixo em relação ao levantamento anterior.



Figura 112 – Condições de céu no levantamento de equinócio de outono.

Fonte: A autora.

Os resultados das medições nos ambientes de sala de exposições para o equinócio de outono estão na figura 113.

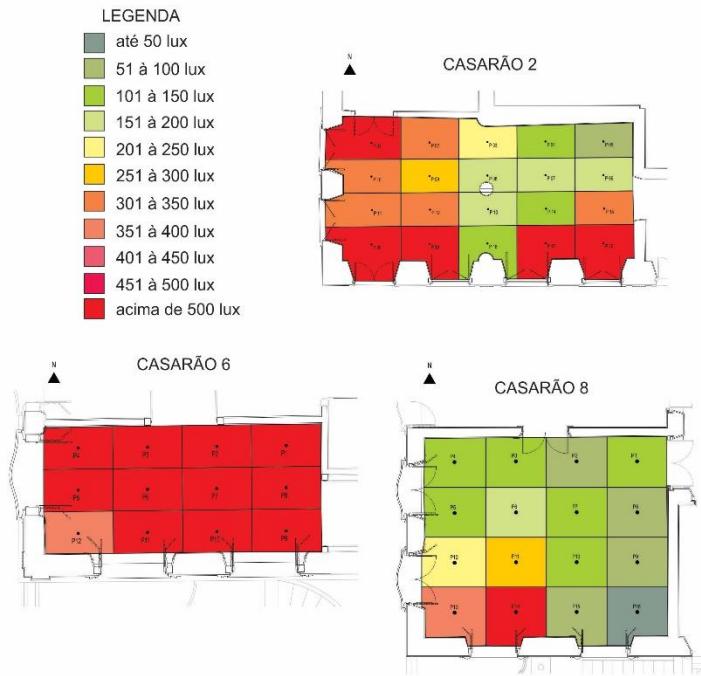


Figura 113 – Resultados das medições lumínicas para o equinócio de outono nos ambientes de sala de exposições.

Fonte: A autora.

A partir dos resultados do Casarão 2 e 6, ambientes que estavam com maior parte das janelas abertas, foi possível perceber que a incidência de luz solar neste dia foi maior que a do solstício de verão. Isso ocorre em razão da trajetória do sol, que, por estar mais baixa, alcançou com mais intensidade o pavimento térreo.

Além disso, pelo fato de não haverem obstáculos em frente as janelas, no Casarão 6 o espaço apresentou uma iluminância mais uniforme e acima de 500 lux. No Casarão 2, pela existência dos elementos de fixação das exposições, que ficam situados em frente a algumas janelas, a iluminação não atingiu toda a profundidade do ambiente.

Já o Casarão 8, por ter a iluminação natural controlada pelo uso dos postigos, apresentou um comportamento muito similar ao levantamento anterior. Nesse caso, as condições de céu não influenciaram a iluminância no interior do ambiente, já que o uso de sala de exposições conferiu o controle deste parâmetro ambiental.

A figura 114 apresenta os resultados das medições para o equinócio de outono nos ambientes administrativos.

No caso do uso administrativo a diferença de condição de céu influenciou diretamente o comportamento para iluminância destes ambientes.

O Casarão 6 mostrou-se uniforme e com todos os pontos acima de 500 lux de iluminância média. No Casarão 2, a grande maioria dos pontos mostrou-se acima dos 450 lux de iluminância, ainda maior ao levantamento do solstício de verão.

O Casarão 8, que seguiu apresentando a diferença de comportamento entre a metade mais próxima às janelas e a metade mais ao fundo do ambiente, teve os valores de iluminância elevados. Todos os pontos apresentaram-se acima de 250 lux.

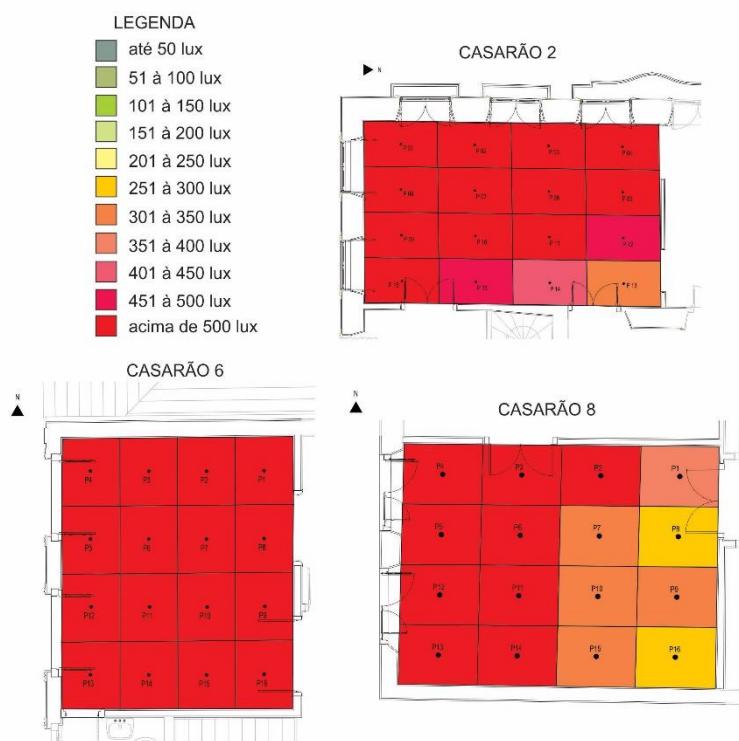


Figura 114 – Resultados das medições lumínicas para o equinócio de outono nos ambientes administrativos.

Fonte: A autora.

4.3.3 Resultados das medições lumínicas no solstício de inverno

As medições para o solstício de inverno foram realizadas no dia 28 de junho de 2016. O céu apresentou-se encoberto em grande parte do dia (Figura 115). Este é o

céu característico desta estação, portanto, foram bastante importantes os resultados para este levantamento.



Figura 115 – Condições de céu no levantamento de solstício de inverno.

Fonte: A autora.

Na Figura 116 estão os resultados para as medições deste dia nos ambientes de sala de exposições.

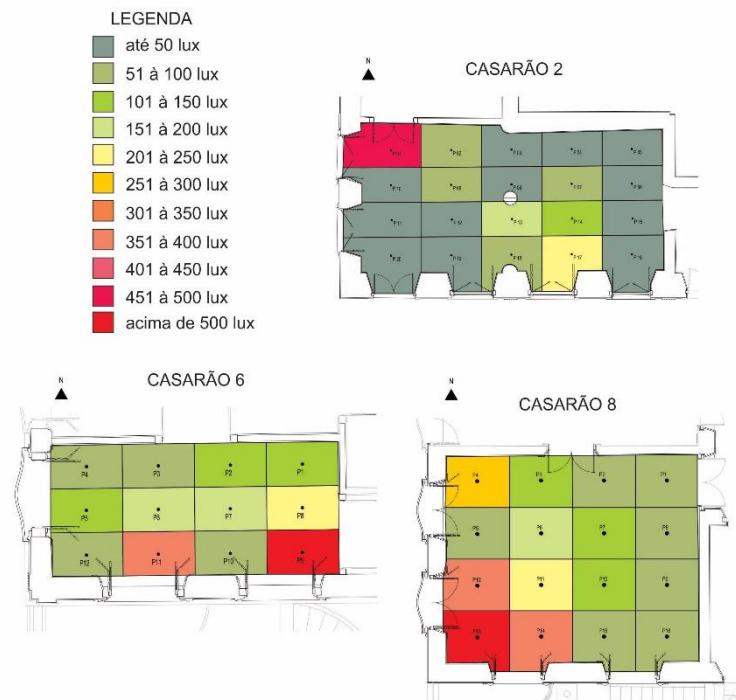


Figura 116 – Resultados das medições lumínicas para o solstício de inverno nos ambientes de sala de exposições.

Fonte: A autora.

Comprovando a influência do tipo de céu na qualidade de iluminação interna, estão os comportamentos dos ambientes dos Casarões 2 e 6. Ambos apresentaram elevada iluminância no interior dos espaços para os levantamentos anteriores e, no caso do céu encoberto, os valores médios não foram altos, nem mesmo próximo às aberturas.

No Casarão 6, onde todas as janelas estavam abertas e não existiam obstáculos para a iluminação natural, a iluminância média permaneceu abaixo dos 200 lux na maior parte dos pontos. No Casarão 2, onde existem estes obstáculos, a iluminância foi ainda menor. Grande parte dos pontos neste ambiente permaneceu abaixo dos 50 lux. Já no Casarão 8, onde a iluminação natural é controlada e, internamente existe o uso de iluminação artificial em todo o período de funcionamento diário da exposição, o comportamento seguiu similar aos demais levantamentos. Neste ambiente, a maior parte dos pontos esteve abaixo dos 150 lux.

Os resultados para o mesmo dia de medições, no equinócio de outono, para os ambientes administrativos estão na figura 117.

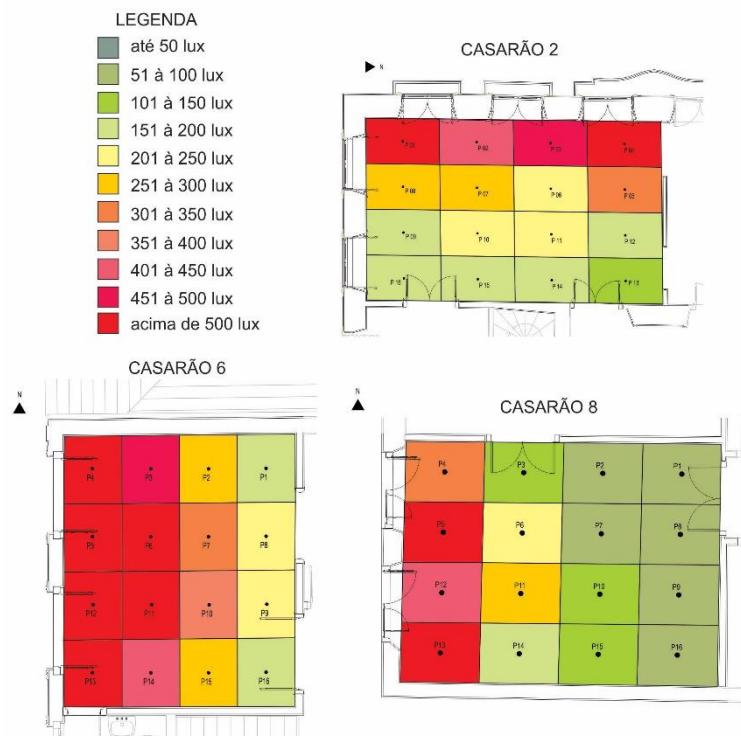


Figura 117 – Resultados das medições lumínicas para o solstício de inverno nos ambientes administrativos.

Fonte: A autora.

Da mesma forma que nos levantamentos anteriores, os ambientes com uso administrativo mostraram valores mais elevados quando comparados aos ambientes de sala de exposições. Isso se dá tanto em razão da localização destes ambientes, quanto em decorrência do próprio uso, que exige condições melhores de iluminação.

Neste caso, até mesmo o ambiente do Casarão 6, que apresentou-se bastante uniforme nos demais levantamentos, não alcançou a uniformidade para um dia com céu encoberto.

No Casarão 2, que também apresentou valores elevados de iluminância nos levantamentos anteriores, não alcançou os 300 lux na maior parte dos pontos no equinócio de inverno. Vale salientar que as medições foram realizadas conforme a configuração do espaço pelos usuários. Ou seja, neste momento, mesmo com a iluminação artificial sendo utilizada, os valores não aumentaram. Isso comprova a precariedade da iluminação artificial neste ambiente.

No Casarão 8, que já apresentava a insuficiência de iluminação na metade mais ao fundo do compartimento, neste levantamento apresentou o problema intensificado. Em dias com pouca iluminação natural, o ambiente não apresenta qualidade de iluminação em sua totalidade, apresentando muitos pontos com iluminância inferior a 100 lux.

4.3.4 Resultados das medições lumínicas no equinócio de primavera

O último levantamento das condições lumínicas foi realizado no dia 23 de setembro de 2016, para caracterização do equinócio de primavera. O céu mostrou-se claro no início e fim do dia, com períodos parcialmente encoberto (Figura 118).

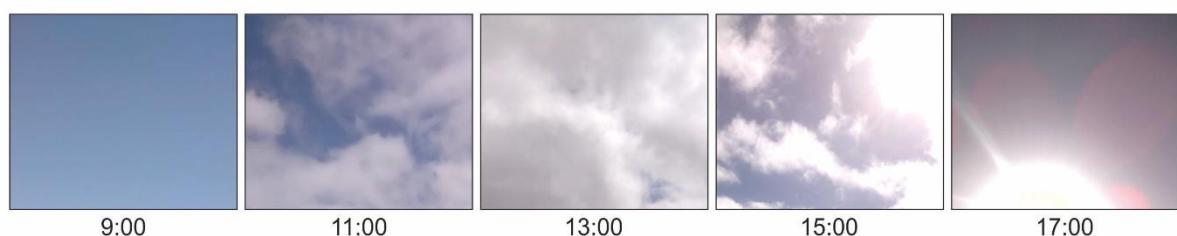


Figura 118 – Condições de céu no levantamento de equinócio de primavera.

Fonte: A autora.

A figura 119 apresenta os resultados dos valores médios de iluminância coletados neste dia, para os ambientes de sala de exposições.

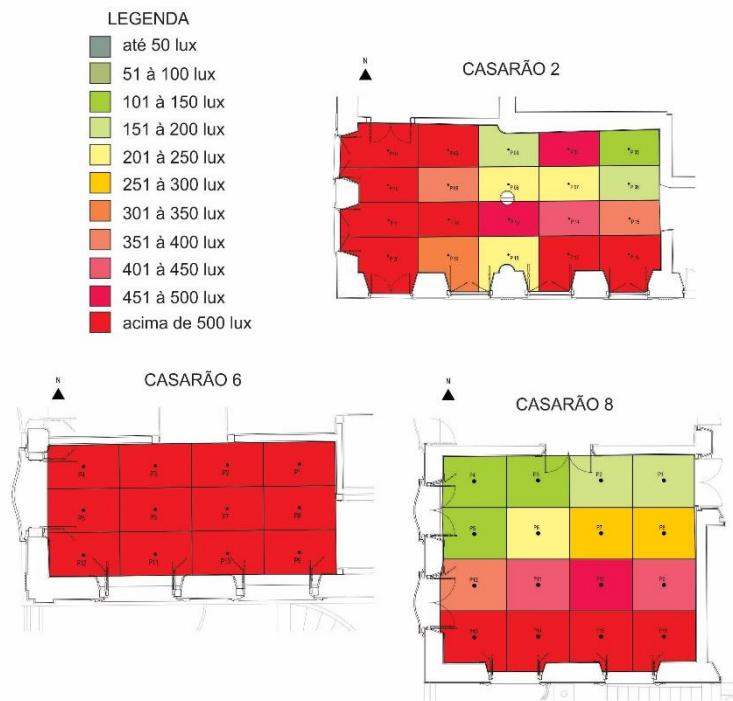


Figura 119 – Resultados das medições lumínicas para o equinócio de primavera nos ambientes de sala de exposições.

Fonte: A autora.

O comportamento dos ambientes mostrou-se conforme o esperado, em razão das condições de céu neste dia estarem melhores ao levantamento de inverno.

O ambiente do Casarão 6, mesmo em utilização novamente, não teve nenhum tipo de preocupação com o controle da incidência de iluminação natural. Neste caso, seguiu apresentando o mesmo comportamento dos levantamentos anteriores, quando suas janelas eram abertas a fim de realizar as medições. Neste dia, todos os pontos apresentaram valores de iluminância média acima de 500 lux.

O Casarão 2, mesmo com os elementos móveis para exposições que barram a iluminação ao longo de todo o espaço, apresentou índices elevados de iluminância média. Os pontos mais próximos às esquadrias, que ficam entre as estruturas móveis e as janelas, mostraram valores acima de 500 lux. Próximo às janelas da face oeste estes valores foram elevados também em pontos mais internos ao espaço, já que não

existiam estruturas móveis que barrassem a iluminação desta orientação. É provável que, sem estas estruturas, o ambiente apresentasse comportamento mais uniforme para a iluminância.

No Casarão 8 o levantamento apresentou diferença para os anteriores já que era o período de troca de exposições. Sendo assim, as janelas da face sul estavam abertas para ventilar e iluminar o ambiente durante a montagem da próxima exposição. Como as janelas da face oeste não estavam abertas, a iluminância média não foi uniforme em todo o ambiente. Próximo à face sul, todos os pontos tiveram iluminância média acima de 350 lux. Na outra metade do ambiente, grande parte dos pontos não alcançou os 200 lux.

Os resultados do equinócio de primavera para os ambientes administrativos estão na figura 120.

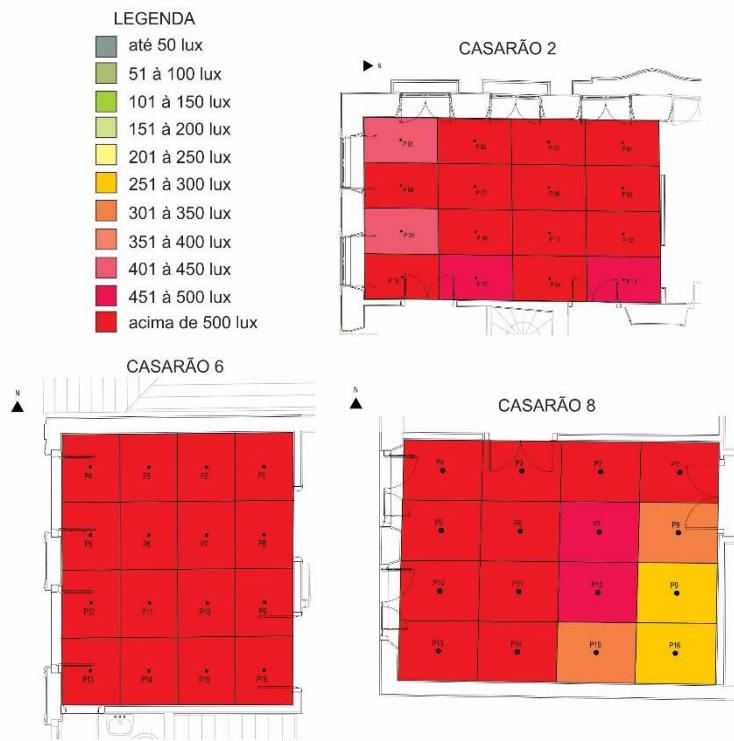


Figura 120 – Resultados das medições lumínicas para o equinócio de primavera nos ambientes administrativos.

Fonte: A autora.

Neste levantamento os ambientes de uso administrativo mostraram os maiores valores médios de iluminância.

O Casarão 6 continuou apresentando sua uniformidade, em razão da pouca profundidade do ambiente. Além disso, pelo fato de estar sem uso, não existiu nenhum tipo de interferência por usuários, provocando esta média elevada em todos os pontos, acima de 500 lux.

Concordando com o mencionado no parágrafo anterior está o comportamento do ambiente administrativo do Casarão 2. Em razão de possíveis ofuscamentos ou, até mesmo, para não aumentar a temperatura interna, os usuários acabaram por fechar alguns postigos. Isso pode ser visto, principalmente, próximo às esquadrias da face sul. Por serem pontos próximos às janelas, deveriam apresentar médias superiores, entretanto esses pontos apresentaram valores inferiores aos demais. É possível notar então, a necessidade por parte dos usuários em controlar a iluminação natural neste ambiente.

No Casarão 8, onde existiu, em todos os levantamentos, a visível diferença de iluminância nas duas metades do ambiente, teve a maior uniformidade em relação aos anteriores. Apesar de ser possível visualizar esse limite, a média de iluminância nos pontos mais a fundo do ambiente foram maiores. Isso pelo fato de o céu ter apresentado condições melhores de iluminação.

4.4 Resultados dos levantamentos de manifestações patológicas por umidade

As análises dos resultados encontrados nos levantamentos de manifestações patológicas, estão descritas de acordo com o início de cada estação, nos próximos tópicos.

4.4.1 Resultados dos levantamentos de dezembro de 2015

No levantamento de manifestações patológicas realizado em dezembro de 2015, mês de início do trabalho, o ambiente de sala de exposições que mostrou maior número de danos foi o do Casarão 2.

Diversas manifestações patológicas que podem ser associadas à presença de umidade, foram encontradas nos elementos construtivos, principalmente nos argamassados. Percebeu-se também que a maior parte desses problemas situava-se em paredes e em locais próximos ao piso, conforme figura 121.



Figura 121 – Manifestações patológicas encontradas no ambiente de exposições do Casarão 2, dezembro de 2015.

Fonte: A autora.

A localização destas anomalias pode estar associada à umidade proveniente do solo, que alcança os elementos construtivos por capilaridade. Pelo fato de este ambiente não possuir porão alto, é provável que esta seja a causa do problema. Entretanto, também foram encontradas manifestações patológicas nos mesmos elementos construtivos, porém com maior distância do piso. Nesse caso (Figura 122), é possível que a causa seja a presença de umidade por infiltração.



Figura 122 – Manifestação patológica de descolamento com causa na umidade por infiltração.

Fonte: A autora.

No ambiente de sala de exposições do Casarão 6 foram encontradas poucas manifestações patológicas associadas à presença de umidade. Apenas danos superficiais, como presença de fungos nos elementos de madeira, salientando a falta de operação destes dispositivos (Figura 123).



Figura 123 – Fungos encontrados nas janelas do ambiente de exposições do Casarão 6, dezembro de 2015.

Fonte: A autora.

Na sala de exposições do Casarão 8, foram encontradas manchas de umidade nas paredes, conforme Figura 124. Essas manchas estavam presentes em todas as paredes do ambiente, apenas nos elementos argamassados. Em esquadrias e demais elementos de madeira, não foi encontrada a presença de fungos.



Figura 124 – Manchas de umidade nas paredes do ambiente de exposições do Casarão 8, dezembro de 2015.

Fonte: A autora.

Nos ambientes administrativos dos Casarões 6 e 8 não foram encontradas manifestações patológicas relacionadas à umidade neste levantamento. Para este uso, apenas o Casarão 2 apresentou anomalias.

Esses danos foram encontrados nas esquadrias de madeira (Figura 125). Além de presença de fungos, outros elementos do mesmo material mostraram sinais de apodrecimento (Figura 126).



Figura 125 – Fungos encontrados nas janelas do ambiente administrativo do Casarão 2, dezembro de 2015.

Fonte: A autora.



Figura 126 – Esquadria de madeira com sinais de apodrecimento ambiente administrativo do Casarão 2, dezembro de 2015.

Fonte: A autora.

4.4.2 Resultados dos levantamentos de março de 2016

Os ambientes expositivos não apresentaram intensificação das manifestações patológicas encontradas no levantamento anterior. Entretanto, as mesmas anomalias encontradas no mês de dezembro permaneceram após o período de verão.

No Casarão 2, entretanto, foi possível encontrar a presença de fungos nos elementos de madeira das esquadrias e do forro (Figura 127). Esta manifestação patológica não havia sido encontrada no levantamento anterior.



Figura 127 – Presença de fungos em elementos de madeira da sala de exposições do Casarão 2, março de 2016.

Fonte: A autora.

No Casarão 6, a presença de fungos nesse tipo de elemento permaneceu, mas não apresentou aumento. No Casarão 8, apenas as mesmas manchas de umidade nas paredes foram encontradas. Essas manchas não apresentaram alteração, bem como não foram levantadas novas manifestações patológicas nesse ambiente.

Os ambientes administrativos do Casarão 6 e 8 continuaram sem apresentar problemas, relacionados à presença de umidade. No Casarão 2, no ambiente com mesmo uso, a presença de fungos apresentou menor intensidade. Por serem superficiais, é possível que tenham sido retiradas através de limpeza. No entanto, os sinais de apodrecimento de esquadrias continuaram, sem alterações significativas.

Após este levantamento, que não apresentou alterações importantes no comportamento das manifestações patológicas, realizou-se novo levantamento no mês de junho de 2016.

4.4.3 Resultados dos levantamentos de junho de 2016

O levantamento de junho, após período de outono, não alterou significativamente as manifestações patológicas dos ambientes de exposição. Apenas no Casarão 6 pode-se dizer que a presença de fungos foi constatada em outros elementos de madeira. Entretanto, de forma bastante superficial e sem intensidade (Figura 128).

O Casarão 2 permaneceu apresentando as mesmas manifestações patológicas levantadas desde dezembro de 2015, bem como o Casarão 8, onde as manchas de umidade continuaram presentes.



Figura 128 – Fungos encontrados em elementos de madeira do ambiente de exposições do Casarão 6, junho de 2016.

Fonte: A autora.

Nos ambientes com uso administrativo do Casarão 2 e 8, o comportamento continuou como nos meses anteriores. No Casarão 2, apenas manifestações patológicas de apodrecimento das esquadrias de madeira. Já no Casarão 8, não foram encontrados danos associados à presença de umidade.

Entretanto, no ambiente administrativo do Casarão 6, foi possível levantar danos relacionados à presença de fungos. Este tipo de problema não havia sido encontrado nos levantamentos anteriores. O fato do ambiente estar fechado, sem ventilação e iluminação natural, pode ter propiciado o surgimento dessas manifestações patológicas. Esses fungos, assim como nos demais ambientes que apresentaram esse problema, foram encontrados apenas nos elementos de madeira do espaço (Figura 129).



Figura 129 – Presença de fungos em elementos de madeira do ambiente administrativo do Casarão 6, junho de 2016.

Fonte: A autora.

Percebeu-se, portanto, que o Casarão 6, por estar fechado, foi o que sofreu maior influência do período de outono no seu estado de conservação.

4.4.4 Resultados dos levantamentos de setembro de 2016

O levantamento de setembro foi essencial para a análise do comportamento das manifestações patológicas nos ambientes em estudo. Após o período de inverno, ocorreu o aumento significativo de danos relacionados à presença de fungos.

Esse tipo de manifestação patológica ocorre em decorrência de falta de ventilação e iluminação natural e pela presença de sujidades nas superfícies dos elementos construtivos. Além disso, a umidade relativa do ar precisa atingir níveis superiores a 55%, fato que pode-se afirmar que ocorreu, através dos estudos de monitoramento do microclima interno (STERFINGLER, 2010; GUERRA, 2012; GUERRA et al., 2016).

Os problemas relacionados às outras formas de umidade, como acidental e proveniente do solo, não apresentaram alterações significativas no período de doze meses. As demais manifestações patológicas têm origem no sistema construtivo ou falta de manutenção, independente do uso que foi dado ao prédio.

O ambiente administrativo do Casarão 2 apresentou um maior número de manifestações patológicas relacionadas à presença de umidade ascendente por

capilaridade e por umidade accidental. As figuras 130, 131, 132 e 133 mostram o comportamento destes danos ao longo dos doze meses de levantamento.



Dezembro/2015

Março/2016

Junho/2016

Setembro/2016

Figura 130 – Comportamento de manifestação patológica por umidade ascendente no ambiente de exposições do Casarão 2.

Fonte: A autora.



Dezembro/2015

Março/2016

Junho/2016

Setembro/2016

Figura 131 – Comportamento de manifestação patológica por umidade ascendente no ambiente de exposições do Casarão 2.

Fonte: A autora.



Dezembro/2015

Março/2016

Junho/2016

Setembro/2016

Figura 132 – Comportamento de manifestação patológica por umidade ascendente no ambiente de exposições do Casarão 2.

Fonte: A autora.

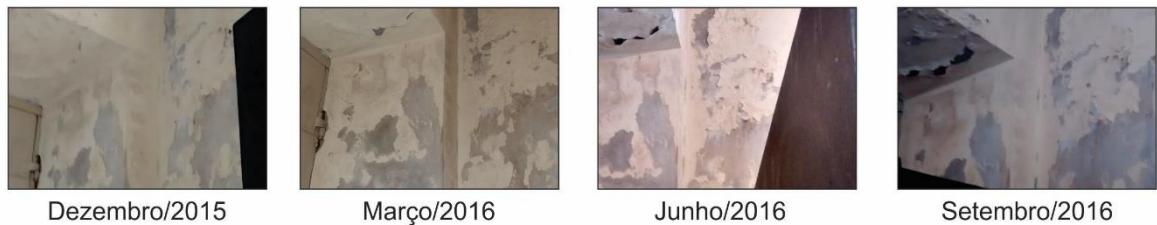


Figura 133 – Comportamento de manifestação patológica por umidade ascendente no ambiente de exposições do Casarão 2.

Fonte: A autora.

O ambiente expositivo do Casarão 6, ao contrário do exemplo anterior, apresentou manifestações patológicas relacionadas às altas taxas de umidade relativa do ar. Este ambiente permaneceu grande parte do período de levantamentos fechado, sem ventilação e iluminação natural, bem como sem limpezas periódicas. Sendo assim, foi possível perceber a presença de fungos filamentosos nos elementos de madeira a partir do segundo levantamento. Essas manifestações patológicas foram intensificando-se até o levantamento de setembro, como mostra a figura 134.



Figura 134 – Comportamento de manifestação patológica por fungos no ambiente de exposições do Casarão 6.

Fonte: A autora.

A sala de exposições do Casarão 8, por sua vez, não apresentou manifestações patológicas significativas em seus elementos construtivos. Não foram encontrados fungos filamentosos neste ambiente, bem como não foram encontrados danos mais profundos em seus materiais. As manchas existentes nas paredes (Figuras 135 e 136), mostram que o tipo de pintura, com tinta à base de cal, conforme levantamentos de Peres (2001), Lersch (2003) e Casalinho (2012), permitiu que a umidade presente nos tijolos de barro fosse liberada sem prejudicar seu revestimento.

Ou seja, neste ambiente, a escolha da tinta foi bem pensada, respeitando o sistema construtivo da época e, prevenindo danos em sua nova utilização.



Figura 135 – Comportamento das manchas de umidade no ambiente de exposições do Casarão 8.
Fonte: A autora.

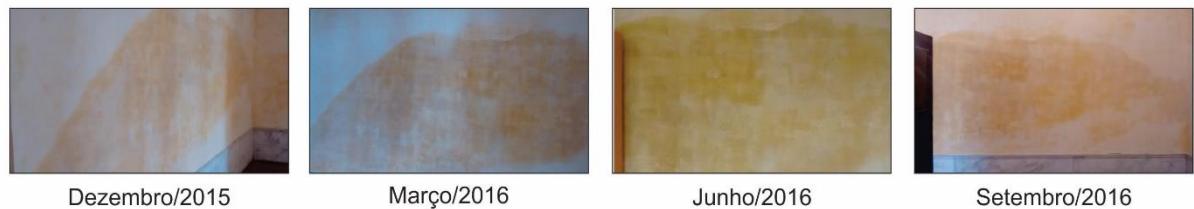


Figura 136 – Comportamento das manchas de umidade no ambiente de exposições do Casarão 8.
Fonte: A autora.

O comportamento dos ambientes administrativos esteve de acordo com os resultados anteriores. Quando em uso, como no caso do Casarão 2 e 8, não houve o crescimento significativo de fungos filamentosos nos ambientes. No Casarão 6, ambiente sem utilização e que permaneceu fechado durante os doze meses de estudo, a presença desse dano teve início no levantamento de junho e mostrou grande agravamento no levantamento de setembro, como mostra a figura 137.



Figura 137 – Presença de fungos em elementos de madeira do ambiente administrativo do Casarão 6, setembro de 2016.

Fonte: A autora.

No Casarão 8, para o uso administrativo, não foram encontradas manifestações patológicas com relação à presença de umidade. Isso mostra que, possivelmente, o uso de sala de exposições favoreceu o surgimento de manchas de umidade nas paredes. Esse uso não permitiu ventilação e iluminação natural do ambiente com frequência, diferentemente do uso administrativo, onde as janelas eram frequentemente abertas.

O ambiente administrativo do Casarão 2, apesar de, no primeiro levantamento, apresentar presença de fungos, estes não foram encontrados nos levantamentos seguintes. Ou seja, com o ambiente em uso e limpezas periódicas, esse dano era reparado. Entretanto, em razão de umidade accidental e até mesmo por falta de manutenção, o apodrecimento de esquadrias, que vinha sendo constatado desde o primeiro levantamento, ocasionou a perda de parte deste elemento (Figura 138). Esta manifestação patológica não relaciona-se com o tipo de utilização, e sim, com a falta de prevenção de danos.

Apesar de estes levantamentos mostrarem-se de grande valia às conclusões quanto aos novos usos e seu potencial de conservação das edificações, o levantamento final, juntamente com a termografia, também foi de extrema importância neste trabalho.



Figura 138 – Comportamento de manifestação patológica em esquadria de madeira do ambiente administrativo do Casarão 2.

Fonte: A autora.

4.4.5 Resultados do levantamento final e termografia

O levantamento realizado em dezembro de 2016 não apresentou alterações significativas em relação ao levantamento anterior. Apenas o ambiente expositivo do Casarão 6, que passou a ser utilizado novamente, foi higienizado e boa parte dos fungos presentes anteriormente não puderam mais ser encontrados.

A diferença neste levantamento foi o uso da termografia. Neste dia, todas as paredes internas dos ambientes foram fotografadas com câmera termográfica. Foi possível então, conhecer o comportamento destes ambientes em relação à presença de umidade, não só através das manifestações patológicas. Segundo metodologia de AL ALAM (2016), quando um mesmo elemento construtivo, composto de mesmos materiais, apresentar temperaturas inferiores em algum ponto de sua superfície fotografada, é possível que exista a presença de umidade neste elemento. Sendo assim, as análises realizadas levaram em consideração possíveis focos de umidade nas paredes de alvenaria, já que as mesmas deveriam possuir uma temperatura uniforme nas imagens termográficas.

Percebeu-se que o Casarão 2 apresentou, realmente, uma forte presença de umidade na base de suas paredes, onde estas ficam em contato com o piso (Figuras 139, 140 e 141). O fato de este prédio não possuir porão, como os demais, e pelos métodos de impermeabilização da época não serem muito desenvolvidos (BEINHAUER, 2013), a umidade proveniente do solo alcança os materiais construtivos por capilaridade. Quando essa água evapora, provoca danos nos materiais construtivos, ocasionando os descolamentos, empolamentos e

eflorescências vistos anteriormente (PERES, 2001; TERRA, 2001; LOURENÇO et al., 2006).

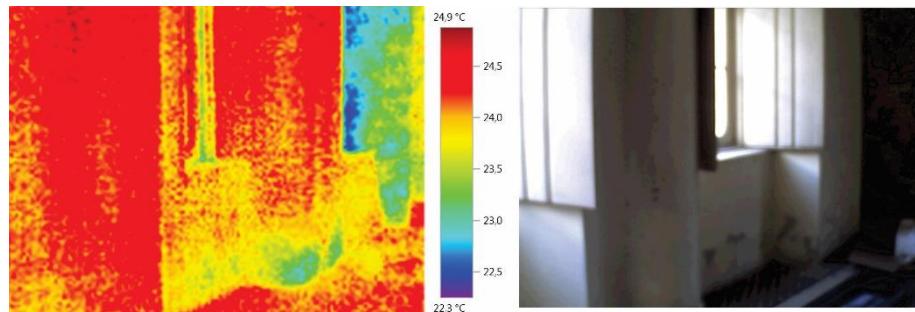


Figura 139 – Foto termográfica do ambiente de sala de exposições do Casarão 2.

Fonte: A autora.

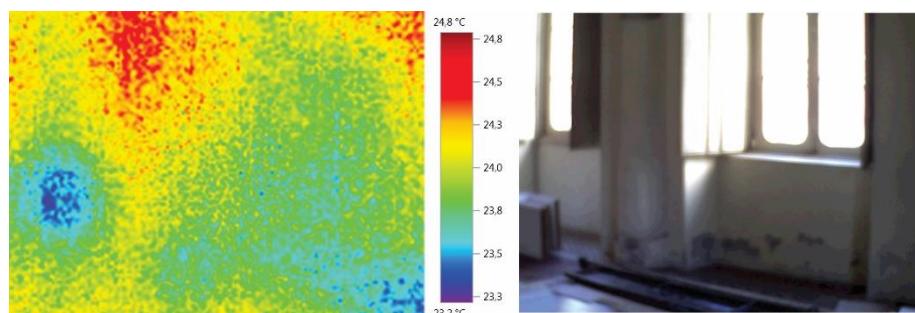


Figura 140 – Foto termográfica do ambiente de sala de exposições do Casarão 2.

Fonte: A autora.

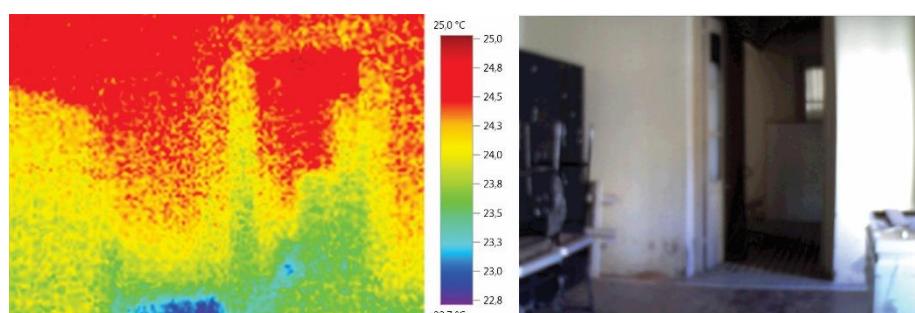


Figura 141 – Foto termográfica do ambiente de sala de exposições do Casarão 2.

Fonte: A autora.

Notou-se neste ambiente a significativa diferença de temperatura entre a base e o topo das paredes, comprovando a presença de umidade coincidindo com os pontos onde as manifestações patológicas foram mais recorrentes. A imagem 142

mostra o caso da manifestação patológica por umidade accidental. Nesse caso, a presença de umidade não limita-se a base da parede, sobrepondo as áreas de descolamento com empolamento.

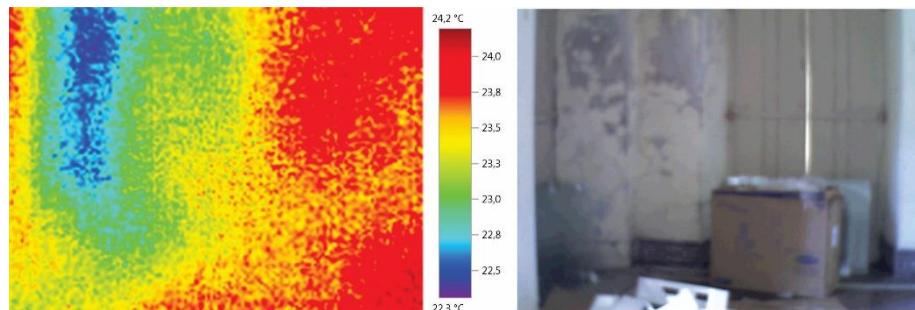


Figura 142 – Foto termográfica de manifestação patológica por umidade accidental na sala de exposições do Casarão 2.

Fonte: A autora.

No ambiente de sala de exposições do Casarão 6 percebeu-se que a temperatura dos elementos de madeira foi inferior aos elementos de alvenaria e argamassa (Figura 143). As paredes não apresentaram diferença de umidade entre sua base e o ponto mais alto, bem como não foram encontradas manifestações patológicas nesses elementos (Figura 144).

Entretanto, nesse ambiente foram encontrados fungos filamentosos nos elementos de madeira. Isso porque esses elementos apresentam temperatura inferior e, portanto, umidade superior. Além disso, percebeu-se também que o fato de o piso ser ventilado pelo porão, a temperatura deste é significativamente mais baixa que os demais elementos da construção (Figura 145).

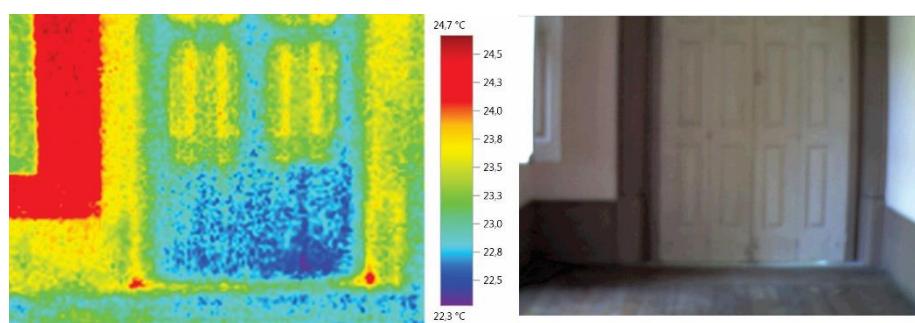


Figura 143 – Foto termográfica do ambiente de sala de exposições do Casarão 6.

Fonte: A autora.

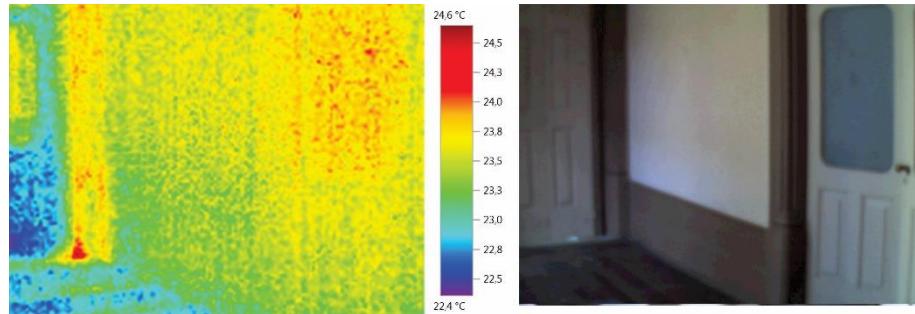


Figura 144 – Foto termográfica do ambiente de sala de exposições do Casarão 6.

Fonte: A autora.

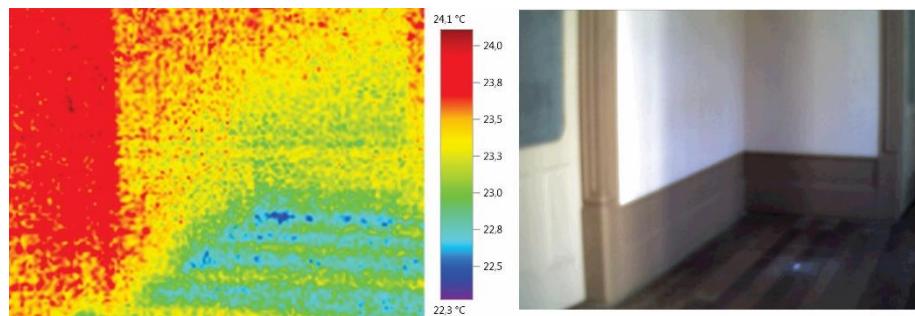


Figura 145 – Foto termográfica do ambiente de sala de exposições do Casarão 6.

Fonte: A autora.

No Casarão 8, notou-se a mesma diferença de temperatura entre elementos de madeira e as paredes de alvenaria. As manchas de umidade, porém, mostraram-se superficiais, já que não coincidem, em todos os casos, com pontos de menor temperatura nas imagens termográficas (Figuras 146, 147 e 148).

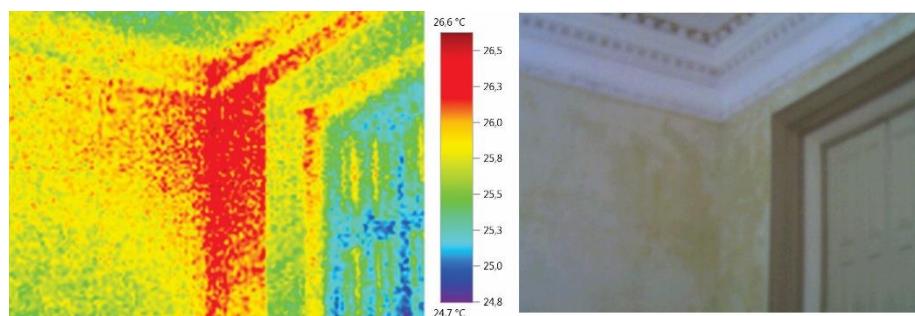


Figura 146 – Foto termográfica do ambiente de sala de exposições do Casarão 8.

Fonte: A autora.

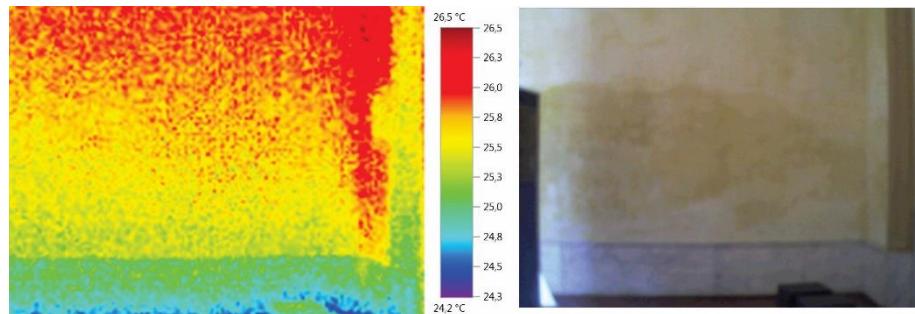


Figura 147 – Foto termográfica do ambiente de sala de exposições do Casarão 8.

Fonte: A autora.

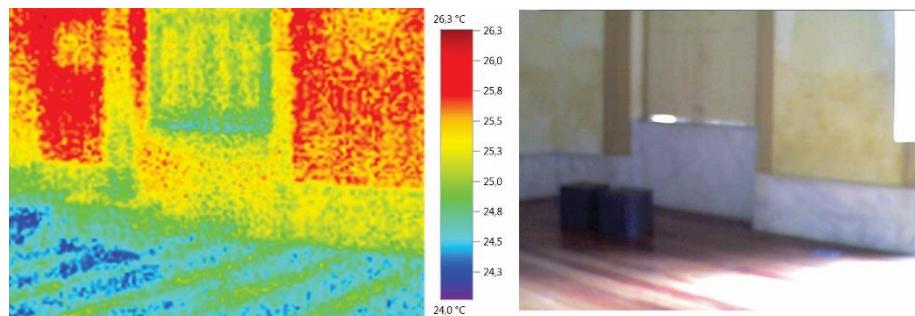


Figura 148 – Foto termográfica do ambiente de sala de exposições do Casarão 8.

Fonte: A autora.

No ambiente administrativo do Casarão 2 as fotos termográficas mostram que não existiam pontos de umidade nas paredes internas (Figuras 149 e 150). Fato que coincidiu com os levantamentos de manifestações patológicas, visto que nenhuma foi encontrada nestes elementos construtivos.

Entretanto, neste ambiente foram levantados problemas de apodrecimento das esquadrias de madeira, coincidindo com o comportamento dos peitoris das janelas, onde foram percebidas temperaturas inferiores, que podem significar problemas com infiltração de água (Figura 151). Embora não tenham sido encontradas manifestações patológicas nos peitoris das janelas, é possível que danos neste local venham a surgir se o problema não for corrigido.

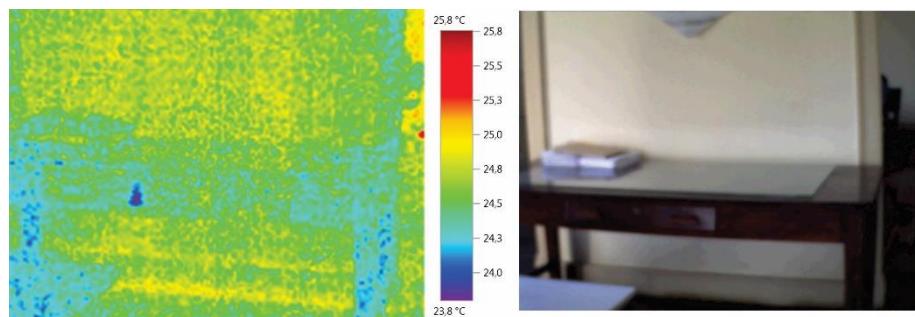


Figura 149 – Foto termográfica do ambiente administrativo do Casarão 2.

Fonte: A autora.

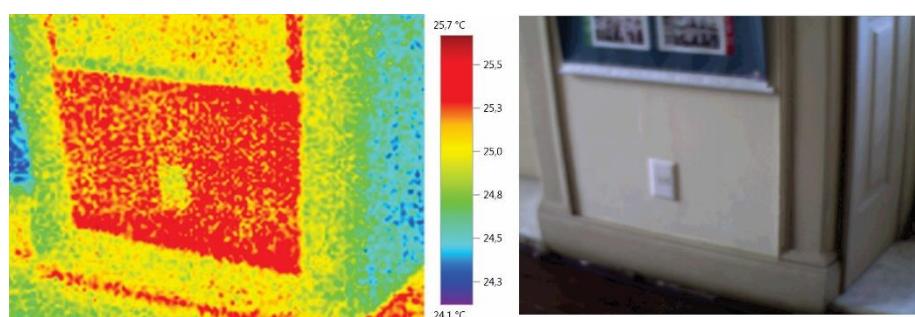


Figura 150 – Foto termográfica do ambiente administrativo do Casarão 2.

Fonte: A autora.

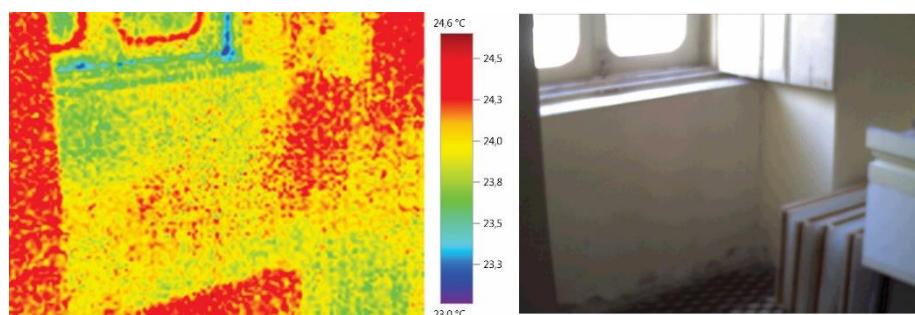


Figura 151 – Foto termográfica do ambiente administrativo do Casarão 2.

Fonte: A autora.

O ambiente administrativo do Casarão 6 mostrou comportamento similar ao ambiente de sala de exposições do mesmo prédio, onde foram encontradas manifestações patológicas relacionadas somente a fungos filamentosos. Nesse caso, as imagens termográficas confirmaram a inexistência de outras manifestações patológicas, já que não existem fontes de umidade no ambiente (Figuras 152, 153 e 154).

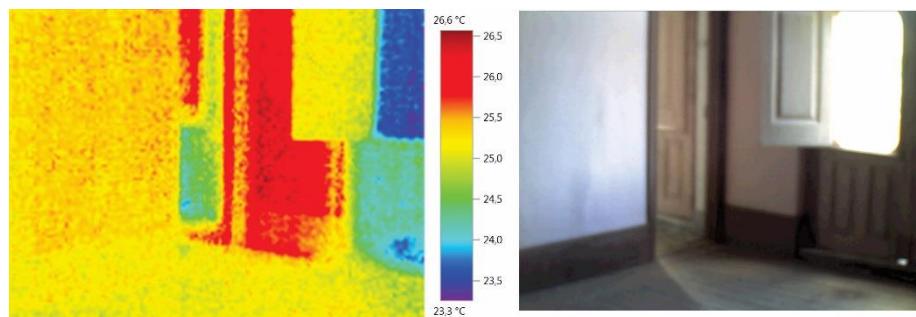


Figura 152 – Foto termográfica do ambiente administrativo do Casarão 6.

Fonte: A autora.

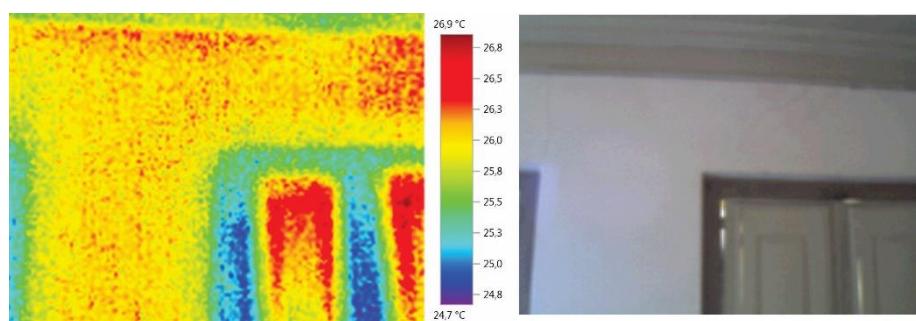


Figura 153 – Foto termográfica do ambiente administrativo do Casarão 6.

Fonte: A autora.

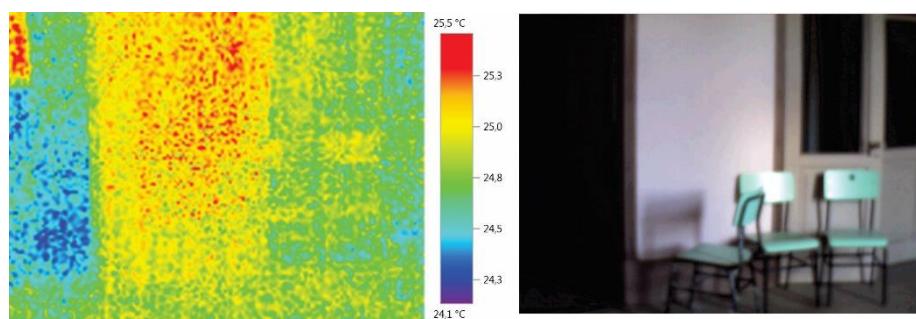


Figura 154 – Foto termográfica do ambiente administrativo do Casarão 6.

Fonte: A autora.

O ambiente administrativo do Casarão 8 não apresentou nenhuma forma de manifestação patológica relacionada à presença de umidade (Figuras 155 e 156). Isso porque, além de não apresentar pontos de umidade no ambiente, como no caso do Casarão 6, este manteve-se em uso. Essa utilização, com limpezas periódicas, ventilação e iluminação natural, impediu a formação de fungos.

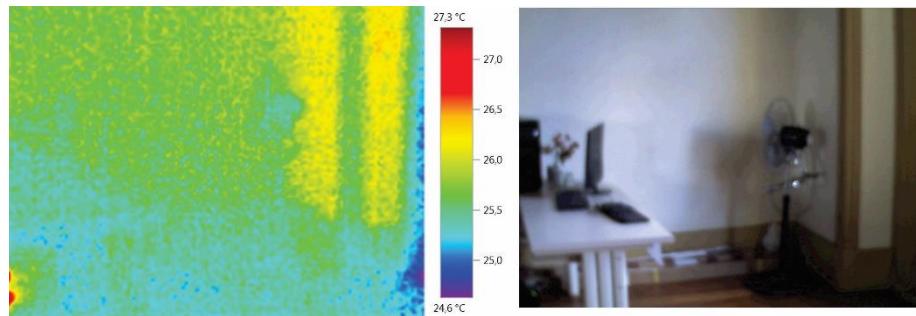


Figura 155 – Foto termográfica do ambiente administrativo do Casarão 8.

Fonte: A autora.

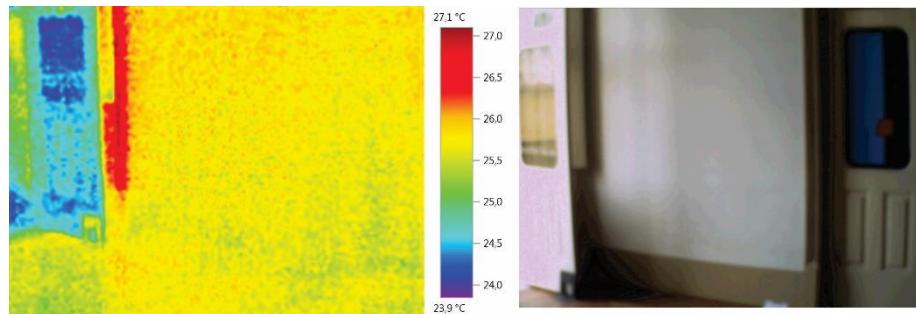


Figura 156 – Foto termográfica do ambiente administrativo do Casarão 8.

Fonte: A autora.

As imagens termográficas confirmaram os diagnósticos realizados através do comportamento de manifestações patológicas em um período de doze meses. Além disso, apresentaram uma nova fonte de umidade no ambiente administrativo do Casarão 2, que ainda não provocou um dano externo. Isso mostrou a importância deste tipo de ensaio, principalmente em prédios tombados, que não podem ter suas características alteradas (SILVA, 2012).

Sendo assim, pode-se dizer que os métodos utilizados foram complementares e essenciais para os resultados dessa pesquisa.

4.5 Resultados da análise comparativa dos parâmetros ambientais com normas e recomendações

Para realização da verificação dos parâmetros de temperatura e umidade relativa do ar, tanto para uso de sala de exposições, quanto para o uso administrativo,

foram classificadas as condições climáticas para os meses características descritos na metodologia.

Para a verificação dos parâmetros de iluminância, nos dois usos, foi realizada a caracterização do comportamento dos ambientes para cada estação do ano, já que as medições foram feitas em dias de troca de estações.

4.5.1 Verificação dos parâmetros normatizados para o uso de espaços expositivos

Nos meses com maior e menor média de temperatura, o comportamento térmico interno dos três ambientes de sala de exposições mostrou-se, em relação ao intervalo ideal de 15° a 25°C, conforme as figuras 157 e 158.

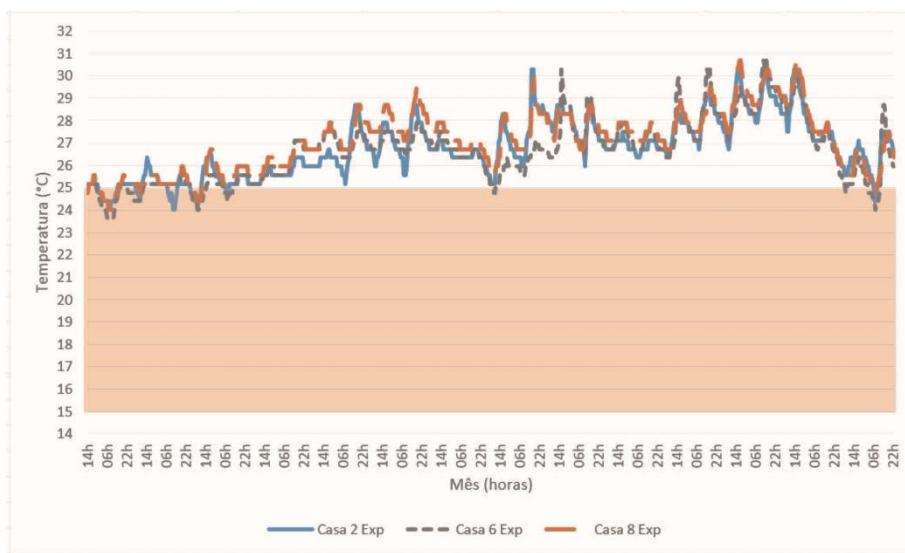


Figura 157 – Comportamento térmico dos ambientes expositivos em relação ao intervalo ideal, em mês com maior temperatura média.

Fonte: A autora.

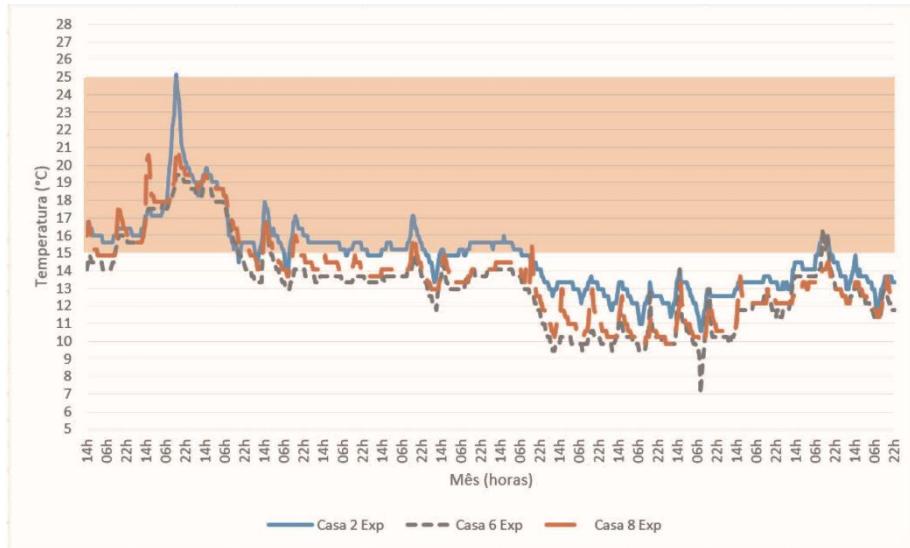


Figura 158 – Comportamento térmico dos ambientes expositivos em relação ao intervalo ideal, em mês com menor temperatura média.

Fonte: A autora.

A inexistência de equipamentos de climatização artificial no interior dos ambientes não permitiu controlar os valores internos da temperatura, conforme especificações. No mês com média mais elevada, de 24,5°C, as temperaturas internas estiveram em grande parte do tempo acima dos 25 °C de limite máximo. No mês com média de 10,6°C, as temperaturas apresentaram-se abaixo dos 15°C, principalmente nos ambientes dos Casarões 6 e 8.

Em ambos os casos, os três ambientes apresentaram temperaturas acima da média mensal. Os valores internos de temperatura do ar estiveram mais próximos, entre os ambientes, no mês de verão em comparação ao mês de inverno, em razão da variação maior de temperatura externa, que influencia de forma mais significativa a temperatura interna dos prédios com menor capacidade térmica.

Percebe-se que o Casarão 2 obedeceu o intervalo térmico especificado durante aproximadamente metade do mês de junho. Além disso, suas temperaturas internas foram as mais elevadas ao longo de todo o mês. Isso em razão de sua alta capacidade térmica, além da maior operação de janelas que permitiu as temperaturas internas entrarem em elevação de forma mais rápida. Por ser um mês de frio, o aumento das temperaturas internas favoreceu o cumprimento das especificações, o que não aconteceu em fevereiro, quando as temperaturas estiveram mais altas que o limite máximo estabelecido para o novo uso.

Entretanto, apesar de obedecer em mais momentos, o intervalo especificado, o Casarão 2 recebeu poucas exposições e não apresentava métodos de controle desse parâmetro. Já o Casarão 8, que abrigava exposições, não alcançou os valores ideais de temperatura para seu uso e apresentou comportamento similar ao Casarão 6, que encontrava-se fechado nesses meses. Isso aconteceu pois os prédios não possuem climatização artificial e o sistema construtivo dos mesmos não garantiu as condições ideais.

É possível que em dias com temperaturas amenas, porém não extremamente baixas, os ambientes consigam manter-se dentro do intervalo ideal durante mais tempo. Considerando a média anual de temperatura da cidade de 17,8°C, e entendendo que os valores internos para esse parâmetro foram superiores às médias analisadas nos três ambientes, é possível que eles consigam apresentar as condições especificadas (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2016a). Entretanto, em meses extremos, as temperaturas internas não obedeceram às especificadas para conservação de acervo.

Para o parâmetro ambiental de umidade relativa do ar, foram analisados os gráficos para os mesmos meses a fim de perceber se encontravam-se dentro dos limites de 40% a 60% indicado por Velios (2014) (Figuras 159 e 160).

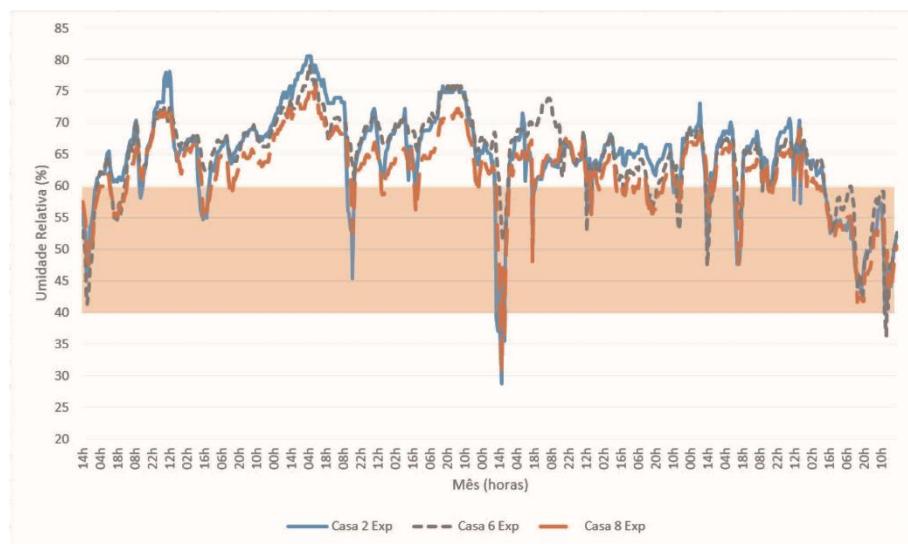


Figura 159 – Comportamento higroscópico dos ambientes expositivos em relação ao intervalo ideal, em mês com maior temperatura média.

Fonte: A autora.

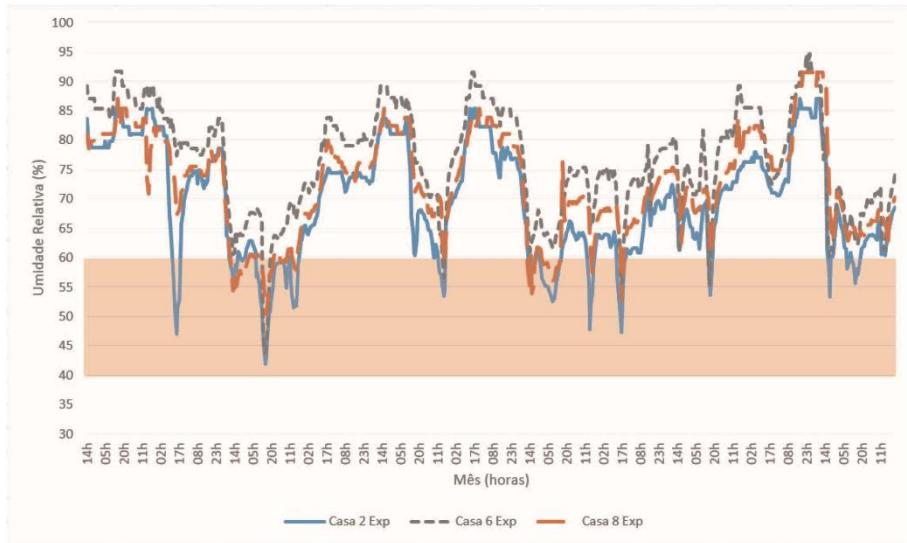


Figura 160 – Comportamento higroscópico dos ambientes expositivos em relação ao intervalo ideal, em mês com menor temperatura média.

Fonte: A autora.

Por tratarem-se de temperaturas extremas, os valores de umidade relativa para estes meses aconteceu da mesma forma. Por essa razão, quando as temperaturas estiveram baixas, as taxas de umidade relativa do ar no interior dos ambientes apresentaram-se acima do limite máximo em grande parte do mês de junho. No mês em que as temperaturas foram mais elevadas, os valores para umidade relativa do ar mostraram-se menores, por consequência.

Pode-se dizer que os valores de umidade relativa do ar estiveram mais próximos ao intervalo no mês de fevereiro, já que este parâmetro também é mais baixo externamente. Entretanto, a cidade caracteriza-se por uma alta média anual de umidade relativa do ar, de 80,7%, o que torna o gráfico de junho mais próximo da realidade em grande parte do ano (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2016a).

É preciso considerar também a variação diária dos valores de umidade relativa interna, que não pode ser maior de 10%. Segundo Velios (2014), ASHRAE (2015) e Michalsky (2016), essa variação é altamente prejudicial aos materiais expositivos, além dos construtivos (SILVA, HENRIQUES, 2014). Nestes gráficos mensais não é possível perceber essa variação diária, entretanto, pode ser notada nos gráficos de comportamento diário. Sendo assim, mesmo obedecendo o intervalo ideal, em alguns momentos do mês, os valores internos de umidade relativa do ar tendem a sofrer

grandes variações diárias, o que torna esse parâmetro prejudicial aos materiais. Reitera-se portanto, a necessidade de climatização artificial para controle também desse parâmetro.

Para análise dos resultados de iluminância, optou-se por calcular a porcentagem de pontos que apresentaram-se dentro do limite mínimo especificado pela norma, de 300 lux, para cada dia de medição (ABNT, 2013). As tabelas com os resultados de cada dia de medição, para cada ambiente, podem ser visualizadas no Apêndice C deste trabalho. O comportamento da iluminância dos ambientes de uso expositivo, estão expostos na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados das medições lumínicas para ambientes de Sala de Exposição.

Porcentagem de pontos com valores iguais ou acima de 300 lux (ABNT, 2013)				
	Solstício de Verão	Equinócio de Outono	Solstício de Inverno	Equinócio de Primavera
Casarão 2	31%	41%	5%	56%
Casarão 6	45%	67%	17%	97%
Casarão 8	16%	14%	24%	53%

Fonte: A autora.

A partir da Tabela 11, pode-se dizer que o ambiente expositivo do Casarão 6 foi o que apresentou maior porcentagem de pontos acima do limite mínimo em grande parte das medições. Entretanto, este era o único ambiente que encontrava-se sem uso nos três primeiros levantamentos. Ainda assim, no levantamento do equinócio de primavera, quando apresentou quase a totalidade de pontos acima de 300 lux, este espaço estava em utilização, demonstrando que, neste quesito, mostrou-se satisfatório.

No entanto, apesar de mostrar-se satisfatório para o limite mínimo de 300 lux, conforme NBR 8995 (ABNT, 2013), percebeu-se que, neste ambiente, não existiu qualquer preocupação em relação à proteção do acervo exposto às deteriorações provenientes da iluminação natural (BENCATEL, 2012).

O ambiente do Casarão 8, por ser o que apresentava maior controle de incidência de luz natural, atingiu o limite ideal em poucos momentos. No último

levantamento, quando o número de pontos mostrou-se acima de 50%, o espaço não estava sendo utilizado para exposições. Isso demonstra que, mesmo sem necessidade de rigidez na conservação de acervos, não se alcançou o valor mínimo para boa visualização das exposições pelos usuários (BENCATEL, 2012; ABNT, 2013).

O caso destes dois ambientes, em relação à questão de iluminação dos espaços expositivos, exemplifica a dificuldade de tratamento de espaços para este uso. O nível de iluminação não foi alcançado em nenhum dos casos. Ao mesmo tempo, foram priorizadas questões expositivas, no Casarão 8, e nenhum tipo de controle lumínico, no Casarão 6. Da mesma forma, não atingiu-se um equilíbrio entre estes objetivos (BENCATEL, 2012; RIBEIRO, LOMARDO, 2014).

O ambiente do Casarão 2, que em poucos momentos esteve abrigando exposições, não atingiu o valor mínimo de iluminância em grande parte dos levantamentos. Isso porque, mesmo com postigos abertos, as estruturas localizadas em frente às janelas, não permitiam a iluminação correta do interior.

Pode-se afirmar então, que não existiu qualquer tipo de cuidado no alcance das condições lumínicas adequadas para conforto visual dos usuários, nos ambientes de exposições dos Casarões 2 e 8. Nestes casos, primou-se apenas pela criação de um cenário de pouca luz, no caso do Casarão 8, ou não houve um projeto para disposição das estruturas a fim de garantir boa iluminação do espaço, no caso do Casarão 2. Além disso, não demonstrou-se preocupação com controle de iluminação natural, no caso do Casarão 6.

A Tabela 12 apresenta o resumo dos resultados analisados neste tópico.

Tabela 12 – Resultados da verificação dos parâmetros ambientais para ambientes de Sala de Exposição.

Verificação dos Parâmetros Ambientais para Uso de Salas de Exposições				
	IIC (VELIOS, 2014)		NBR 8995 (ABNT, 2013)	Resultados
	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	
Temperatura	15ºC	25ºC		Regular
Umidade Relativa do Ar	40%	60%		Insatisfatório
Iluminância			300 lux	Insatisfatório

Fonte: A autora.

Conclui-se, com este quadro, que, os ambientes em análise não possuem potencial para abrigar exposições em todos os parâmetros analisados. Medidas passiva de controle da temperatura e umidade são difíceis de serem empregadas em prédios tombados, o que dificulta ainda mais a utilização destes prédios este uso (MENDES, 2013; RIBEIRO, LOMARDO, 2014). Por outro lado, o emprego de climatização artificial, além de proporcionar maiores gastos energéticos e financeiros, pode provocar o desequilíbrio dos materiais construtivos (SILVA, HENRIQUES, 2014; 2015). Entretanto, conhecendo o comportamento microclimático e lumínico dos prédios é possível realizar um projeto eficiente, que compatibilize as características construtivas com equipamentos de climatização e iluminação artificial, melhorando de forma significativa o comportamento interno desses ambientes para os parâmetros ambientais analisados.

4.5.2 Verificação dos parâmetros normatizados para o uso de espaços administrativos

Para a verificação da temperatura nos ambientes administrativos, realizou-se o cálculo da temperatura operativa de conforto de acordo com a temperatura média de

cada mês analisado. Em fevereiro de 2016, quando a média mensal foi de 24,5°C, a temperatura operativa de conforto foi calculada em 25,1°C. No mês de junho, com média mensal de 10,6°C, a temperatura operativa de conforto encontrada foi de 21,6°C (ASHRAE, 2009). As figuras 161 e 162 apresentam o comportamento dos ambientes em relação à temperatura ideal.

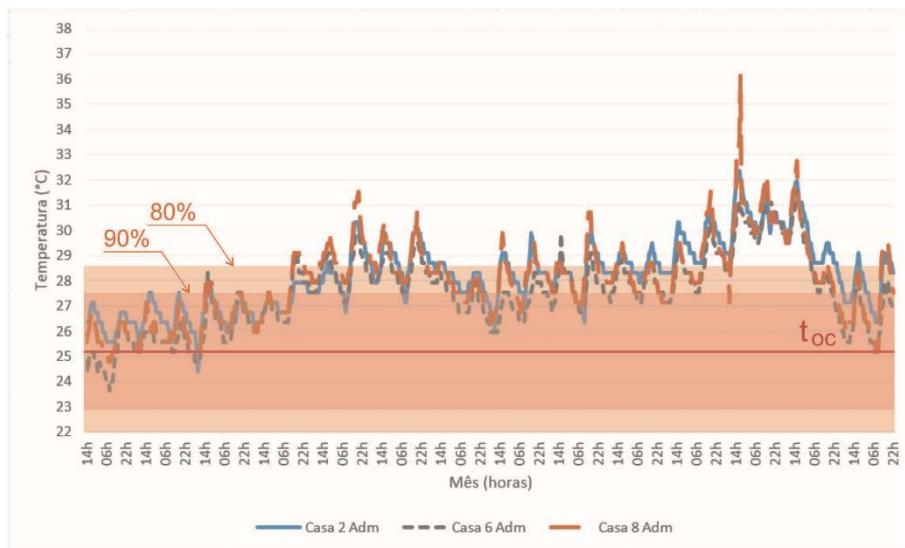


Figura 161 – Comportamento térmico dos ambientes administrativos em relação à temperatura operativa de conforto, em mês com maior temperatura média.

Fonte: A autora.

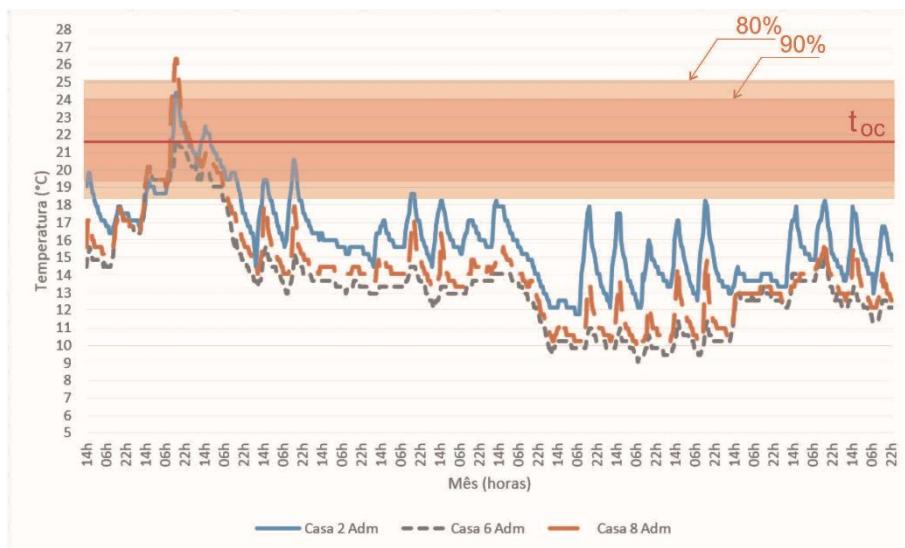


Figura 162 – Comportamento térmico dos ambientes administrativos em relação à temperatura operativa de conforto, em mês com menor temperatura média.

Fonte: A autora.

Diferentemente do uso anterior, o mês de verão foi o que apresentou melhores valores de temperatura interna no uso administrativo. Grande parte do mês esteve dentro do intervalo com 80% de aceitabilidade por parte dos usuários. Entretanto, em poucos momentos a temperatura operativa de conforto foi alcançada.

No mês com menor média de temperatura, no entanto, o comportamento interno mostrou-se mais distante do ideal. As temperaturas internas não ficaram próximas à temperatura operativa de conforto em grande parte do mês. Nem mesmo em relação à aceitabilidade de 80% pôde-se perceber condições de conforto térmico. É possível notar também, que o Casarão 2 esteve mais tempo dentro dos intervalos de 90% e 80% de aceitabilidade em comparação aos demais ambientes.

O Casarão 2 apresentou as maiores temperaturas durante todo o mês de inverno, bem como em vários momentos do mês de verão, em razão de suas características construtivas e maior interferência dos usuários. Sabendo que os usuários deste ambiente utilizam aquecedores e ventiladores, fica clara a necessidade de climatização artificial também neste uso, já que a procura por climatizadores artificiais é um indício da falta de conforto térmico sentida pelos usuários.

O Casarão 6, que permanecia fechado, as temperaturas internas ficaram mais distantes da temperatura operativa de conforto durante todo o mês. Além das características construtivas, similares ao Casarão 8, suas aberturas não eram operadas, bem como não recebia usuários e equipamentos, não promovendo o aumento de sua temperatura interna.

O Casarão 8, mesmo em uso, apresentou temperaturas internas inferiores ao Casarão 2, e não suficientes para serem consideradas confortáveis por 80% dos usuários em grande parte do mês de inverno. Seu sistema construtivo, mesmo com abertura de janelas, não permitia armazenar o calor, o que manteve seu comportamento térmico ameno internamente.

O comportamento dos três ambientes, para o mês de junho, onde as temperaturas são mais amenas e, portanto, mais próximas à média anual da cidade, mostra que também para o uso administrativo a climatização artificial é necessária na garantia do conforto térmico dos usuários em todos os prédios (RIBEIRO, 2010; RITTER, 2014)

Os ambientes administrativos apresentaram os comportamentos para umidade relativa do ar, nos mesmos meses de análise, e para o limite de 30% à 60%, conforme figuras 163 e 164 (ASHRAE, 2001).

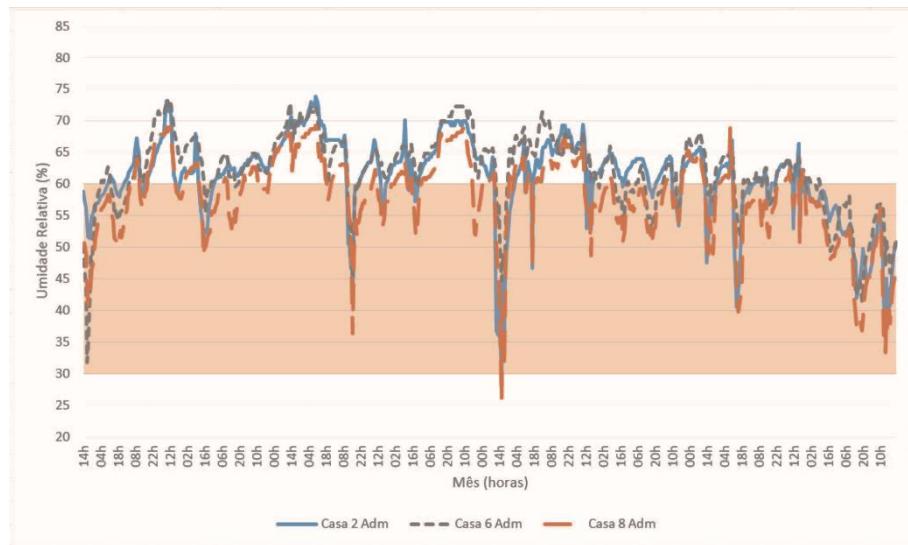


Figura 163 – Comportamento higroscópico dos ambientes administrativos em relação ao intervalo ideal, em mês com maior temperatura média.

Fonte: A autora.

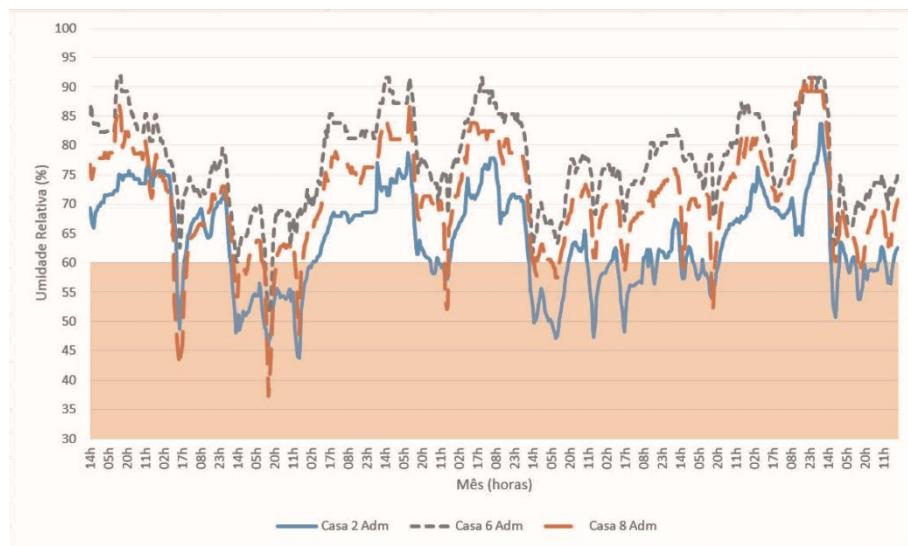


Figura 164 – Comportamento higroscópico dos ambientes administrativos em relação ao intervalo ideal, em mês com menor temperatura média.

Fonte: A autora.

Para o mês com maior temperatura, quando as taxas de umidade relativa são menores, estas encontraram-se dentro do intervalo ideal de 30% a 60% durante períodos significativos. No mês com temperaturas menores, os valores de umidade relativa interna mostraram-se acima do limite máximo ideal na maior parte do mês.

É possível perceber que, nos dois meses, o Casarão 6 apresentou valores mais altos de umidade relativa do ar interna, embora em fevereiro essa diferença tenha sido menos significativa em relação aos demais ambientes. O fato de encontrar-se fechado, sem ventilação natural, não permitiu o aumento das temperaturas internas e, portanto, aumentou os valores para o parâmetro de umidade relativa.

Já o Casarão 2 apresentou maior correspondência com o intervalo aceitável, até mesmo na situação mais precária, o inverno. Este ambiente, como visto no parâmetro de temperatura do ar, apresenta maior capacidade térmica, o que eleva mais suas temperaturas internas em relação aos outros ambientes. Assim, a umidade relativa interna obedece em mais momentos o intervalo normatizado. Sabendo ainda que neste ambiente existem tentativas de controle da temperatura por parte dos usuários, principalmente em dias frios, a umidade relativa acaba sendo controlada por consequência.

O Casarão 8 ilustra o equilíbrio entre estar em uso, assim como o Casarão 2, mas possuir um sistema construtivo mais leve, como o Casarão 6. Sendo assim, seu comportamento para os parâmetros de temperatura e umidade relativa apareceu, em grande parte do tempo, intermediário, em relação aos outros prédios. Ainda assim, o sistema construtivo do Casarão 2 permitiu melhores condições de conforto, como mostram os resultados para os dois meses analisados.

Sabendo que a cidade de Pelotas apresenta altos índices de umidade relativa do ar e, percebendo o comportamento dos ambientes administrativos, pode-se dizer que com climatização artificial é possível que os valores para este parâmetro sejam alcançados. Estes ambientes possuem interferência maior por parte dos usuários, a fim de alcançar condições de conforto ambiental, principalmente térmico, pelo fato de permanecerem várias horas por dia no interior destes espaços. Por esta razão, estes ambientes respeitaram em mais momentos os intervalos ideais para umidade relativa do ar, em relação aos ambientes de sala de exposições (ASHRAE, 2001).

Para análise do comportamento lumínico dos ambientes administrativos, elaborou-se a Tabela 13, com as porcentagens de pontos que obedeceram o limite mínimo de 500 lux (ABNT, 2013).

Tabela 13 – Resultados das medições lumínicas para ambientes Administrativos.

Porcentagem de pontos com valores iguais ou acima de 500 lux (ABNT, 2013)				
	Solstício de Verão	Equinócio de Outono	Solstício de Inverno	Equinócio de Primavera
Casarão 2	50%	63%	15%	55%
Casarão 6	77%	74%	34%	79%
Casarão 8	35%	43%	12%	52%

Fonte: A autora.

Para o parâmetro de iluminância, o ambiente administrativo do Casarão 6 mostrou-se com o maior número de pontos acima do nível de 500 lux, bem como em seu ambiente de sala de exposições. O fato de estes ambientes estarem sem uso e, no momento das medições estas serem realizadas com todo o potencial de iluminação natural destes espaços, gerou estes resultados satisfatórios (ABNT, 2013).

Isso mostra que existe potencial deste ambiente para o uso administrativo no parâmetro de iluminação natural. No entanto, quando em conjunto com os outros parâmetros ambientais, de temperatura e umidade relativa, a utilização do ambiente por parte dos usuários, a fim de melhorar as condições internas, provoca as alterações das condições lumínicas.

Foi o que aconteceu nos demais ambientes. A fim de melhorar as condições de conforto térmico ou de visibilidade, a iluminação natural é barrada, diminuindo o número de pontos com valores acima de 500 lux. O Casarão 2, que não possui muita profundidade, ainda alcançou estes valores em mais de 50% dos pontos para três medições. Já o Casarão 8, por ser muito profundo, atingiu mais de 50% dos pontos em apenas um dos levantamentos, demonstrando a influência das características construtivas no conforto do usuário (RITTER, 2014; SIGNORINI, 2015).

Pode-se dizer que existe potencial de boa iluminação natural nos ambientes dos Casarões 2 e 6, diferentemente do Casarão 8. Entretanto, estes parâmetros não

podem ser visualizados de forma isolada, já que são influenciados pelas interferências dos usuários e provocam alterações entre si (RIBEIRO, 2010).

A Tabela 14 apresenta o resumo dos resultados discutidos neste tópico.

Tabela 14 – Resultados da verificação dos parâmetros ambientais em ambientes de uso administrativo.

Verificação dos Parâmetros Ambientais para Uso Administrativo				
	STANDARD 62 (ASHRAE, 2001) <i>Handbook Fundamentals</i> (ASHRAE, 2009)		NBR 8995 (ABNT, 2013)	Resultados
	MÍNIMO	MÁXIMO		
Temperatura	$t_{oc} = 18,9 + 0,255 t_{ex}$ 90% aceitabilidade = $t_{oc} - 2,2^{\circ}\text{C}$; $t_{oc} + 2,5^{\circ}\text{C}$ 80% aceitabilidade = $t_{oc} - 3,2^{\circ}\text{C}$; $t_{oc} + 3,5^{\circ}\text{C}$			Regular
Umidade Relativa do Ar	30%	60%		Regular
Iluminância			500 lux	Regular

Fonte: A autora.

Pode-se dizer, então, que os prédios apresentaram maior potencial para o uso administrativo quando em relação ao uso de espaços expositivos. Somando às características de temperatura, umidade relativa e iluminância, o estado de conservação dos ambientes, a conclusão se reitera.

Os espaços destinados às exposições, quando em uso, apresentaram maior incidência de manifestações patológicas relacionadas à umidade. Os espaços que não estavam sendo utilizados, tanto no térreo, quanto no segundo pavimento, a incidência de fungos filamentosos foi maior. Já no uso administrativo, não foram encontradas manifestações patológicas que pudessem ser relacionadas ao tipo de uso dado ao ambiente.

5. Conclusões

5.1 Sobre as condições de uso e operação dos ambientes

O modo como os ambientes expositivos foram utilizados, demonstra a falta de planejamento no momento da escolha do novo uso. O fato de o Casarão 2 apresentar condições precárias de exposição de acervo, reflete na baixa frequência com que são realizadas exposições temporárias neste espaço. As consequências disso são a inexistência de usuários em seu interior, seguidas pela falta de operação adequada do ambiente e de manutenção do sistema construtivo e, consequentemente, em um estado de conservação ruim.

O mesmo pode-se dizer do Casarão 6, o qual teve sua reciclagem realizada recentemente, e durante sete meses de levantamentos permaneceu inativado. Assim, reitera-se a conclusão de que a falta de planejamento para receber o novo uso implica em condições inadequadas de operação e, neste caso, no desuso do prédio.

O modo como os usuários utilizavam o ambiente expositivo do Casarão 8, mostrou um maior conhecimento acerca das condições de operação. Entretanto, não demonstrou preocupação com a instalação desse novo uso no momento do restauro do prédio, visto que para garantir seu funcionamento, todas as janelas foram mantidas fechadas. Isso não permitiu a ventilação e iluminação adequada do espaço.

Em relação aos usos administrativos, no Casarão 2 percebeu-se a dificuldade de adaptação dos usuários ao seu local de trabalho, com a necessidade de climatizadores artificiais e variação na operação de janelas ao longo do dia. Os demais prédios não apresentaram esse problema visto que o Casarão 6 estava desativado e o Casarão 8 possuía menos usuários, que também não permaneciam durante todo o dia no local.

Foi possível visualizar a necessidade de equipamentos artificiais para amenizar as altas temperaturas no período do verão e, para elevar as temperaturas internas no

períodos de frio, no Casarão 2. A iluminação no interior do espaço também demonstrou ser um problema para os usuários, já que o *layout* mal planejado do ambiente provocou ofuscamentos nas estações de trabalho.

No Casarão 8, os usuários mostraram-se melhor adaptados ao local. A menor operação de janelas ao longo do dia permitiu perceber que não havia problemas com ofuscamentos. Entretanto, na necessidade de barrar a luz natural, a fim de diminuir a temperatura interna, a iluminação artificial foi ativada, aumentando os gastos energéticos, já que as esquadrias não permitiram a obstrução parcial da iluminação natural.

5.2 Sobre o comportamento microclimático dos ambientes

Os três prédios, independentemente do uso dado aos ambientes, mostraram comportamento geral bastante similar, indicando a influência do sistema construtivo e de sua localização.

Os ambientes com uso de sala de exposições apresentaram comportamento similar em relação ao monitoramento microclimático interno, visto que aos finais de semana suas curvas de temperatura e umidade apresentaram-se bastante próximas. Já nos dias de utilização, o comportamento do Casarão 8 esteve mais próximo ao do Casarão 6. Possivelmente isso tenha ocorrido por dois motivos principais, o fato de possuírem porão ventilado e sistema construtivo mais similar, e por serem operados de forma correspondente. Enquanto o Casarão 6 permaneceu fechado e sem uso, o Casarão 8 permaneceu praticamente fechado para abrigar exposições. Já o Casarão 2, que apesar de possuir mesmo uso não foi operado da mesma forma, apresentou o comportamento mais diferenciado nos dias de semana. Além disso, esse prédio apresenta características construtivas mais distantes dos demais, em razão da época de sua construção, o que resultou em uma maior capacidade térmica de seus fechamentos.

Reiterando as afirmações do parágrafo anterior, está o comportamento dos ambientes com uso administrativo. Durante os finais de semana seus parâmetros ambientais apresentaram-se de forma mais similar quando comparado aos dias de

semana. Ainda assim, o ambiente do Casarão 2, por possuir maior quantidade de usuários e fontes de calor e umidade, apresentou as maiores temperaturas nos dias de semana. Já o ambiente administrativo do Casarão 6, inativado, apresentou o comportamento mais divergente dos demais.

Relacionando o comportamento microclimático entre os diferentes usos, pode-se dizer que os ambientes de exposições apresentaram as menores temperaturas tanto em dias quentes, quanto em dias frios. Isso pode ser explicado pelo próprio uso, que não apresenta fontes geradoras de calor no interior dos ambientes, bem como pelo fato de estarem situadas no pavimento térreo, sem a incidência do calor absorvido pela cobertura do prédio. Entretanto, tendo sido monitorado também os dias de finais de semana, e percebendo que para estes dias as temperaturas internas foram mais similares entre ambientes com diferentes usos, pode-se atrelar ao modo de operação, em função do novo uso, às condições térmicas e higroscópicas no interior dos espaços.

5.3 Sobre o comportamento lumínico dos ambientes

Primeiramente, vale salientar que o tipo de esquadrias dos três prédios, não é o ideal para os usos em questão. Estes elementos não permitem manter a ventilação natural enquanto a luz solar é barrada, além de não permitirem o controle da incidência de iluminação natural. Em nenhum dos ambientes existiu, entretanto, algum dispositivo que contribuísse para o conforto dos usuários neste aspecto, como cortinas, por exemplo, principalmente no uso administrativo onde existem mais usuários permanentes. Contudo, é importante ressaltar também, que a relação entre a área de dispositivos de iluminação natural e a área do piso mostrou-se apropriada em todos os ambientes.

Já os dispositivos de iluminação artificial apresentaram problemas no Casarão 2. No ambiente de exposições, o tipo de lâmpadas foi adequado ao uso, pois possibilitou o foco nos elementos expostos, além de não distorcê-los e apresentar temperatura de cor agradável. Entretanto, essa não deveria ser a iluminação principal do ambiente, e sim, uma iluminação complementar. Da mesma forma, para o ambiente

administrativo, que recebeu o mesmo tipo de luminárias, mostrando-se ineficientes para o uso de escritórios. Os demais ambientes apresentaram dispositivos de iluminação artificial mais adequados às suas funções.

Com as medições lumínicas foi possível perceber que os ambientes de sala de exposições dos três prédios possuem potencial para uma boa e uniforme iluminação do espaço. Entretanto, em razão do uso, isto não ocorre, demonstrando a dificuldade de uma boa iluminação e a proteção dos acervos, ou somente criação de cenários luminosos.

No Casarão 2, elementos de fixação das estruturas foram dispostos em frente às janelas, até mesmo quando o espaço estava sem exposições, obstruindo a incidência da iluminação natural para todo o ambiente. No Casarão 8, a incidência de iluminação natural foi totalmente barrada propositalmente, provocando níveis muito baixos de iluminância, que não satisfazem os requisitos da norma, nem mesmo com a ajuda da iluminação artificial. Já o Casarão 6, não apresentava obstáculos para a iluminação natural, não tendo também o cuidado com seus materiais expostos e apresentando, portanto, boas condições de iluminação.

Os ambientes administrativos dos Casarões 2 e 6, por sua vez, apresentaram boas condições de iluminação natural. Entretanto, como já mencionado, as esquadrias não contribuem para que esta seja melhor aproveitada, principalmente por tratar-se de um uso em que as pessoas necessitam desempenhar tarefas com conforto. O Casarão 8, não apresentou bom aproveitamento da iluminação natural em toda a sua extensão. No entanto, isso permitiu que os usuários não sentissem tanto os problemas com ofuscamento, mostrando-se melhor para o uso administrativo.

Sendo assim, seria importante que no projeto de reciclagem fosse considerado o comportamento dos ambientes em relação à iluminação natural. Dessa forma, seria possível associar o projeto lumínico às necessidades visuais dos usuários. Ou seja, a falta de iluminação natural poderia ser compensada com a iluminação artificial, sem a necessidade de ativar todos os pontos de iluminação artificial do espaço, garantindo mais eficiência e menor consumo energético.

5.4 Sobre o estado de conservação dos ambientes

Através do acompanhamento do estado de conservação dos prédios, foi possível relacionar o uso com a incidência de manifestações patológicas por umidade.

Os ambientes sem uso, Casarão 6, criaram as condições ideais para a formação de fungos filamentosos. O fato de não haver ventilação e iluminação natural frequentes, proporcionaram a presença de umidade por condensação. Aliado a isso, a ausência de limpezas periódicas, por estar fechado, proporcionou o surgimento e crescimento desses micro organismos.

Porém, os fungos filamentosos não puderam ser encontrados no ambiente expositivo do Casarão 8, já que este, mesmo com pouca ventilação e iluminação, permitia as limpezas periódicas. A ausência de sujidades sobre os materiais construtivos não proporcionou condições favoráveis para o surgimento destas manifestações patológicas.

Outros danos foram encontrados ao longo dos levantamentos. A presença de umidade ascendente por capilaridade, no Casarão 2, pode ser relacionada ao sistema construtivo. No entanto, se este ambiente apresentasse ventilação permanente e boa qualidade de iluminação natural, provavelmente estas manifestações patológicas não teriam atingido condições precárias como as que se encontravam. Além disso, para concordar com esta afirmação, apenas o ambiente de sala de exposições do Casarão 8 apresentou manchas por umidade em suas paredes. Isso pode ter ocorrido em razão do uso, que não permitia boas condições de iluminação e ventilação natural.

Nos ambientes administrativos em utilização não foram encontrados danos associados à presença de umidade e que pudessem ser relacionados com o uso. Entretanto, através da termografia, foi possível perceber a existência de infiltrações, em razão da falta de manutenção de suas esquadrias, no Casarão 2.

Sendo assim, é possível afirmar que a utilização permite a prevenção dos danos relacionados aos fungos filamentosos, desde que este uso permita boas condições de ventilação, iluminação natural e higienização.

5.5 Sobre a análise comparativa dos parâmetros ambientais reais com os ideais

Nos ambientes com uso de sala de exposições as condições reais, dos parâmetros ambientais em questão, ficaram mais distantes das condições ideais expressas em normas e recomendações para este uso. Mesmo com esses valores sendo razoavelmente amplos, para as características climáticas de Pelotas, os prédios não controlaram passivamente os parâmetros ambientais, principalmente em relação à umidade relativa do ar e iluminância. Dessa forma, mesmo com pequenas diferenças nos modos de operação e no sistema construtivo, entre o Casarão 2, 6 e 8, nenhum encontrou-se significativamente dentro dos limites mínimos e máximos para este uso.

Nos ambientes administrativos, os valores mostraram-se mais favoráveis ao uso, principalmente no parâmetro de iluminação. Entretanto, pelo fato de dispositivos de iluminação natural não facilitarem as operações dos usuários e, pelas disposições dos móveis não permitirem um melhor aproveitamento do espaço, os parâmetros foram influenciados entre si. Sendo assim, a busca por melhores condições de temperatura acabou influenciando na iluminação e estas, na umidade relativa do ar interna. Ainda assim, o comportamento dos ambientes para este uso e, principalmente para o sistema construtivo do Casarão 2, as condições ideais especificadas por normas foram satisfeitas em mais momentos.

5.6 Considerações finais

Ligando os resultados da verificação dos parâmetros ambientais com os expressos por normas e os levantamentos do estado de conservação dos ambientes, concluiu-se que para estes prédios e para o clima da cidade de Pelotas, o uso administrativo torna-se mais indicado.

Apesar disto, poderia ter existido um melhor planejamento no processo de reciclagem relacionado ao conforto dos usuários, conhecendo as condições necessárias para o bom desempenho de tarefas no novo uso escolhido. Assim, seria possível melhorar as condições de trabalho dos mesmos, não gerando altos e

desnecessários gastos com equipamentos de climatização artificial e aproveitando o máximo possível o comportamento do próprio prédio. O processo de reciclagem de edificações históricas caracteriza-se pela preocupação com a sustentabilidade, criando uma justificativa, e obrigação, de buscá-la também durante o funcionamento dos novos usos.

Considera-se portanto, o trabalho de grande importância para futuros projetos de reciclagem, mostrando a importância do conhecimento prévio do comportamento microclimático dos ambientes, antes da escolha do novo uso, tanto na garantia do conforto ambiental, quanto na conservação das construções.

5.7 Limitações da pesquisa

Ao longo dos levantamentos deste trabalho, percebeu-se algumas limitações, como:

- O prédio caracterizado por estar sem uso, passou a ser utilizado nos últimos meses de levantamentos;
- Os ambientes destinados ao uso de sala de exposições não apresentarem preocupações quanto à conservação de acervo, já que estes não eram materiais que exigiam cuidados rígidos;
- A falta de utilização periódica por exposições temporárias no Casarão 2;
- A diferença no modo de utilização dos ambientes administrativos do Casarão 2 e do Casarão 8.

Ainda assim, as análises qualitativas foram realizadas considerando estas limitações, gerando resultados satisfatórios.

5.8 Sugestões para trabalhos futuros

Para futuros estudos, sugere-se os seguintes temas:

- Trabalhar com a caracterização dos parâmetros ambientais para outros novos usos em prédios históricos, a fim de identificar novas possibilidades de reciclagem;
- Realizar a caracterização de espaços expositivos que possuam necessidades mais rígidas de controle dos parâmetros ambientais;
- Realizar levantamentos de parâmetros ambientais e formas de uso e operação de ambientes em prédios históricos de outros períodos, no intuito de perceber a potencialidade de diferentes sistemas construtivos;
- Analisar, de forma mais profunda e detalhada, o modo de uso e operação de ambientes com novos usos, a fim de caracterizar as necessidades dos usuários em diferentes usos e facilitar futuros processos de reciclagem.

Referências bibliográficas

AL ALAM, F. W. **Potencialidade da termografia na detecção de manifestações patológicas associadas à umidade acidental.** 2016. 144 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

ALMEIDA, L.M.; BASTOS, M. S. A experiência da cidade de Pelotas no processo de preservação patrimonial. **Revista CPC**, São Paulo, v. 1, n. 2, pp. 96-118, maio/out. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8995.** Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15.215.** Iluminação natural - Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 15.220.** Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes da edificação. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 15.220.** Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Standard 62.** Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta, 2001.

_____. **ASHRAE Standard 55.** Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, 2004.

_____. **ASHRAE Handbook Fundamentals.** Atlanta, 2009.

_____. Museums, Galleries, Archives and Libraries. In **ASHRAE Handbook: Heating, Ventilating and Air-Conditioning: Applications**. Atlanta: pp. 23.1-23.22, 2015.

AYKAL, D.; GÜMÜS, B.; ÜNVER, R.; MURT, Ö. An approach to the evaluation of re-functioned historical buildings in view of natural lighting, a case study in Diyarbakir Turkey. **Light and Engineering**, Moscow, v. 19, n. 2, pp. 64-76, 2011.

BALARAS, C.A.; DROUTSA, K.; DASCALAKI, E.; KONTOYIANNIDIS, S. Deterioration of european apartment buildings. **Building and Environment**, Grécia, v. 37, pp. 515-527, set. 2004.

BARRANHA, H. Os museus como requalificação do património. 2012. Online. Disponível em: <<http://www.patrimonio.pt/index.php/por-dentro/390-os-museus-como-requalificacao-do-patrimonio>> Acesso em: 21 outubro 2015.

BEINHAUER, P. **Atlas de detalhes construtivos: reabilitação**. Tradução: SOUSA, V.B. 1 ed. São Paulo: Gustavo Gilli, 2013. 248 p.

BENCATEL, D. O. Avaliação e redução do risco de dano associado à luz solar em duas novas galerias do Victoria and Albert Museum. **Ensaios e práticas em museologia**, Porto, v. 2, pp. 92-110, 2012.

BRAGA, C.C. **Manifestações patológicas em conjuntos habitacionais: a degradação das fachadas**. 2010. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2010.

BRAGA, M. (Org.) **Conservação e Restauro: Arquitetura**. Livro 03. Rio de Janeiro: Ed. Rio, 2003. 128 p.

BUENOS AIRES TURISMO. Livraria Ateneo. Online. 2016. Disponível em: <<http://www.buenosairesturismo.com.br/passeios/livraria-ateneo.php>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

CAMUFFO, D.; PAGAN, E.; BERNARDI, A.; BECHERINI, F. The impact of heating, lighting and people in re-using historical buildings: a case study. **Journal of Cultural Heritage**, Itália, v. 5, pp. 409-416, jan. 2004.

CASALINHO, P.M.A. **Análise comparativa de pinturas para intervenções no patrimônio edificado em Pelotas no final do século XIX.** 2013. 103f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

CHOAY, F. **A alegoria do patrimônio.** Tradução: MACHADO, L.V. São Paulo: UNESP, 2001. 282 p.

CORREA, C.M.B.; PINTADO, R.S. Casa dos museus: ensino e extensão. **Expressa Extensão**, Pelotas, v. 19, n. 2, pp. 133-142, 2014.

CORRÊA, M. C. L. **Avaliação dos parâmetros de controle ambiental em museus:** um estudo de caso sobre o uso de insuflamento de ar na reserva técnica do museu universitário Professor Oswaldo Rodrigues Cabral. 2003. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

DIAS, A.F. **A reutilização do patrimônio edificado como mecanismo de proteção:** uma proposta para os conjuntos tombados de Florianópolis. 2005. 176 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

DIYARBEKIRIM. Online. Disponível em: <<http://diyarbekirim.blogspot.com.br/2011/05/diyarbakr-cahit-srk-taranc-muzeevi.html>>. Acesso em: 23 mar. 2016.

DOERNER INSTITUT. **Climate for collections – Standards and Uncertainties.** Munique: Archetype Publications Ltd, 2013. 452 p.

E-CULT. Crônica de Viagem: Charqueada São João. Online. 2010. Disponível em: <<http://www.ecult.com.br/noticias/cronica-de-viagem-charqueada-sao-joao>>. Acesso: 23 mar. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Normais climatológicas, 1971-2000. Disponível em: <<http://agromet.cpact.embrapa.br/estacao/normais.html>>. Acesso: 10 dez. 2016a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Dados Meteorológicos de Pelotas. Estatísticas – Resumos Mensais. Disponível em: <http://agromet.cpact.embrapa.br/online/Current_Monitor.htm>. Acesso: 10 dez. 2016b.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 12831**. Heating systems in buildings – Method for calculation of the design heat load. Bruxelas, 2009.

FABUROUS. Architecture and Interior design. Online. 2014. Disponível em: <<http://www.faburous.com/architecture/getting-to-know-the-worlds-famous-modern-architects/>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

GOOGLE EARTH. Programa de imagens de satélite. Online. Disponível em: <<http://www.google.com/earth>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

GORSKI, J. **Reciclagem de uso e preservação arquitetônica**. 2003. 114 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

GUERRA, F.L. **Biodeterioração de conjunto histórico do século XIX em Pelotas/RS**: fungos filamentosos. 2012. 170 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, 2012.

GUERRA F. L.; PERES, R. M.; CUNHA, E. G.; GALLI, F. Analysis of the microclimate in historical building to assess the probability of recurrence of filamentous fungi. **Recent Developments in Building Diagnosis Techniques**, Porto: Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, pp. 195-213, 2016.

GUERRA, S. O uso do patrimônio histórico – o caso do Paço Imperial. **Cadernos PROARQ** [da] Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, ed. 10. pp. 115-117, 2006.

GUTIERREZ, E.B. **Barro e sangue**: mão-de-obra, arquitetura e urbanismo em Pelotas (1777-1888). Pelotas: UFPEL, 2004. 549 p.

HELENE, P. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1992, 216 p.

HEIDTMANN, D.E.D. **Novos usos para edificações de interesse histórico e cultural:** lições da produção arquitetônica pelotense. 2007. 176 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Projeto de Arquitetura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

HERITAGE COLLECTIONS COUNCIL. **Guidelines for environmental control in cultural institutions.** Canberra: Collections Development Section, 2002. 79 p.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. **Carta de Veneza.** Veneza: 1964. 4 p. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20de%20Veneza%201964.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2015.

ITALIAN STANDARD. **UNI 10829.** Beni di interesse storico artistico. Condizione ambientali di conservazione. Misurazione ed analisi. 1999.

JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades.** São Paulo: WMFMartins Fontes, 2009.

KNOP, S. **Comportamento termoenergético de edificação histórica com novo uso na cidade de Pelotas:** o caso do casarão 02 – Secretaria Municipal da Cultura. 2012.142 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

LANNES, L.D. **Reincidência de danos em prédio histórico preservado.** 2011. 278 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

LERSCH, I. M. **Contribuição para a identificação dos principais fatores e mecanismos de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre.** 2003. 180 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

LICHENSTEIN, N.B. **Patologia das Construções – Procedimentos para Diagnóstico e Recuperação.** Boletim Técnico. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP, 1986. 35 p.

LOURENÇO, P. B.; LUSO, E.; ALMEIDA, M.G. Defects and moisture problems in buildings from historical city centres: a case study in Portugal. **Building and environment**, Portugal, v. 41, pp. 223-234, jan. 2006.

MEIRA, A.L.G. **O patrimônio histórico e artístico nacional no Rio Grande do Sul no século XX: atribuição de valores e critérios de intervenção.** 2008. 483 f. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MENDES, I. M. M. **Boas práticas a desenvolver em fase de projecto de arquitectura para adaptação de edifícios existentes a museus.** 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado em Museologia e Museografia) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2013.

MICHALSKI, S. The ideal climate, risk management, the ASHRAE chapter, proofed fluctuations and toward a full risk analysis model. **Contribution to the Expert's Roundtabel on Sustainable Climate Management Strategies.** Espanha: The Getty Conservation Institute, abr., 2007.

MICHALSKI, S. Climate guidelines for heritage collections: were we are in 2014 and how we got here. **Proceedings of the Smithsonian Institution Summit on the Museum Preservation Environment.** Washington DC: Smithsonian Institution Scholarly Press, pp. 7-34, 2016.

MUNARIM, U. **Benefícios ambientais da preservação do patrimônio edificado: análise do ciclo de vida da reabilitação de edificações vs. nova construção.** Tese. 2014. 290 f. (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

MUSEU NACIONAL CENTRO DE ARTE REINA SOFIA. Venue. Sebatini Building. Online. Disponível em: <<http://www.museoreinasofia.es/en/museum/venues>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

NASCIMENTO JUNIOR, J.; CHAGAS, M.S. (org.) **Subsídios para a criação de museus municipais.** Rio de Janeiro: Ministério da Cultura/ Instituto Brasileiro de Museus e Centros Culturais, 2009. 40p.

NEUTZLING, S. Projeto Executivo de Restauro, Casarão nº 8. Plantas diversas. Pelotas: 2010.

PARADA, M. S. **Reabilitação energética de um edifício antigo segundo os requisitos EnerPhit.** Dissertação. 2014. 209 f. (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Aveiro, Aveiro, 2014.

PASCARELLI, I. Arquitetura e construção do espaço expositivo. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL MUSEOGRAFIA E ARQUITETURA DE MUSEUS, 1., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, pp. 121, 2005.

PASSIVHAUS INSTITUT. **Kriterien für den Passivhaus – EnerPhit – und PHI-Energiesparhaus-Standard.** Darmstadt, Alemanha, 28 f, 2016.

PAVLOGEORGATOS, G. Environmental parameters in museums. **Building and Environment**, Grécia, v 38, pp. 1457-1462, abr. 2003.

PEDONE, J.V.C. O espírito eclético na arquitetura. **ARQTexto**, v. 6, pp. 126-137, 2005.

PELOTAS. Decreto Nº 4.895, de 15 de setembro de 2006. Institui o Sistema de Museus do Município de Pelotas e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.pelotas.com.br/smm/smm/legislacao.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

PELOTAS 13 HORAS. Exposição de arte permanece no Casarão 6 até 9 de dezembro. 2016. Disponível em <<http://www.pelotas13horas.com.br/noticia/exposicao-de-arte-permanece-no-casarao-6-ate-9-de-dezembro-1c5cb215-08ab-4bb1-a367-c40b697ce970>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

PERES, R.M. **Legado da tecnologia construtiva de imigrantes italianos ao patrimônio arquitetônico de Pelotas.** 2008. 300 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2008.

PERES, R.M. **Levantamento e identificação de manifestações patológicas em prédio histórico – estudo de caso.** 2001. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

PINACOTECA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Institucional. Online. Disponível em: <<http://www.pinacoteca.org.br/pinacoteca-pt/default.aspx?mn=534&c=1004&s=0&friendly=institucional&video=false>>. Acesso em: 22 jan. 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS, 2012. Notícias. Mercado público será reinaugurado nesta quinta-feira. 2012. Online. Disponível em: <<http://www.pelotas.rs.gov.br/noticias/detalhe.php?controle=MjAxMi0xMi0xOA==&codnoticia=32970>> Acesso em: 23 mar. 2016.

PROGRAU, 2016. A faculdade. Online. Disponível em: <http://prograu.ufpel.edu.br/index.php/br/ufpel_faurb>. Acesso em: 23 mar. 2016.

QUINDIM CULTURAL. Exposição movimentos do mar com abertura hoje. 2016a. Disponível em: <<http://www.quindimculturalpel.com/single-post/2016/09/23/Exposi%C3%A7%C3%A3o-Movimentos-do-Mar-com-abertura-hoje>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

RABELLO, S. **O Estado na preservação de bens culturais:** o tombamento. Rio de Janeiro: IPHAN, 2009. 156 p.

RIBEIRO, M. B. Arquitetura de museus frente às demandas ambientais. In: ENANPARQ – Arquitetura, cidade, paisagem e território: percursos e prospectivas, 1., 2010, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 2010.

RIBEIRO, M. B.; LOMARDO, L. L. B. Parâmetros ambientais de conservação dos acervos museológicos aplicados na arquitetura de museus. In: PROCESSOS DE MUSEALIZAÇÃO – UM SEMINÁRIO DE INVESTIGAÇÃO INTERNACIONAL, 1., 2014, Porto. **Anais...** Porto: Universidade do Porto, pp. 269-285, 2014.

RIBEIRO, O. A. Arquitetura: restauração e reciclagem. Online. São Paulo: 2005. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/05.057/1981> Acesso em: 07 jun. 2015.

RITTER, V.M. **Avaliação das condições de conforto térmico, lumínico e acústico no ambiente escolar, no período de inverno:** O Caso do Campus Pelotas Visconde da Graça. 2014. 179 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

RODRIGUES, A. O. **Metodologia para identificação de manifestações patológicas baseada em estudo de caso na cidade de Pelotas/RS, aplicada ao desenvolvimento de banco de dados.** 2016. 119f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

RODRIGUES, I. M. F. M. **Centros de Arte Contemporânea em edifícios históricos:** Três casos de estudo. 2012. 248 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Arquitectura).- Universidade de Coimbra, Coimbra, 2012.

SCOLARI, K.C.; GONÇALVES, M.R.F. Identificação de cerâmicas em faiança portuguesa nos casarões do centro histórico da cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul. **Revista Museologia e Patrimônio**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, pp. 93-111, 2013.

SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA. **Manual do Usuário.** 1.ed. Pelotas: Nova Prova, 2008. 104p.

_____. Programa de Recuperação do Centro Histórico de Pelotas. Projeto de Restauração da Casa 2. Plantas diversas. Pelotas: 2002a.

_____. Programa de Recuperação do Centro Histórico de Pelotas. Projeto Arquitetônico de Restauração da Casa 6. Plantas diversas. Pelotas: 2002b.

SIGNORINI, V.B. **O aproveitamento da luz natural em prédios públicos administrativos:** Estudo de caso em prédio da UFPel. 2015. 217 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

SILVA, D. D. S. **Diagnóstico de patologias em fachadas utilizando termografia.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2012.

SILVA, H. E.; HENRIQUES, F. M. A. Microclimatic analysis of historic buildings: a new methodology for temperate climates. **Building and Environment**, Portugal, v. 82, pp. 381-387, set. 2014.

SILVA, H. E.; HENRIQUES, F. M. A. Análise microclimática de um edifício histórico em clima temperado: limites sustentáveis para a correta conservação dos materiais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 65-77, abr./jun. 2015.

SILVEIRA, A.M. Teorias do restauro. **Revista PROJECTARE**, Pelotas, v. 1, pp. 48-58, 2000.

SKYCRAPERCITY.COM, 2005. Renzo Piano. Online. 2005. Disponível em: <<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=450705>>. Acesso em: 23 mar. 2016.

SINDICATO DOS BANCÁRIOS PELOTAS E REGIÃO. Notícias. Online. Disponível em: <<http://www.bancariospel.org.br/Noticias/Detalhe/11245>>. Acesso em: 23 mar. 2016.

SISTEMA DE MUSEUS. Museus e Memoriais. Online. Disponível em: <<http://www.pelotas.com.br/smm/smm/museusMemoriais.htm>>. Acesso em: 18 mar 2016.

STERFLINGER, K. Fungi: Their role in deterioration on cultural heritage. **Fungal Biology Reviews**, v. 24, pp. 46-55, 2010.

TERRA, R.C. **Levantamento de manifestações patológicas em revestimentos de fachadas das edificações da cidade de Pelotas**. 2001. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

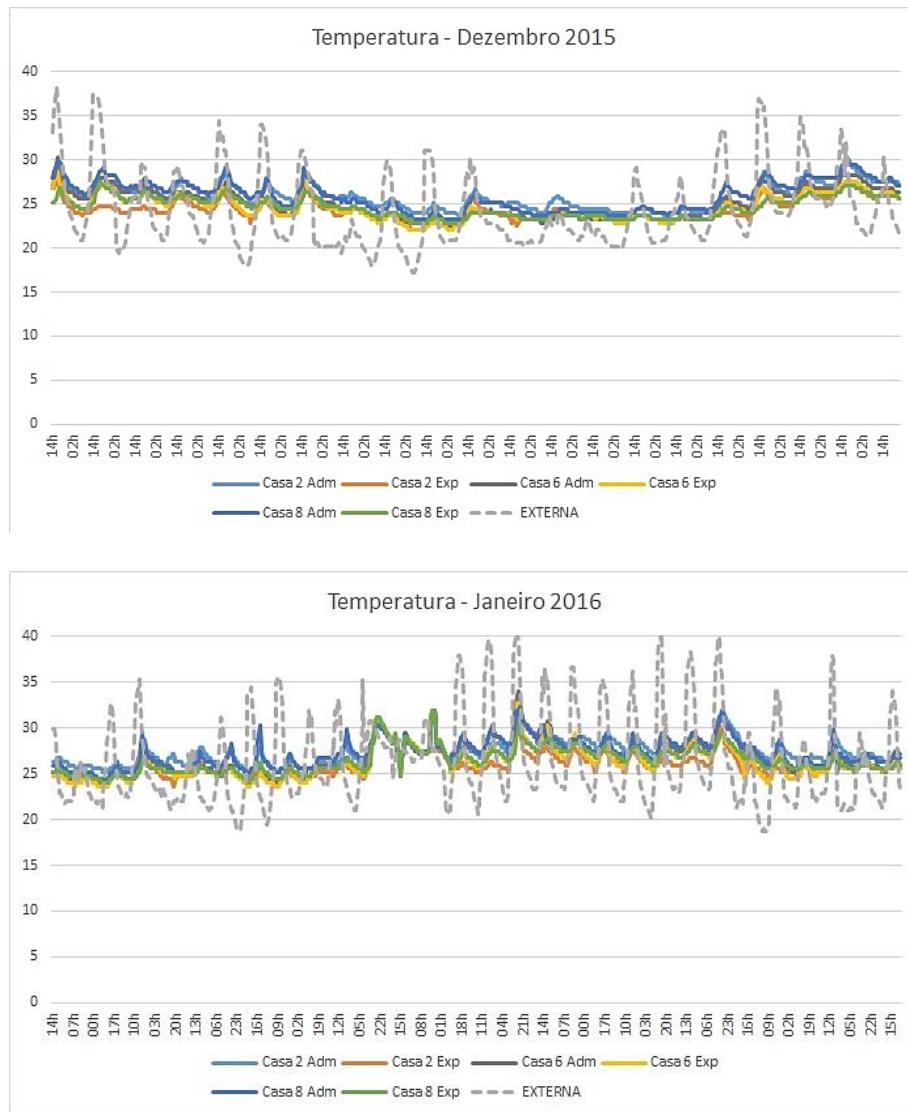
TESTO. Produtos. Câmera termográfica. <https://www.testo.com.br/detalhes_do_produto/0563+0875+V3/testo-875-2i-set-Camara-termografica-50mK-para-uma-analise-compreensiva-incl-teleobjetivo-no-set>. Acesso: 29 março 2016.

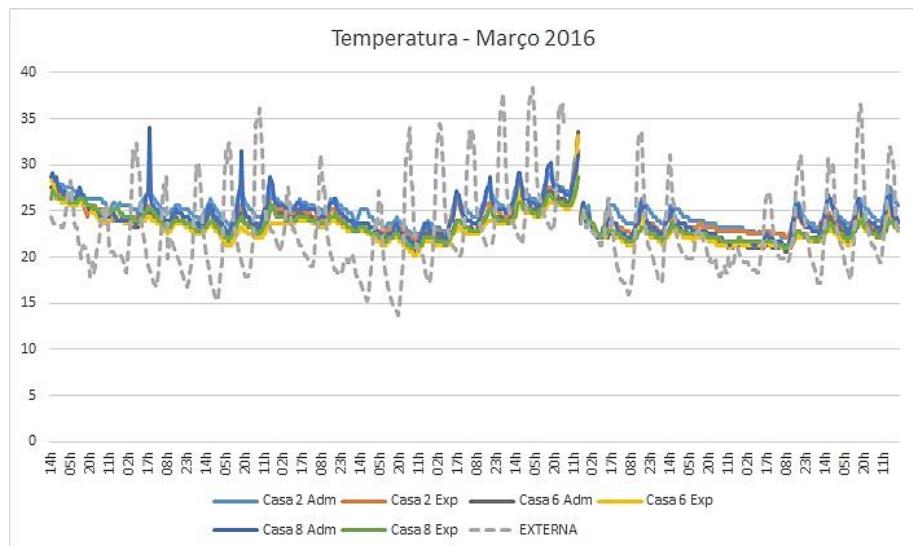
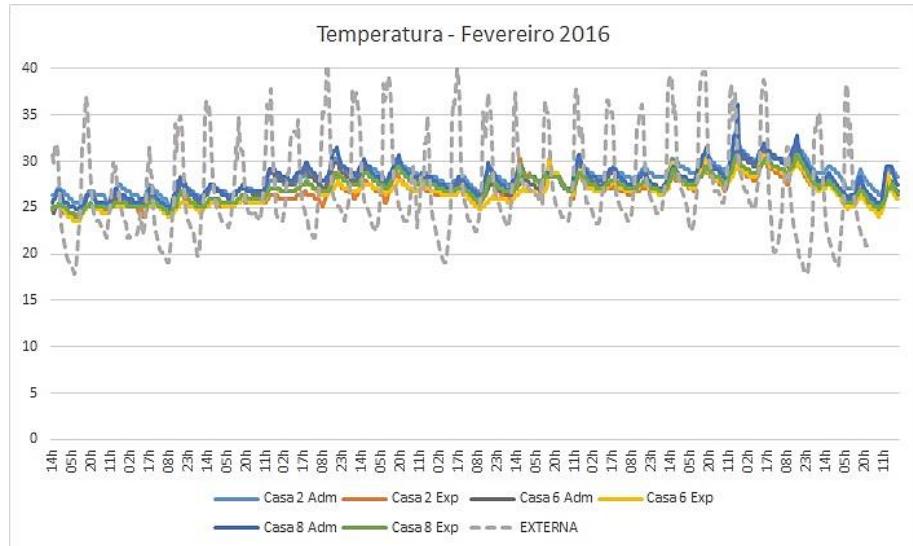
THOLL ESCOLA. Notícias. Exposição de figurinos e curiosidades no Casarão 6. Online. 2012. Disponível em: <<http://www.grupotholl.com/content/?secao=noticias&id=688>>. Acesso em: 04 abr. 2016.

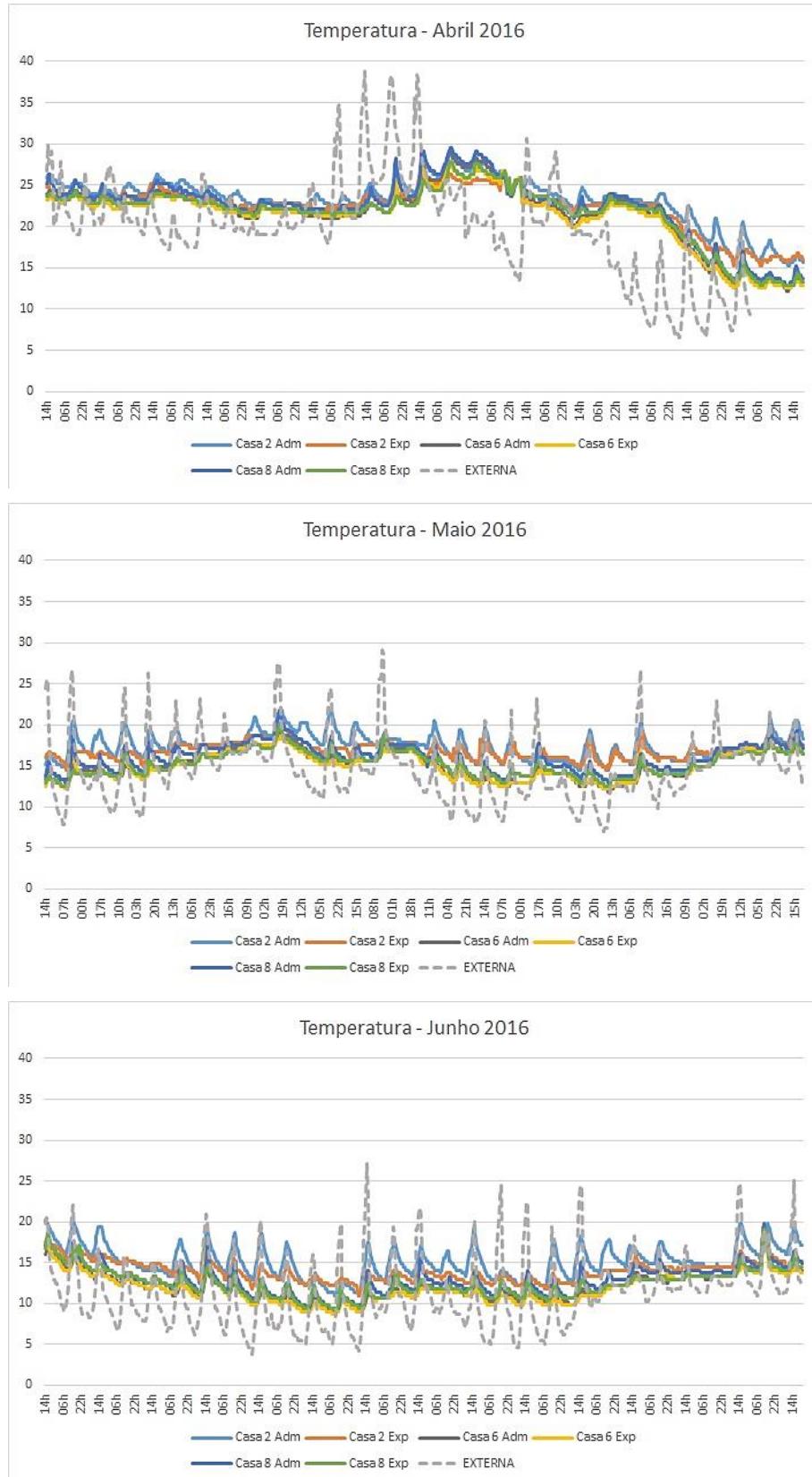
VELIOS, A. IIC announces declaration on Environmental Guidelines. Online. 2014. Disponível em: <<https://www.iiconservation.org/node/5168>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

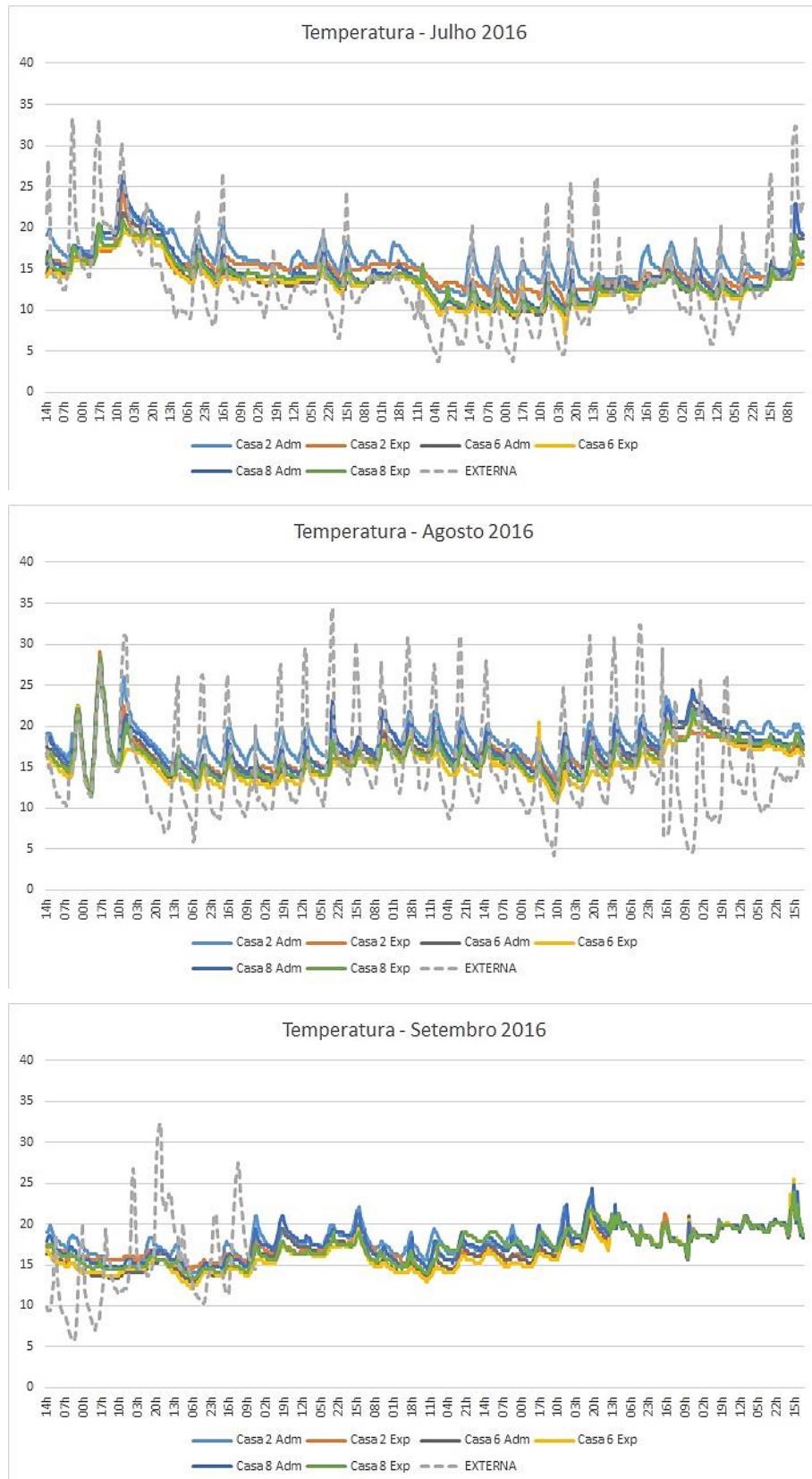
WIKIMEDIA COMMONS. Chocolaterie Menier Cathredale. Online. 2014. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chocolaterie_Menier_Cathedrale.jpg> Acesso em: 23 mar. 2016.

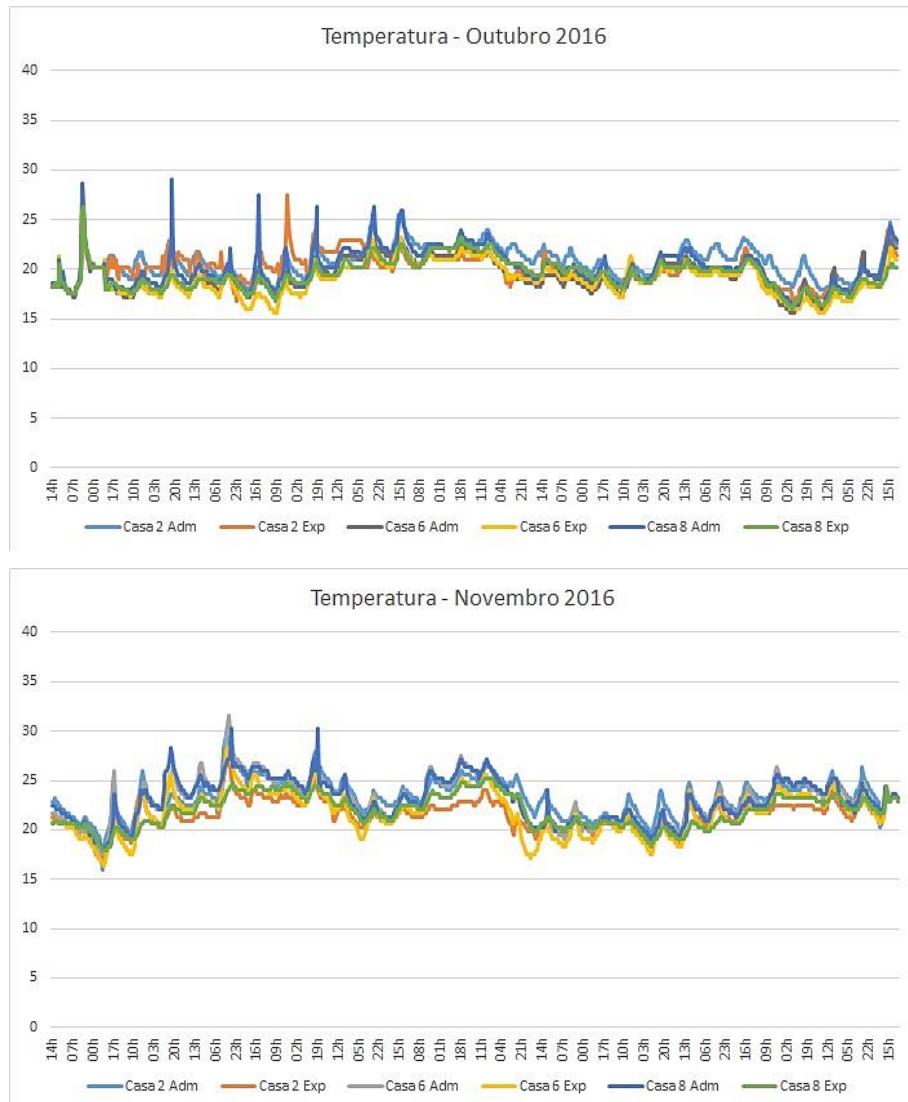
Apêndices

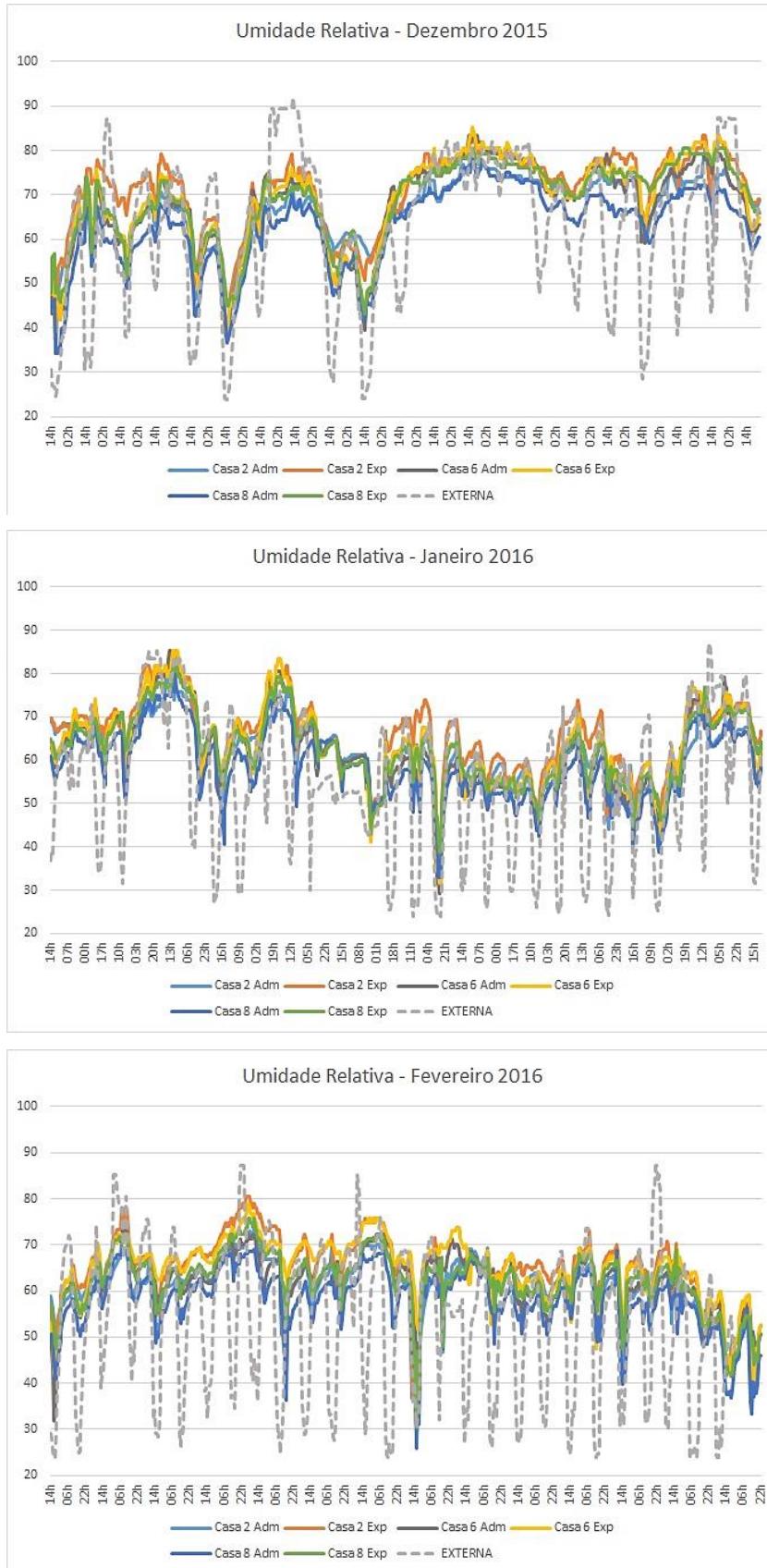
APÊNDICE A – Resultados mensais do monitoramento de microclima

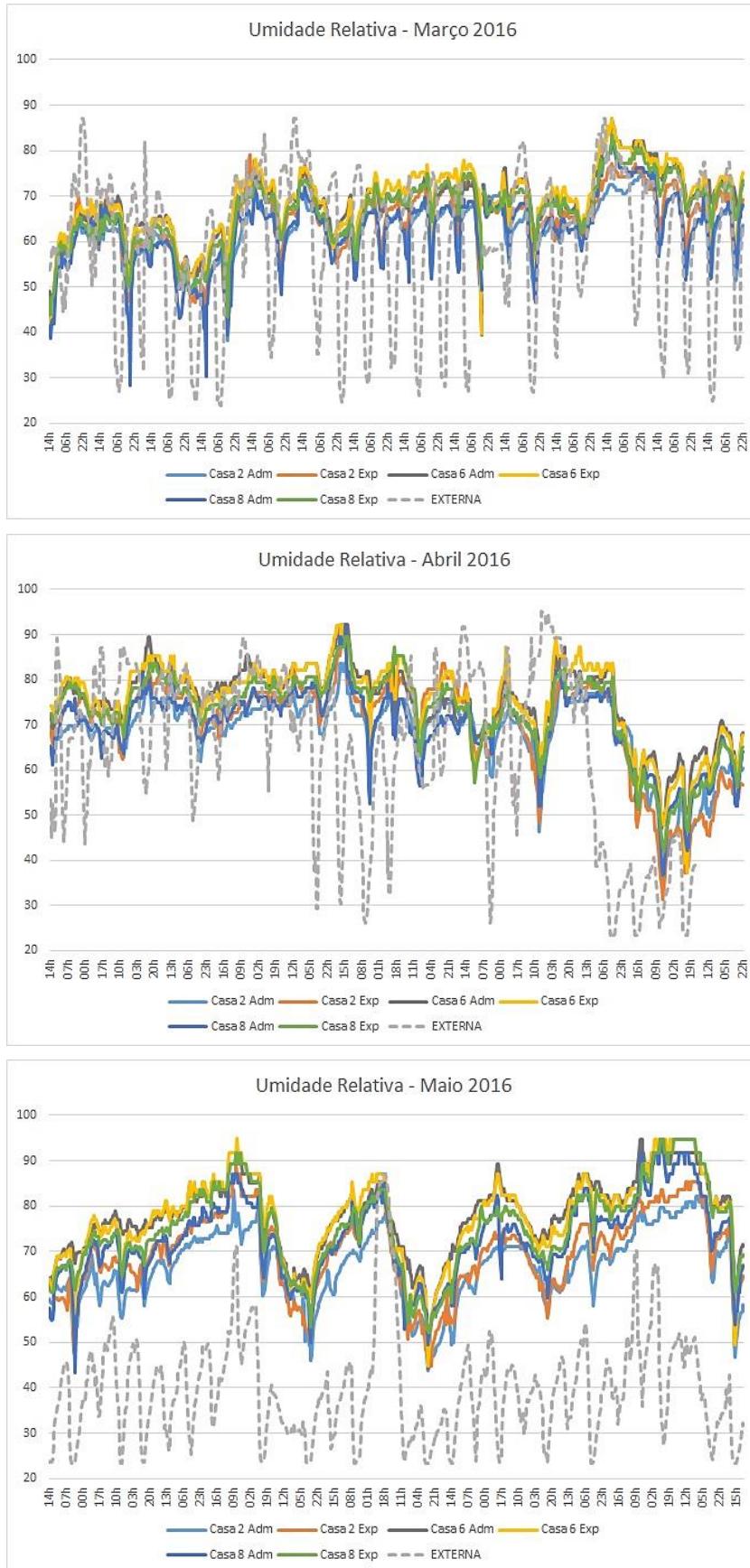


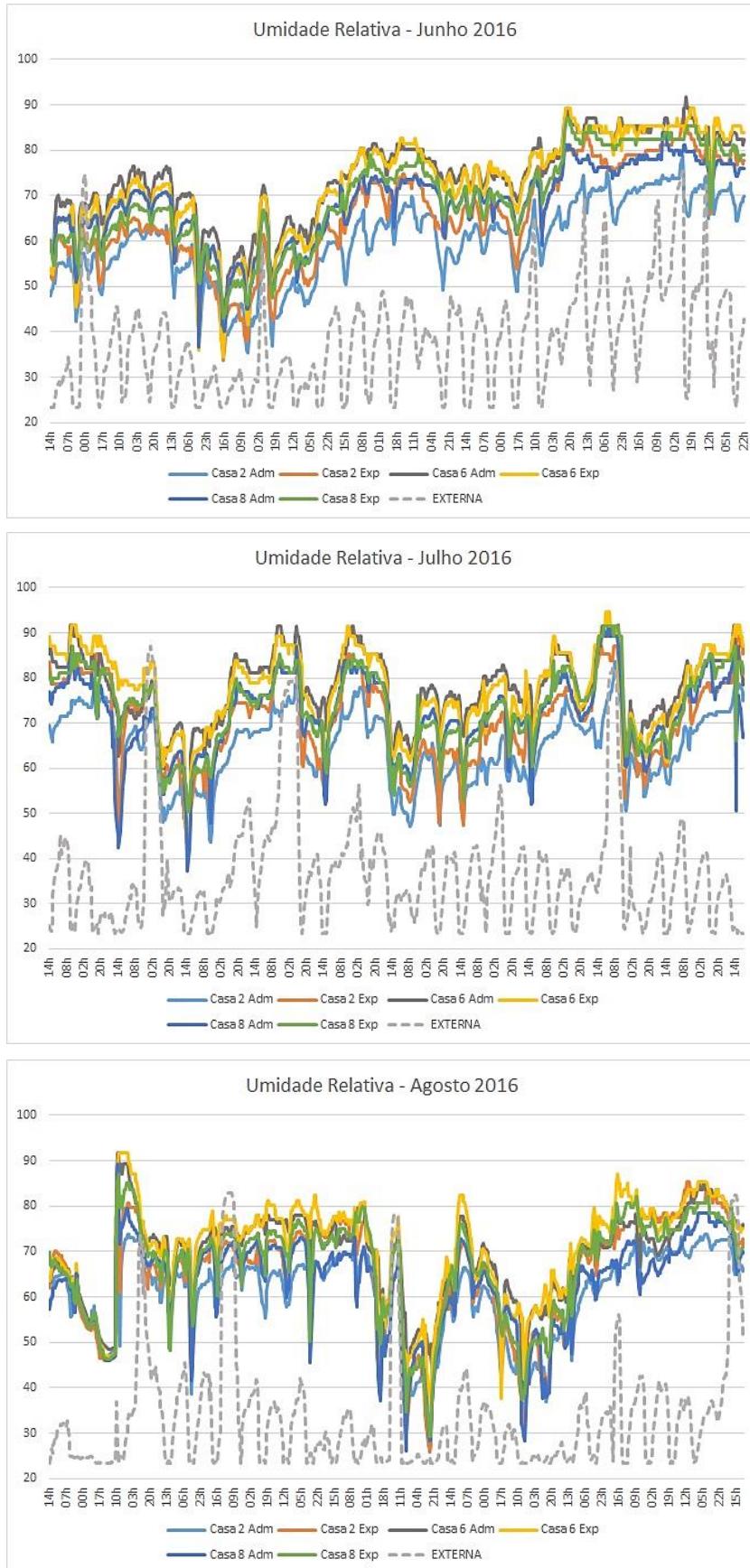


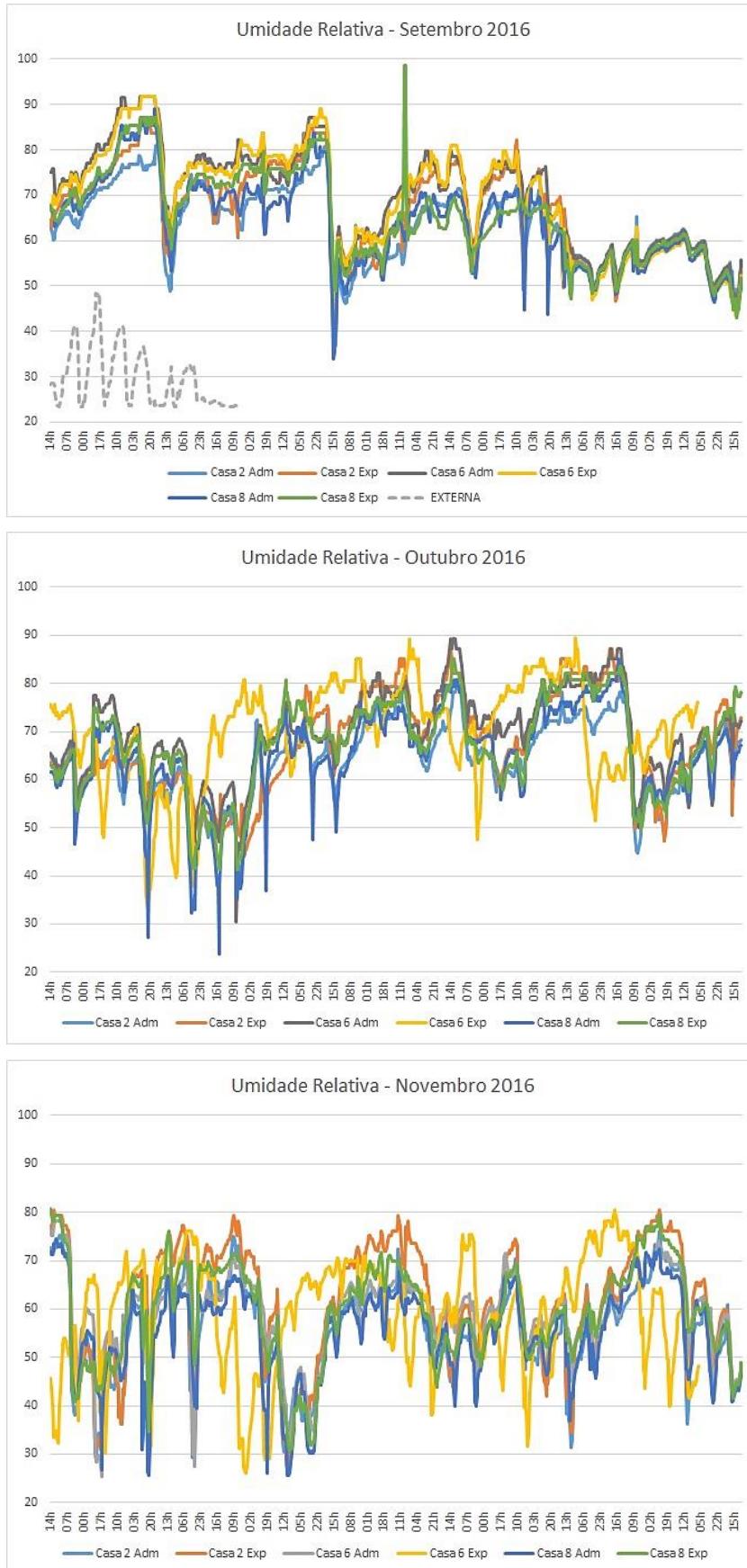






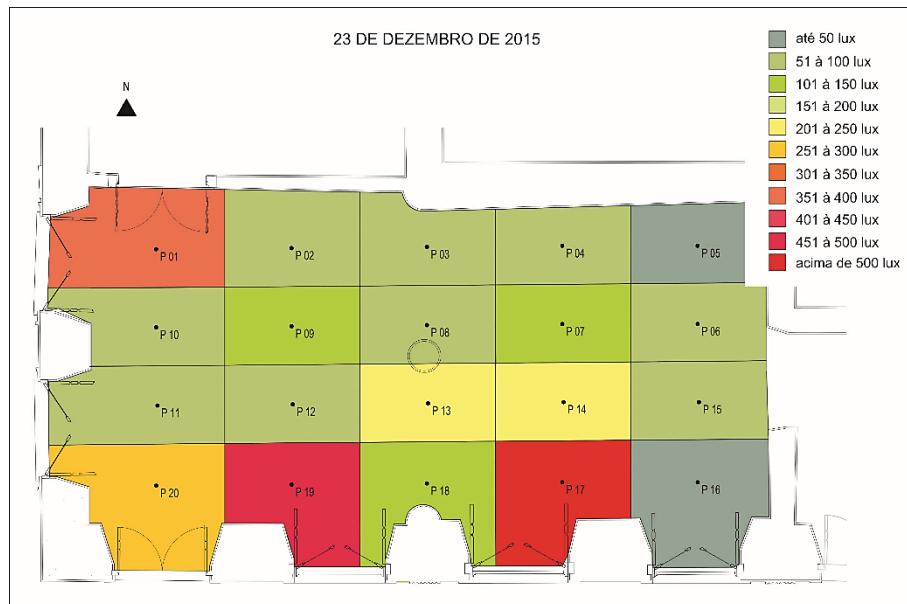




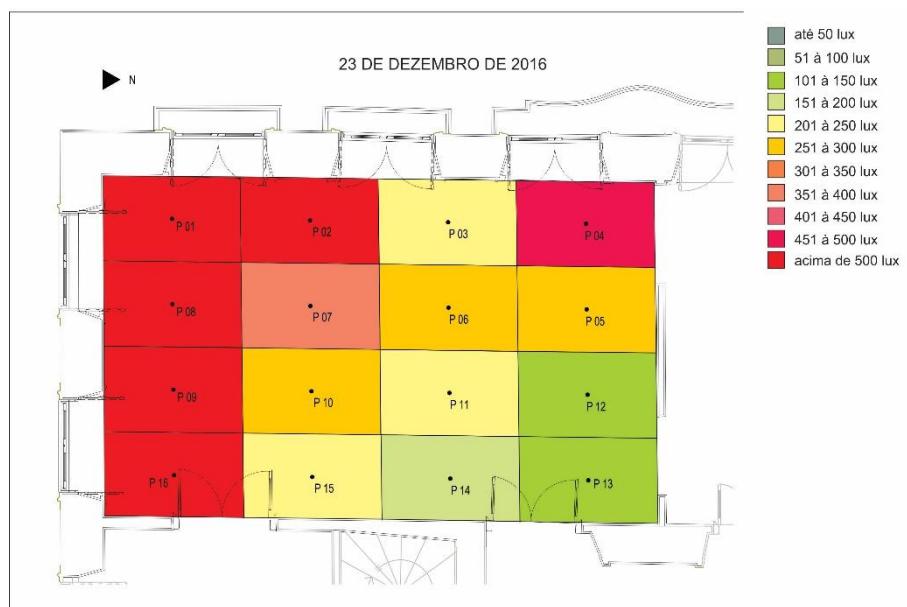


APÊNDICE B – Resultados das medições lumínicas de dezembro de 2015

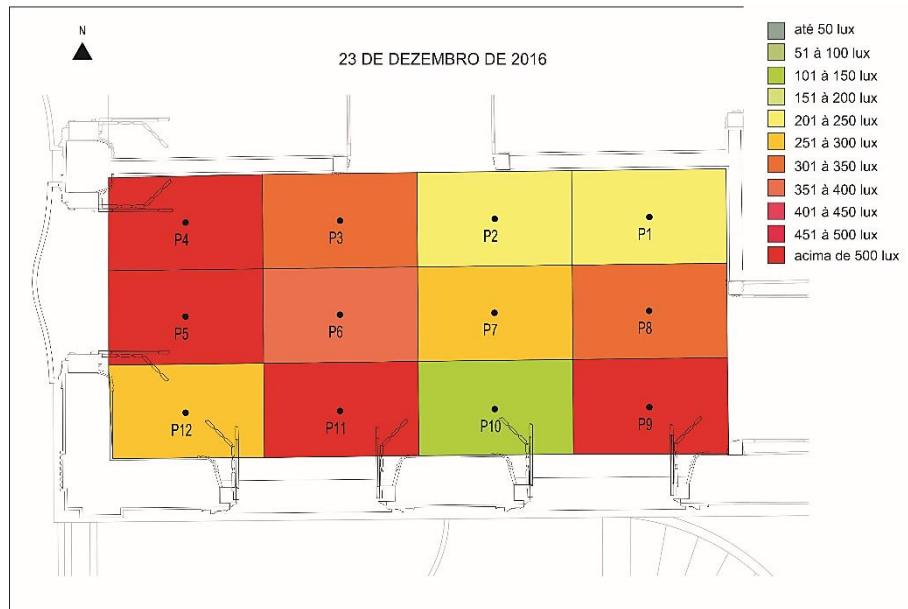
Ambiente de Sala de Exposições do Casarão 2



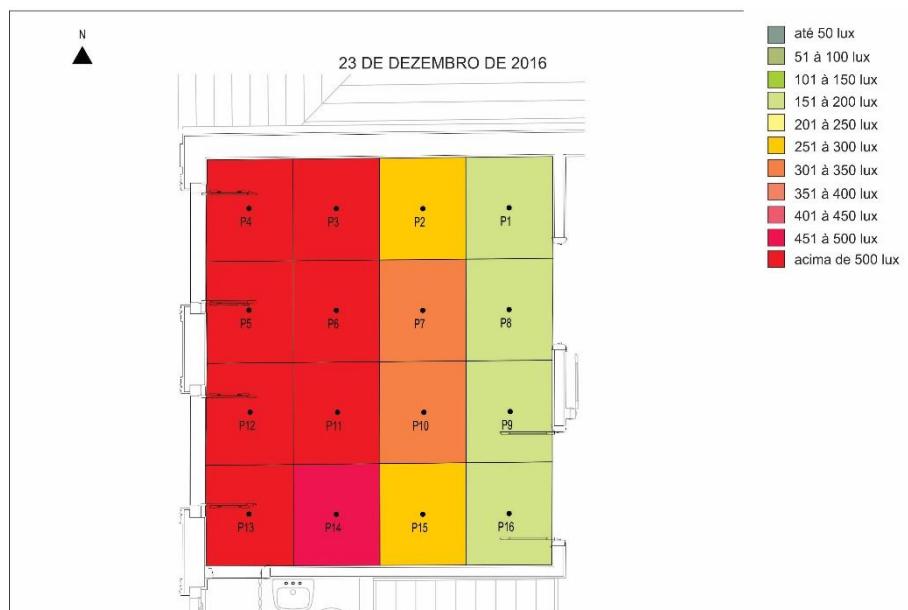
Ambiente Administrativo do Casarão 2



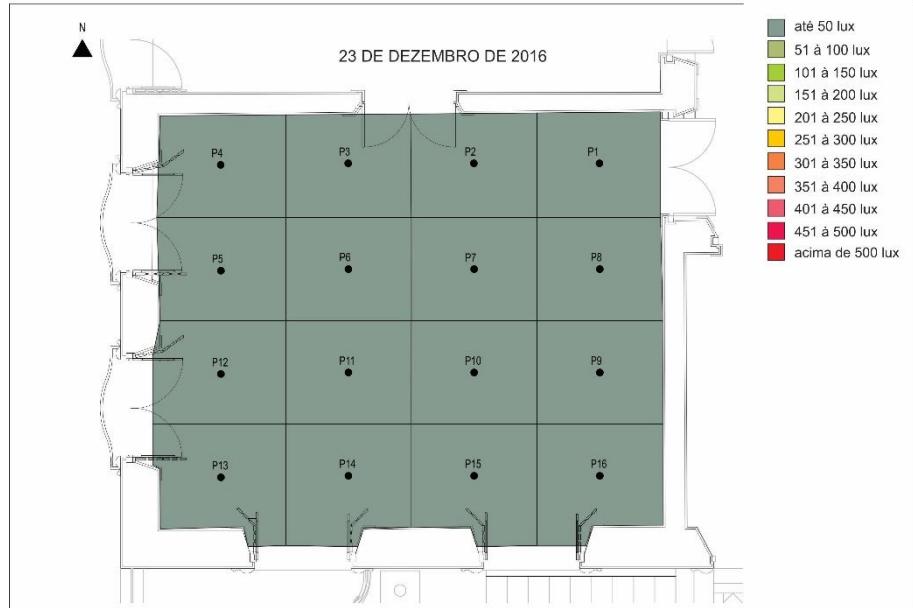
Ambiente de Sala de Exposições do Casarão 6



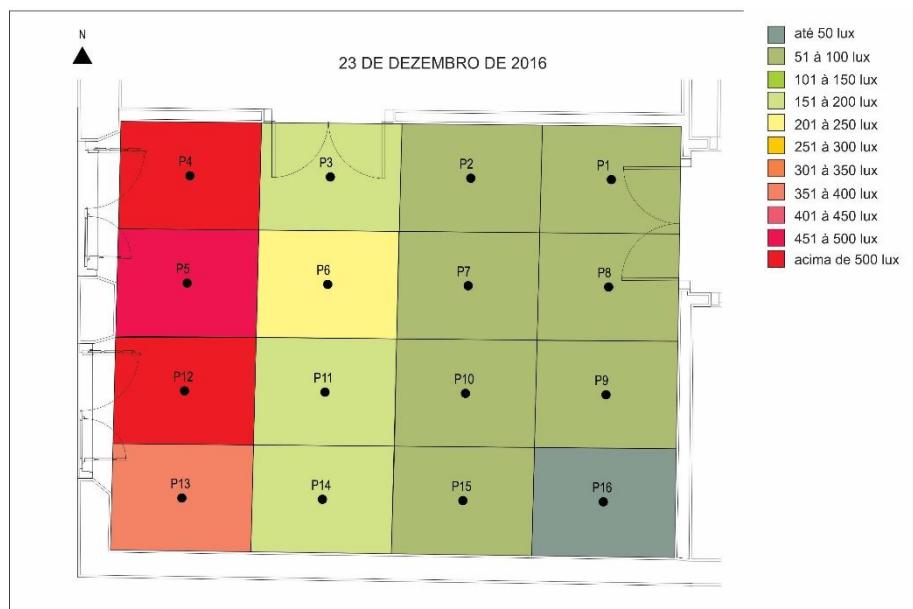
Ambiente Administrativo do Casarão 6



Ambiente de Sala de Exposições do Casarão 8



Ambiente Administrativo do Casarão 8



APÊNDICE C – Resultados das medições lumínicas em todos os pontos

*Pontos grifados: acima dos limites mínimos da norma (ABNT, 2013).

Sala de exposições do Casarão 2

	15 de Janeiro de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	341	831	1302	1395	2223
P 02	69	70	271	339	413
P 03	94	133	247	157	233
P 04	132	112	193	85	159
P 05	107	94	112	60	106
P 06	147	100	103	105	90
P 07	140	134	267	179	157
P 08	82	120	160	119	243
P 09	139	179	311	259	468
P 10	63	84	107	78	208
P 11	60	77	85	52	145
P 12	83	85	55	107	194
P 13	321	350	256	404	303
P 14	226	388	438	303	315
P 15	83	123	30	50	77
P 16	56	86	19	62	60
P 17	528	718	698	486	422
P 18	75	171	91	203	192
P 19	302	676	575	892	448
P 20	92	398	358	322	917

	23 de março de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	361	978	1664	2300	876
P 02	151	245	376	569	617
P 03	101	124	200	279	419
P 04	96	92	150	167	240
P 05	118	85	141	125	286
P 06	169	144	264	159	214
P 07	128	155	179	167	186
P 08	91	105	147	220	228
P 09	103	104	298	430	322
P 10	303	475	314	399	232
P 11	409	730	173	233	141
P 12	233	261	457	373	243
P 13	137	82	254	229	177
P 14	116	144	118	134	161
P 15	303	355	582	245	264
P 16	613	1119	1251	531	487
P 17	493	827	899	410	407
P 18	100	125	135	179	146
P 19	536	712	763	631	480
P 20	223	451	711	781	463

	28 de junho de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	480	821	536	348	104
P 02	58	92	49	86	55
P 03	33	30	67	45	29
P 04	31	30	71	52	38
P 05	18	19	31	23	15
P 06	23	23	31	22	14
P 07	73	52	104	73	44
P 08	12	28	94	64	36
P 09	24	75	92	84	55
P 10	9	24	57	56	44
P 11	4	15	60	58	48
P 12	10	26	70	63	55
P 13	164	141	259	139	53
P 14	159	114	221	139	55
P 15	10	17	19	15	10
P 16	4	8	9	8	3
P 17	249	178	211	300	67
P 18	18	117	56	124	29
P 19	3	14	53	50	41
P 20	2	10	46	50	32
	28 de setembro de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	339	548	1590	6400	2430
P 02	140	261	250	715	7630
P 03	100	137	118	201	433
P 04	90	112	110	128	1890
P 05	96	93	125	118	233
P 06	126	121	221	191	291
P 07	135	158	277	222	288
P 08	97	89	188	232	459
P 09	167	237	419	526	573
P 10	243	464	1082	6630	761
P 11	422	1116	1763	3210	1874
P 12	195	373	579	453	908
P 13	269	480	618	410	542
P 14	207	412	640	418	411
P 15	200	475	644	337	324
P 16	466	1499	2220	771	533
P 17	405	886	1362	780	487
P 18	135	173	206	331	296
P 19	120	209	451	506	407
P 20	290	1036	1928	2770	516

Ambiente Administrativo do Casarão 2

	15 de janeiro de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	620	569	1395	618	620
P 02	279	675	645	930	270
P 03	147	738	488	773	154
P 04	452	971	1287	1833	173
P 05	228	821	766	1586	264
P 06	240	810	686	743	225
P 07	221	586	554	656	286
P 08	638	1134	1259	788	818
P 09	355	1246	1072	451	520
P 10	310	628	602	410	354
P 11	181	533	477	662	280
P 12	162	597	420	810	214
P 13	117	287	230	423	127
P 14	125	404	304	232	192
P 15	261	569	478	270	328
P 16	359	1273	1454	1028	744

	23 de março de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	584	1888	3100	2390	384
P 02	453	576	1525	1093	543
P 03	378	348	1191	1466	589
P 04	494	1457	1885	1727	2900
P 05	269	454	774	941	1229
P 06	296	628	1184	1135	997
P 07	357	747	1181	1234	690
P 08	580	1311	1497	1799	407
P 09	270	819	903	785	327
P 10	344	481	648	678	592
P 11	254	474	539	604	1009
P 12	275	362	458	628	699
P 13	181	228	264	403	663
P 14	185	368	291	501	709
P 15	330	492	525	620	512
P 16	456	1144	1308	807	456

	28 de junho de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	581	1359	601	471	116
P 02	225	1082	359	359	128
P 03	152	1249	662	690	159
P 04	432	1070	717	726	132
P 05	202	607	341	336	86
P 06	105	430	205	221	144
P 07	179	616	303	276	123
P 08	466	438	249	235	76
P 09	262	279	166	160	86
P 10	155	363	222	225	128
P 11	114	404	261	261	150
P 12	85	345	160	211	70
P 13	76	239	110	107	71
P 14	120	337	213	179	128
P 15	148	300	205	198	114
P 16	386	192	125	101	52
	23 de setembro de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	294	308	890	324	328
P 02	349	624	1036	713	507
P 03	499	521	792	659	645
P 04	628	691	1637	1385	717
P 05	324	433	987	956	1611
P 06	382	339	866	977	726
P 07	325	446	980	1556	709
P 08	385	606	805	980	422
P 09	303	418	689	447	325
P 10	317	368	649	711	562
P 11	358	406	616	667	939
P 12	215	364	501	458	1176
P 13	233	230	336	364	1192
P 14	304	283	508	494	1412
P 15	345	380	592	613	491
P 16	525	1002	1818	1191	495

Sala de exposições do Casarão 6

	15 de janeiro de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	48	275	344	454	274
P 02	84	240	211	388	305
P 03	26	154	125	343	287
P 04	32	126	145	301	201
P 05	52	159	203	452	254
P 06	44	249	309	494	370
P 07	90	286	314	650	513
P 08	97	296	723	690	398
P 09	200	671	1472	935	600
P 10	79	242	218	634	668
P 11	222	547	1009	976	599
P 12	28	92	99	324	154

	23 de março de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	148	193	1017	760	803
P 02	159	178	1086	1056	1117
P 03	82	154	1252	1317	1441
P 04	59	167	2120	3720	2330
P 05	85	297	3890	7180	1309
P 06	143	218	1531	2080	890
P 07	201	335	1236	1488	829
P 08	158	189	1441	950	592
P 09	293	457	1806	1289	664
P 10	84	82	796	1350	436
P 11	342	377	1535	1991	758
P 12	48	72	620	765	313

	28 de junho de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	135	174	147	123	32
P 02	140	147	135	113	44
P 03	91	105	92	83	33
P 04	99	107	93	76	25
P 05	125	184	186	119	33
P 06	181	269	227	158	51
P 07	184	274	261	181	58
P 08	216	402	325	212	49
P 09	404	910	861	433	85
P 10	49	77	90	82	39
P 11	303	631	633	330	75
P 12	33	48	59	62	22
	23 de setembro de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	361	686	835	671	956
P 02	308	650	1064	921	984
P 03	393	1028	1460	1793	1482
P 04	577	2210	3310	3750	1725
P 05	727	2790	7410	7280	1810
P 06	547	1453	2210	5640	1916
P 07	317	1569	1189	1043	498
P 08	427	1727	1172	841	592
P 09	883	4750	2340	1845	562
P 10	293	822	1145	1791	671
P 11	1225	4200	2900	3640	892
P 12	215	675	1813	1089	441

Ambiente Administrativo do Casarão 6

	15 de janeiro de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	357	379	586	888	1334
P 02	507	535	727	1155	1719
P 03	729	883	1089	1681	3870
P 04	678	1283	1182	1811	5070
P 05	398	1402	1200	1577	2340
P 06	583	1168	1392	1765	2410
P 07	371	567	709	1206	2040
P 08	270	324	410	709	1350
P 09	233	369	447	781	1274
P 10	332	631	613	1235	1998
P 11	458	868	1026	1629	4370
P 12	583	1249	1322	5000	5380
P 13	135	1150	1247	1594	2180
P 14	225	942	1268	1545	1855
P 15	141	545	628	849	1348
P 16	113	320	378	448	981

	23 de março de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	277	349	363	819	3260
P 02	320	466	513	968	1505
P 03	427	822	1405	1508	1618
P 04	855	2380	2680	1985	1534
P 05	412	1569	3040	2520	1324
P 06	423	880	1991	1405	1293
P 07	296	521	1098	1330	1378
P 08	211	295	685	861	1403
P 09	207	334	686	987	2780
P 10	280	515	1031	1307	1647
P 11	370	814	1703	1704	1720
P 12	770	2300	3260	1838	2590
P 13	255	1242	3370	1127	565
P 14	310	711	1879	1720	876
P 15	213	386	1014	1349	903
P 16	154	233	620	831	770

	28 de junho de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	167	257	237	215	114
P 02	237	406	315	266	133
P 03	388	844	545	406	152
P 04	752	1614	1100	835	220
P 05	949	1994	954	672	177
P 06	528	1221	562	407	154
P 07	302	599	356	282	143
P 08	186	342	257	226	140
P 09	214	400	233	206	111
P 10	335	696	334	281	116
P 11	524	1118	519	405	111
P 12	881	1772	1050	794	173
P 13	973	1828	739	382	121
P 14	440	971	407	339	92
P 15	279	500	268	220	94
P 16	177	309	216	191	111

	23 de setembro de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	236	384	662	1161	5640
P 02	277	630	1039	1637	3090
P 03	402	1366	2340	3280	3000
P 04	806	3710	7130	6100	3080
P 05	774	2490	6420	5270	1240
P 06	437	1184	2070	1560	1288
P 07	288	729	1105	2500	1361
P 08	201	420	760	1579	1569
P 09	255	473	774	1633	1491
P 10	332	820	1239	2660	1675
P 11	464	1305	2430	3510	1757
P 12	831	285	6250	5460	1961
P 13	710	2600	4270	1553	1196
P 14	440	1192	2110	3920	1193
P 15	280	623	1004	2680	995
P 16	200	355	614	1383	924

Sala de Exposições do Casarão 8

	15 de janeiro de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	50	139	97	107	182
P 02	77	135	92	111	188
P 03	34	164	94	118	195
P 04	15	148	78	99	162
P 05	35	143	110	140	215
P 06	66	172	132	188	237
P 07	68	150	128	162	237
P 08	34	119	92	97	178
P 09	9	63	89	63	126
P 10	41	141	158	188	375
P 11	116	322	390	369	388
P 12	61	200	345	200	407
P 13	79	245	488	150	676
P 14	266	792	958	902	1254
P 15	11	71	71	64	243
P 16	7	48	75	45	101
	23 de março de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	101	52	232	162	31
P 02	106	46	180	116	42
P 03	133	51	246	143	37
P 04	141	41	223	123	30
P 05	199	58	291	155	41
P 06	199	69	313	167	48
P 07	134	92	229	137	45
P 08	67	51	165	99	32
P 09	38	25	104	82	28
P 10	97	100	225	150	70
P 11	310	141	538	242	75
P 12	295	139	419	213	72
P 13	386	338	756	288	134
P 14	568	398	1148	567	239
P 15	42	35	146	98	30
P 16	29	16	75	53	14

	28 de junho de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	82	106	62	39	7
P 02	106	155	79	55	7
P 03	199	240	133	91	11
P 04	377	411	268	171	28
P 05	592	829	470	298	31
P 06	254	330	198	141	15
P 07	164	193	121	80	10
P 08	106	119	75	53	7
P 09	82	93	60	45	4
P 10	169	189	144	101	11
P 11	339	305	243	161	18
P 12	634	485	471	355	39
P 13	831	1080	819	548	45
P 14	480	832	362	270	25
P 15	146	200	77	73	5
P 16	79	110	49	39	3

	23 de setembro de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	177	168	112	155	213
P 02	286	126	157	119	198
P 03	243	101	126	111	145
P 04	189	75	127	116	151
P 05	199	80	132	112	157
P 06	337	155	165	198	201
P 07	388	252	193	245	313
P 08	302	270	203	260	310
P 09	498	546	342	352	391
P 10	495	589	441	397	403
P 11	529	541	400	317	397
P 12	480	539	274	232	291
P 13	547	680	992	419	456
P 14	676	1170	1066	689	537
P 15	723	613	698	328	391
P 16	534	1420	987	629	549

Ambiente Administrativo do Casarão 8

	15 de janeiro de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	77	161	198	423	356
P 02	73	243	268	627	536
P 03	155	468	354	1174	436
P 04	264	85	960	1404	443
P 05	336	913	1060	1640	947
P 06	167	452	556	1195	851
P 07	119	257	188	560	247
P 08	96	206	189	463	253
P 09	66	158	178	410	271
P 10	48	172	242	584	509
P 11	106	405	519	980	1092
P 12	245	1010	1107	1641	1608
P 13	235	763	1137	1495	583
P 14	112	243	338	906	573
P 15	90	140	168	487	330
P 16	75	98	110	264	180

	23 de março de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	133	295	158	315	984
P 02	157	481	273	436	1840
P 03	225	854	531	743	2270
P 04	488	2730	2290	1907	2290
P 05	335	1532	1557	697	521
P 06	222	863	726	638	532
P 07	121	423	237	335	414
P 08	118	243	192	384	526
P 09	111	297	199	355	692
P 10	152	358	249	485	384
P 11	213	636	698	522	595
P 12	404	1500	1876	684	832
P 13	279	1058	1954	1121	671
P 14	194	524	976	409	491
P 15	105	315	422	334	419
P 16	96	242	283	313	416

	28 de junho de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	59	57	45	23	71
P 02	111	97	56	31	78
P 03	199	180	94	56	96
P 04	437	456	383	172	124
P 05	669	1035	626	430	117
P 06	277	361	177	168	104
P 07	93	138	45	87	98
P 08	99	126	51	76	85
P 09	73	143	39	87	84
P 10	120	230	66	99	97
P 11	331	501	179	193	99
P 12	630	668	407	255	104
P 13	849	893	595	422	103
P 14	203	187	150	177	86
P 15	126	99	64	134	97
P 16	90	77	46	90	77

	23 de setembro de 2016				
	9h	11h	13h	15h	17h
P 01	99	180	310	322	1948
P 02	158	241	431	627	1460
P 03	228	370	875	1427	1153
P 04	617	1790	3730	7030	2380
P 05	676	1805	3400	5590	686
P 06	270	375	906	2230	821
P 07	139	249	418	757	924
P 08	96	140	212	369	719
P 09	92	126	233	524	524
P 10	141	249	441	865	743
P 11	236	437	1007	1937	1916
P 12	365	1028	1800	1411	2220
P 13	589	1191	445	2790	599
P 14	140	261	648	2850	507
P 15	121	227	424	631	283
P 16	91	137	274	467	362