

ANÁLISE DE CONDIÇÕES DE CONFORTO AMBIENTAL EM ESPAÇOS ADMINISTRATIVOS DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS NA CIDADE DE PELOTAS/RS

Mariana Estima Silva (1); Ariela Torres (2); Isabel Salamoni (3)

(1) Arquiteta e Urbanista, estimasilva.m@gmail.com, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Rua Benjamin Constant, 1359, (53) 3284-5511

(2) Doutora em Engenharia Civil, Engenheira Civil, arielatorres@gmail.com

(3) Doutora em Engenharia Civil, Arquiteta e Urbanista, isalamoni@gmail.com

RESUMO

Os problemas relacionados à conservação de prédios históricos podem ser minimizados com o uso da reciclagem, ou *retrofit*. Nesse processo a edificação é restaurada, tendo seu uso original substituído por um novo uso, pertinente à realidade da sociedade atual, tornando possível a economia de recursos naturais e a preservação do patrimônio edificado. Entretanto, esta alteração precisa prever as necessidades dos novos usuários. A cidade de Pelotas conta com significativo exemplar de edificações do século XIX, que hoje abrigam novos usos, principalmente o administrativo. Sendo assim este trabalho objetiva analisar se edificações históricas recicladas para o uso administrativo, na cidade de Pelotas/RS, oferecem condições de conforto ambiental nos parâmetros de temperatura, umidade relativa e iluminância. Para tanto, o trabalho teve como metodologia o monitoramento destes parâmetros por um período de 12 meses, bem como a comparação dos valores encontrados com os estipulados por normas de associações nacionais, ABNT, e internacionais, ASHRAE. Foi possível perceber que os prédios não estão oferecendo as condições ideais para os parâmetros analisados. Para o parâmetro de temperatura do ar, o período mais crítico foi o inverno, diferente da umidade relativa, que apresentou maior distância dos valores máximos estabelecidos, no período de verão. A iluminação também mostrou-se distante dos níveis ideais de conforto, sendo seu quadro agravado no inverno. É possível que, para o projeto de reciclagem, não tenham sido previstas as adaptações para conforto no novo uso, e sim, apenas as questões relativas à conservação das características formais da construção.

Palavras-chave: conforto ambiental, reciclagem, patrimônio histórico.

ABSTRACT

Problems related to the conservation of historic buildings can be minimized through the use of recycling, or retrofit. In this process, the building is restored and its original use replaced by a new use. However, the new use must be pertinent to the reality of the current society, making possible the economy of natural resources and the preservation of the built heritage. In addition, this change needs to pre-empt the needs of new users. The city of Pelotas has a significant amount of nineteenth-century buildings, which now present the new administrative use. The objective of this work is to analyze whether historical buildings recycled for the administrative use in the city of Pelotas, RS, offer conditions of environmental comfort in the parameters of temperature, relative humidity and illuminance. The methodology used was: monitor these parameters for a period of 12 months and to compare the values found with those established by national, ABNT and international associations, ASHRAE. It was possible to perceive that the buildings did not offer ideal conditions for the analyzed parameters. For the air temperature parameter, the most critical period was winter. On the other hand, the relative humidity showed a greater distance from the maximum values established, in the summer period. The lighting also showed to be far from the ideal levels of comfort, having its situation aggravated in the winter. It is possible that, for the recycling project, adaptations were not foreseen for comfort in the new use, but only the questions related to the conservation of the formal characteristics of the construction.

Keywords: environmental comfort, recycling, historical heritage.

1. INTRODUÇÃO

No intuito de preservar prédios com valor histórico, surgiu o processo de reciclagem, ou *retrofit*. Nesse processo, a construção tem suas características preservadas, através de obras de restauro, juntamente com sua adaptação para receber um novo uso. Alterar o uso original da edificação é uma eficiente alternativa de conservação, já que esse, muitas vezes, passa a não condizer com as necessidades da sociedade, provocando o abandono do prédio e, conseqüentemente, a falta de manutenção e perda de suas características formais (JACOBS, 2009).

Além da preservação do prédio, que permite a continuidade do legado de uma época, a reciclagem é também um processo sustentável. O uso consciente de recursos naturais e a economia na produção de matéria-prima e consumo energético são vantagens quando comparadas a uma nova construção. Além disso, a demolição de prédios existentes é responsável por uma geração de resíduos, muitas vezes, desnecessária (AYKAL et al., 2011; MUNARIM, 2014; PARADA, 2014).

Para Ribeiro e Lomardo (2014) o processo de reciclagem para um novo uso deve considerar as questões de conforto ambiental referente ao uso escolhido, questões de conservação dos materiais da construção e, ainda, as questões de sustentabilidade de todo esse sistema. Munarim (2014) ratifica essa afirmação, ao mencionar a importância da edificação reciclada apresentar níveis de desempenho superiores ou, ao menos, iguais aos de uma nova edificação. Isso justifica sua reabilitação não só pelo valor histórico como, também, pelo impacto ambiental.

Em estudo realizado por Aykal et al. (2011), onde foram avaliadas as condições de conforto visual em prédios históricos reciclados para o uso de escritório na Turquia, percebeu-se que os níveis de iluminância encontrados não satisfaziam os níveis mínimos estipulados por norma. Os autores ainda analisaram que, para o uso original, o residencial, as questões de conforto visual foram satisfatórias. Concluíram, então, que não basta apenas restaurar as construções com o intuito de preservar suas características construtivas se não forem previstas as necessidades do novo uso.

Guerra et al. (2016), realizaram o levantamento de microclima de uma edificação histórica, na cidade de Pelotas, que recebeu o novo uso de museu. Os autores concluíram que, a fim de atingir condições de conforto aos usuários nas áreas administrativas do prédio, janelas eram frequentemente fechadas, em função de calor ou por ofuscamento causado pela incidência solar. Do mesmo modo, em ambientes de exposição, a insolação era barrada em grande parte do dia, a fim de proporcionar cenários para as exposições. Estes aspectos demonstram que a edificação não apresenta potencial para, passivamente, atender as necessidades do novo uso. E, agravando a situação, as alterações no modo como os novos usuários utilizam os dispositivos de ventilação e iluminação natural, como portas e janelas, contribuiu para o surgimento de manifestações patológicas associadas ao novo microclima gerado no interior dos espaços.

Silva e Henriques (2014) afirmam que o estudo de microclima em prédios históricos tem evoluído nos últimos anos, tanto em decorrência das necessidades do novo uso, quanto da dificuldade de se atingir níveis ideais em prédios pré-existentes. Da mesma forma, o *Passivhaus Institut* criou uma certificação para prédios que passaram por reciclagem, atingirem as condições de comportamento energético expressas pelo padrão da casa passiva. Este padrão, denominado *EnerPhit*, leva em consideração as dificuldades de se atingir os níveis ideais da certificação original em edificações já construídas, criando índices mais amenos e possíveis de serem alcançados (PARADA, 2014; PASSIVHAUS INSTITUT, 2016).

Além do *Passivhaus Institut*, outras organizações estudam condições consideradas ideais para o conforto dos usuários, estipulando valores. Isso torna mais fácil o processo de reciclagem, visto que, monitorando o comportamento do prédio, é possível compará-lo com valores normatizados e, concluir se a construção oferece condições de conforto para o novo uso. É o caso da *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* – ASHRAE, que em seus manuais, oferece os padrões de conforto ambiental nos parâmetros de temperatura e umidade relativa do ar, por exemplo, para diferentes usos.

Em relação aos padrões de conforto visual, o Brasil possui a NBR 8995 (ABNT, 2013), elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, a partir de comissões de normatizações internacionais, como ISO, *International Organization of Standardization*, e CIE, *Commission Internationale de l'Eclairage*. A norma estabelece condições de iluminação consideradas ideais para diferentes usos, considerando os aspectos de segurança e conforto para realização de tarefas.

Sendo assim, a fim de tornar-se uma alternativa sustentável, a reciclagem deve prever, também, as questões de conforto ambiental para seus novos usuários. Ou seja, o novo uso da edificação histórica, precisa ser condizente com seu potencial, demonstrando a importância de se conhecer o comportamento microclimático da mesma, antes das obras de reabilitação, a fim de não gerar maiores gastos energéticos em seu novo uso (RIBEIRO, 2010; RIBEIRO e LOMARDO, 2014; GUERRA et al, 2016).

Tendo a cidade de Pelotas, situada no extremo sul do Brasil, um vasto exemplar de edificações com valor histórico, principalmente edificadas no século XIX, este estudo torna-se de grande valia para a região, proporcionando a adequada utilização dos prédios e trazendo benefícios para o patrimônio edificado.

2. OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é verificar se, edificações históricas do século XIX na cidade de Pelotas/RS, recicladas para receberem o uso administrativo, oferecem condições de conforto ambiental nos parâmetros de temperatura, umidade relativa do ar e iluminância, para seu novo uso.

3. MÉTODO

Para alcançar os objetivos deste trabalho, separou-se a metodologia em quatro etapas, compreendendo: caracterização do objeto de estudo; monitoramento dos parâmetros de temperatura e umidade relativa do ar; medições lumínicas para iluminância mantida; verificação dos dados obtidos com especificações de normas para conforto ambiental.

3.1. Caracterização do objeto de estudo

O objeto de estudo é composto por duas edificações construídas no século XIX, na cidade de Pelotas, no Rio Grande do Sul e tombadas pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN, 2014). Os prédios, conhecidos como Casarões 2 e 8, em referência à sua numeração, tiveram por uso original o residencial. As duas edificações foram escolhidas para o presente trabalho por estarem abrigando um novo uso, o administrativo.

O Casarão 2 (Figura 1), construído em 1830, foi totalmente reformado no ano de 1880, quando passou a contar com fachada em estilo eclético, incorporando as características dos então construídos, Casarões vizinhos. Em 2004 o prédio passou por processo de reciclagem, abrigando o Centro Cultural Adail Bento Costa, no pavimento térreo, e a Secretarial Municipal da Cultura, foco do trabalho, no segundo pavimento (SECULT, 2008; GUERRA, 2012).

O Casarão 8 (Figura 2), construído em 1878 já com fachada no estilo eclético, ficou abandonado por muitos anos, entrando em estado próximo a ruína. Em 2011 teve início seu processo de reciclagem, abrigando hoje o Museu do Doce, da Universidade Federal de Pelotas. Os escritórios, referentes às atividades administrativas do museu, localizam-se no segundo pavimento, permitindo a realização do trabalho em comparação ao Casarão 2, onde também estão localizados os espaços administrativos (SECULT, 2008; GUERRA, 2012).



Figura 1 – Casarão 2, Fachada principal.



Figura 2 – Casarão 8, Fachada principal.

As edificações estão localizadas em frente à Praça Coronel Pedro Osório, em esquinas opostas. O Casarão 2 possui fachada principal para a orientação oeste e fachada secundária voltada para o sul. Já o Casarão 8, possui fachada principal com orientação oeste e secundária com orientação norte. Ambas edificações, apesar de construídas com algumas décadas de diferença, possuem sistema construtivo de paredes portantes em alvenaria de tijolos. Internamente algumas paredes foram confeccionadas em estuque. Também apresentam grande número de aberturas para o exterior. (SECULT, 2002; 2008; NEUTZLING, 2010).

Para realização deste trabalho, optou-se por selecionar um ambiente com o uso administrativo em cada prédio, a fim de realizar os levantamentos. Assim, foi possível verificar se atendem, ou não, aos requisitos de

conforto ambiental para o novo uso que receberam, segundo as normas da ASHRAE e ABNT. Dessa forma, optou-se por ambientes com características similares em relação às orientações de fachada, áreas de vidro voltadas para o espaço externo, número de usuários que frequentam o espaço e equipamentos. Os dois ambientes estão localizados no segundo pavimento de cada edificação.

No Casarão 2 o ambiente escolhido possui piso de madeira, paredes rebocadas e pintadas e forro também em madeira. Voltadas para o exterior, na orientação oeste, existem duas porta-janelas com acesso à varandas, para a orientação sul existem duas janelas. A área de vidro do ambiente representa 13% de sua área de piso. A iluminação artificial é feita através de dois trilhos com quatro lâmpadas halógenas, de baixa temperatura de cor (SECULT, 2002; 2008).

O ambiente escolhido no Casarão 8, também possui piso e forro em madeira, com paredes rebocadas com revestimento de pintura. Neste pavimento, nenhum ambiente possui duas orientações solares, portanto, foi escolhido o ambiente usado por um número similar de usuários ao Casarão 2, aproximadamente 4 pessoas, com a orientação oeste. Para esta orientação, o espaço conta com duas porta-janelas com área de vidro de 12% em relação à área de piso. A iluminação artificial é realizada por quatro pontos de luz no forro, com duas lâmpadas fluorescentes tubulares, com temperatura de cor alta (NEUTZLING, 2010).

Nos dois Casarões os ambientes abrigam quatro usuários efetivos, ou seja, que realmente trabalham no espaço, entretanto recebem outras pessoas ao longo do dia. A maior diferença de utilização entre os prédios é a quantidade de equipamentos. Enquanto no Casarão 2 existem computadores e impressoras que permanecem no ambiente, no Casarão 8 os equipamentos são levados pelos usuários, não permanecendo além dos horários de uso. Dessa forma, o Casarão 2 apresenta mais fontes de calor e umidade em seu interior.

3.2 Monitoramento de temperatura e umidade relativa do ar

Para monitoramento dos parâmetros de temperatura e umidade relativa do ar nos dois ambientes analisados, realizou-se a coleta de dados por um período de 12 meses. A fim de monitorar os dois parâmetros concomitantemente, escolheu-se um único equipamento que registrasse os valores para os dois, sendo este do modelo HOBO H8 RH/Temp Data Logger.

Os sensores foram aferidos, antes de sua utilização, através da programação para registro de valores de temperatura e umidade a cada uma hora, mesma configuração a ser utilizada no trabalho, através do *software BoxCar Pro 4*. Em seguida, os sensores foram acondicionados em uma caixa térmica e essa em um isopor, onde permaneceram por 72 horas, a fim de verificar a acuracidade especificada pelo fabricante. Tendo os dois sensores mostrado-se dentro dos limites considerados aceitáveis, foi possível passar para a próxima etapa do monitoramento.

Após reprogramados, através do mesmo *software*, para registro de valores a cada uma hora, visando uma maior precisão na leitura dos resultados, os sensores foram instalados, um em cada ambiente. A cada mês os equipamentos eram retirados, descarregados e reinstalados no mesmo local. Para escolha da altura e do modo de instalação dos sensores, a fim de não prejudicar os acabamentos dos prédios e facilitar a retirada mensal dos mesmos, seguiu-se a metodologia de Guerra et al. (2016).

A etapa de monitoramento teve início em dezembro de 2015 e término em novembro de 2016, completando 12 meses.

3.3 Medições de iluminância

A fim de caracterizar os espaços quanto ao conforto visual, relacionado às condições de trabalho em escritórios, foram realizadas medições lumínicas seguindo a metodologia da NBR 15215-4 (ABNT, 2006). Para tanto, foram utilizados luxímetros calibrados do modelo *Instrutherm LD-209*, em razão de sua eficiência para os levantamentos necessários.

Antes da realização dos levantamentos foi realizado o cálculo, de acordo com a norma (ABNT, 2006), do número de pontos necessários para a coleta de dados em cada ambiente. Foram calculados, então, 16 pontos de medição em cada ambiente.

Ainda seguindo as especificações da norma (ABNT, 2006), optou-se por realizar as medições de iluminância nos dias mais próximos possíveis aos equinócios e solstícios, dias referentes às trocas de estações, totalizando, então, quatro medições no período de 12 meses. Cada dia de medição teve início às 9 horas e término às 17 horas, por ser o período de funcionamento dos prédios, sendo as medições realizadas nos 16 pontos de cada ambiente a cada 2 horas.

Sendo assim, foram realizadas medições para o início do verão de 2015, bem como no início do outono, inverno e primavera de 2016.

Durante os levantamentos, foram analisados, também, os padrões de uso dos ambientes pelos usuários. Os dois prédios possuem frente oeste, que, no verão aumenta a temperatura interna e, no inverno, provoca ofuscamento nas atividades realizadas em computadores, devido à intensa incidência da luz natural. Dessa forma, em grande parte do período da tarde, os postigos das janelas permanecem fechados, diminuindo a incidência de luz solar no interior das salas.

Consequentemente, os usuários tem o hábito de utilizar a iluminação artificial, mesmo em períodos onde seria possível aproveitar a luz natural. No Casarão 2, os usuários utilizam as janelas voltadas para a orientação sul como forma de melhorar as condições de iluminação, mesmo com os postigos das janelas voltadas para oeste fechados. O Casarão 8 não possui essa alternativa, e além disso, possui maior profundidade em relação à face das aberturas externas, dificultando a iluminação natural no interior do espaço.

3.4 Verificação das condições reais de conforto com valores expressos por norma

O fato da cidade de Pelotas ser caracterizada por um clima subtropical úmido, com temperaturas bastante diferentes entre as estações do ano e altas taxas de umidade relativa do ar (EMBRAPA, 2016a), tornaram inviáveis as comparações com valores estipulados pela certificação *Enerphit*. Isso por serem muito rígidos e de difícil alcance, mesmo para edificações recicladas (PASSIVHAUS INSTITUT, 2016). Sendo assim, e em razão da ausência de normas brasileiras que estipulem valores para temperatura e umidade relativa do ar considerados confortáveis para diferentes atividades, optou-se por utilizar as especificações de ASHRAE. Estas especificações incluem uma fórmula que permite calcular os valores ideais de temperatura interna quando comparados às temperaturas externas (ASHRAE, 2009).

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

Onde:

t_{oc} é temperatura operativa de conforto [°C];

t_{ex} é temperatura externa [°C].

Os valores de umidade relativa do ar estipulados também por ASHRAE, devem estar contidos no intervalo de 30% a 60%. Ambientes com umidades relativas menores que 30% geram desconforto aos usuários, assim como, ambientes acima de 60% de umidade relativa do ar, que tornam-se favoráveis ao surgimento de fungos e mofos, prejudiciais tanto aos usuários quanto aos materiais construtivos (ASHRAE, 2001).

Para a análise da iluminância, propriedade da iluminação que permite aos usuários o desempenho de suas atividades com conforto e segurança, medida a uma altura de 75cm do piso, a fim de comparar com as estações de trabalho, utilizou-se os valores da norma brasileira NBR 8995 (ABNT, 2013). A norma especifica, para ambientes de trabalho em escritórios, uma iluminância mantida mínima de 500 lux. Este, então, é o valor ao qual serão comparados os níveis de iluminância coletados nas medições. A Tabela 1 apresenta o resumo dos valores ideais para os parâmetros ambientais analisados.

Tabela 1 – Valores ideais de conforto ambiental para os parâmetros analisados.

Parâmetros Ambientais	ASHRAE		ABNT
	Mínimo	Máximo	Mínimo
Temperatura do ar	$t_{oc} = 18,9 + 0,255t_{ex}$		-
Umidade Relativa do ar	30%	60%	-
Iluminância	-		500 lux

A fim de facilitar a visualização dos resultados para os parâmetros de temperatura e umidade relativa do ar, optou-se por realizar a análise para as duas estações com condições climáticas características, o verão e o inverno. Para isso, escolheu-se o dia mais quente da estação de verão e o dia mais frio da estação de inverno, a fim de verificar as condições internas para as piores condições externas. Vale ressaltar que as edificações não contam com instalações de climatização artificial, apesar de em alguns momentos os usuários do Casarão 2 levarem seus equipamentos para aquecimento, como estufas. Além disso, foram escolhidos dias de semana para realização dessa análise, para que os valores obtidos considerassem as condições de operação real dos ambientes, com utilização de equipamentos geradores de umidade e calor, a presença de pessoas e o funcionamento de iluminação artificial.

Para os resultados das medições lumínicas, foram escolhidos os dias de medições próximos aos solstícios de verão e inverno, a fim de completar a caracterização destas estações para todos os parâmetros ambientais em análise.

4. RESULTADOS

4.1 Resultados do monitoramento do microclima

A temperatura mais alta encontrada no verão foi no dia 8 de fevereiro de 2016, dia com mínima de 22,5 °C e máxima de 35,4 °C (EMBRAPA, 2016b). Na Figura 3 é possível ver o comportamento para a temperatura do ar monitorada durante o dia 8 de fevereiro a cada uma hora.

A menor temperatura do inverno foi registrada no dia 20 de junho. Neste dia a mínima registrada foi de 5,7°C e a máxima de 11,8°C (EMBRAPA, 2016b). A Figura 4 apresenta as variações de temperatura no interior dos Casarões para o dia mais frio.

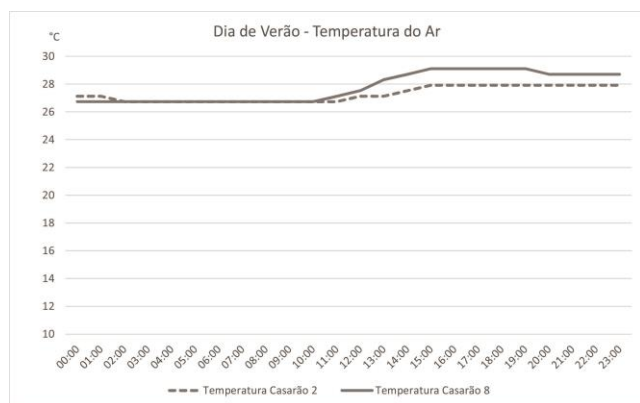


Figura 3 – Comportamento da temperatura no dia mais quente do verão

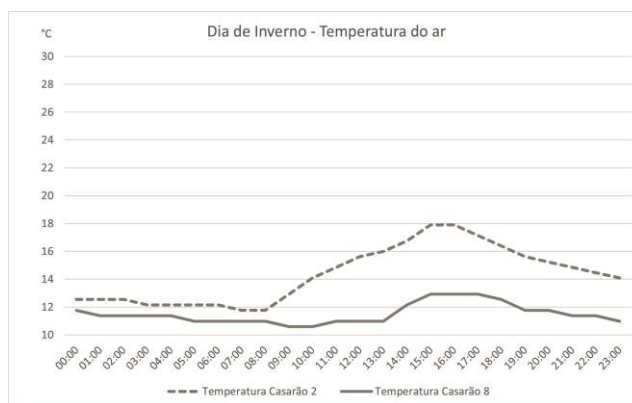


Figura 4 – Comportamento da temperatura no dia mais frio do inverno

Através dos gráficos é possível perceber que o comportamento de ambas edificações é similar ao longo do dia para as duas situações. No verão, as temperaturas internas começam a entrar em elevação próximo das 10 horas da manhã. No inverno, a elevação da temperatura interna tem início antes, por volta de 8 horas da manhã, quando os usuários começam a chegar aos prédios.

No verão, os comportamentos apresentaram-se mais próximos, em função da falta de climatização artificial, sendo o efeito da elevação da temperatura interna decorrente, apenas, do sistema construtivo, que apresenta alta inércia térmica. No inverno, as temperaturas ficam mais distantes entre os dois prédios, pelo fato de, no ambiente do Casarão 2, os usuários levarem estufas para aquecimento artificial. Outro motivo para o aquecimento começar acontecer mais cedo é a necessidade dos usuários de abrir as janelas e permitir a insolação, fato que não ocorre no verão, quando, por vezes, a luz natural é barrada para não aumentar as temperaturas. A umidade relativa do ar também foi analisada para os mesmos dias de verão e inverno, conforme Figuras 5 e 6.

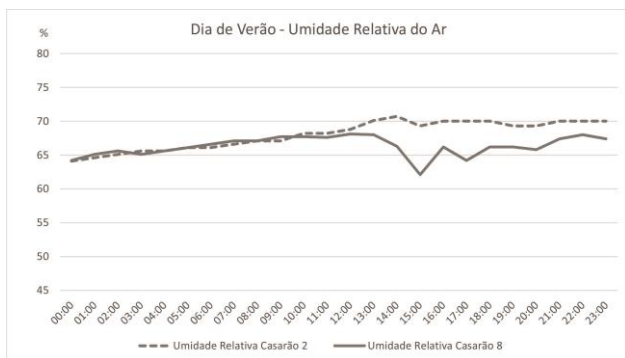


Figura 5 – Comportamento da umidade relativa no dia mais quente do verão

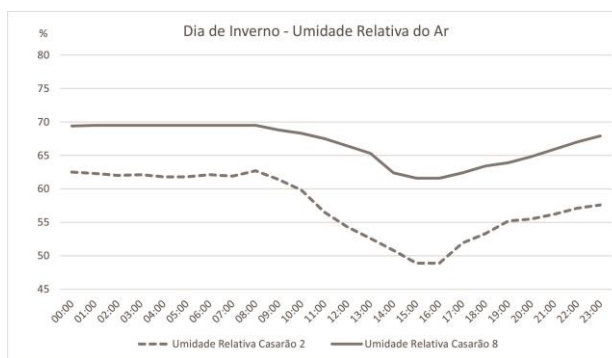


Figura 6 – Comportamento da umidade relativa no dia mais frio do inverno

Em relação à umidade relativa do ar, pode-se dizer que o comportamento nos dois ambientes está condizente com o comportamento de temperatura dos gráficos anteriores, onde os ambientes com temperatura mais elevada apresentaram a umidade relativa do ar mais baixa.

Enquanto no verão o Casarão 8 apresentou temperaturas mais elevadas, apesar de pouca diferença em relação ao outro prédio, a umidade relativa do ar esteve mais amena, com pouca diferença entre os ambientes. Apesar de similares, o ambiente do Casarão 8 apresenta variações muito significativas em alguns horários. Sabendo que não existe nenhum tipo de climatização artificial no espaço, é possível que possa ter sido algum erro de leitura do sensor, visto que a umidade oscilou quase 5% em apenas uma hora.

No inverno, o ambiente do Casarão 2 apresentou as maiores temperaturas, em função de aquecedores utilizados pelos usuários, sendo assim, os valores de umidade relativa foram menores. Assim como a diferença entre temperaturas foi maior no inverno entre os ambientes, a umidade respeitou o comportamento, com amplitude próxima a 10%. É possível que, sem a presença de aquecedores artificiais, no inverno o amplitude entre comportamento dos ambientes seja mais próxima.

4.2 Resultados das medições lumínicas

Para análise dos resultados das medições lumínicas optou-se pela visualização dos dados coletados nas medições de solstício de verão e de solstício de inverno, através de uma escala de cores para intervalos de valores em lux (Figura 7). As Figuras 8 e 9 apresentam a média de valores de iluminância, por ponto de medição, para os cinco horários de medições realizadas no dia referente ao solstício de verão.



Figura 7 – Escala de iluminância para caracterização dos ambientes.

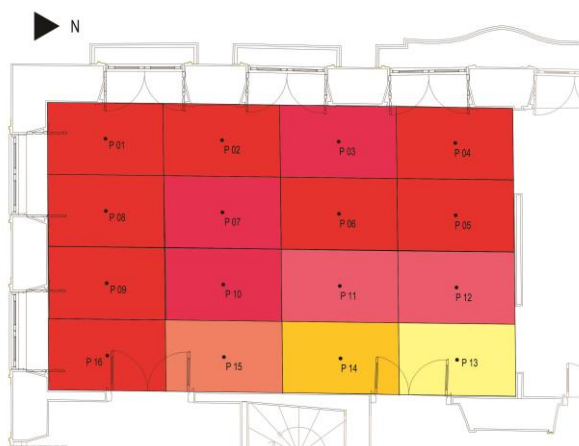


Figura 8 – Comportamento da iluminância no solstício de verão, Casarão 2

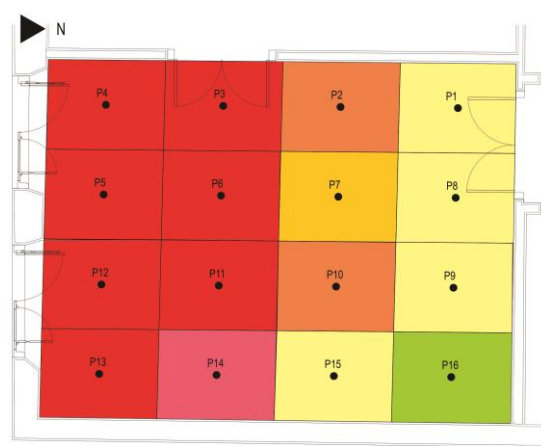


Figura 9 – Comportamento da iluminância no solstício de verão, Casarão 8

Percebe-se que a iluminância no ambiente do Casarão 2 é maior que a encontrada no Casarão 8. Isso ocorre em função da profundidade do ambiente em relação às janelas. Enquanto no Casarão 2 o ambiente possui aberturas para o meio externo nas orientações sul e oeste, no Casarão 8 elas ocorrem apenas na orientação oeste. Da metade para o fundo do ambiente, no Casarão 8, a iluminância é bastante prejudicada.

No comportamento da iluminância no dia referente ao solstício de inverno (Figuras 10 e 11), os níveis de iluminância já apresentam-se significativamente menores. Entretanto, os dois ambientes apresentam comportamento similar. Nos pontos medidos próximos às janelas, as iluminâncias ficaram acima de 400 lux, enquanto no resto do ambiente, estiveram abaixo dos 250 lux.



Figura 10 – Comportamento da iluminância no solstício de inverno, Casarão 2

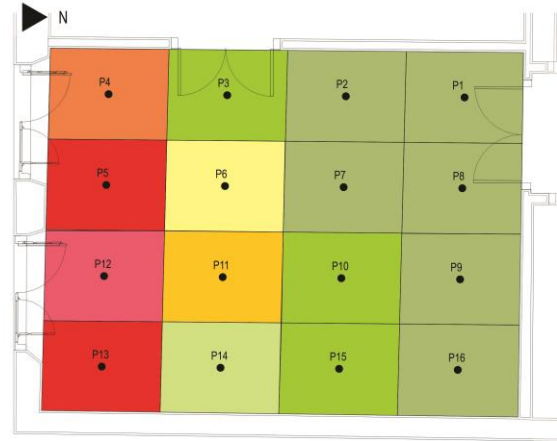


Figura 11 – Comportamento da iluminância no solstício de inverno, Casarão 8

A partir destas figuras, é possível dizer que a iluminação artificial não exerceu significativa modificação na qualidade da iluminação interna, pois, mesmo com iluminâncias baixas, sua ativação não provocou alteração nos resultados das medições. Ou seja, os níveis altos de iluminância localizaram-se próximos das janelas apenas, exceto no solstício de verão, em que a intensidade da iluminação natural é maior.

4.3 Resultados da verificação do comportamento real com as especificações para conforto ambiental

Para verificação das temperaturas internas com as expressas por ASHRAE (2009), realizou-se o cálculo da temperatura operativa de conforto para a média diária do dia analisado no verão, e para a média diária do dia de inverno. Ou seja, o cálculo da temperatura operativa foi realizado para a média de temperatura externa, registrada em 26,5°C (EMBRAPA, 2016b). Sendo assim, a temperatura considerada confortável para os usuários no interior dos ambientes seria de 25,7 °C. Já a temperatura operativa de conforto, calculada com para o dia mais frio, que registrou média de 7,7°C, ficou em 20,9°C (EMBRAPA, 2016b). A partir das Figuras 12 e 13, foi possível analisar se as temperaturas internas estiveram próximas às consideradas confortáveis.

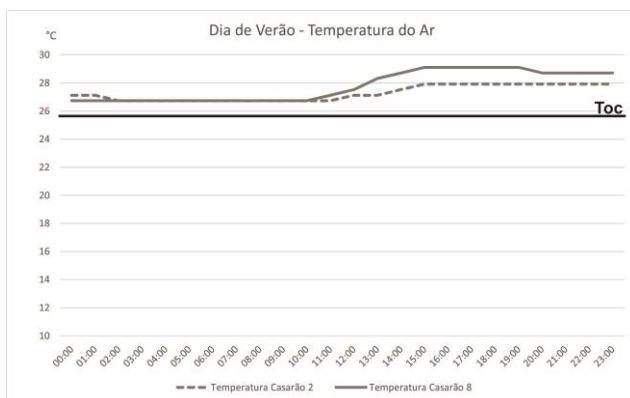


Figura 12 – Temperatura Operativa de Conforto x Temperaturas Reais, no verão.

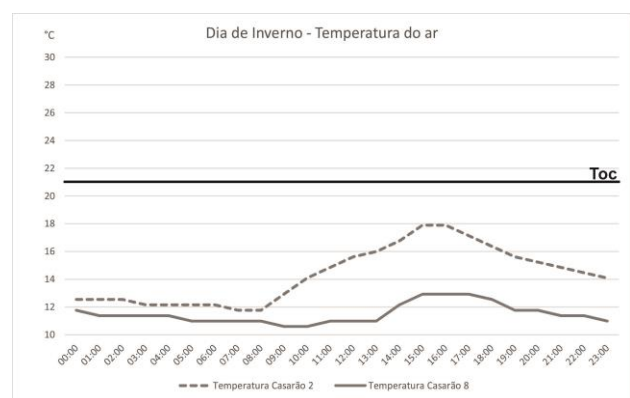


Figura 13 – Temperatura Operativa de Conforto x Temperaturas Reais, no inverno.

É possível dizer que, no verão, as temperaturas dos dois ambientes ficam mais próximas da temperatura operativa de conforto, sendo a mais alta, distante menos de 4°C da ideal. Já no inverno, as temperaturas ficam mais distantes da considerada confortável e durante mais tempo. O Casarão 8, que não possuía nenhum método de climatização artificial no inverno, apresentou temperaturas aproximadamente 10°C abaixo da temperatura operativa de conforto.

Para a umidade relativa do ar, em nenhum momento os valores chegaram próximos ao mínimo estipulado por ASHRAE (2001), sendo assim, nas Figuras 14 e 15, apenas o valor máximo foi delimitado no gráfico.

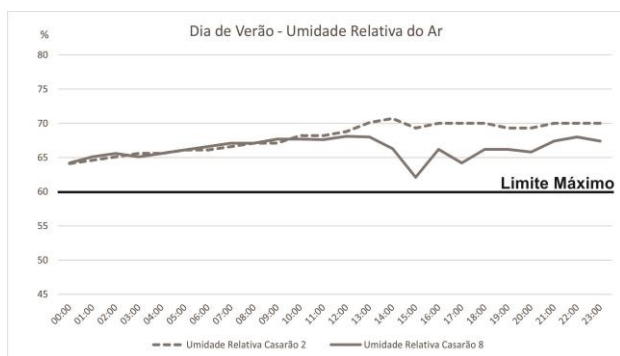


Figura 14 – Umidade Relativa Ideal x Umidade Relativa Real, no verão.

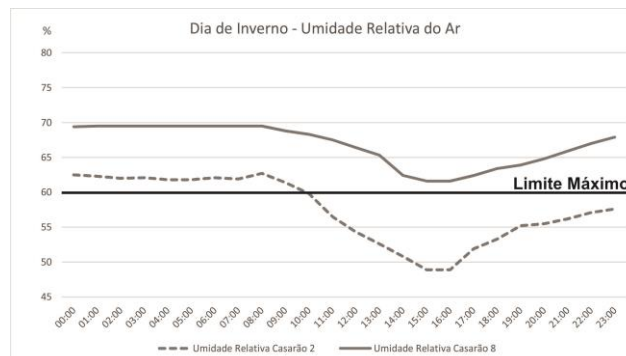


Figura 15 – Umidade Relativa Ideal x Umidade Relativa Real, no inverno.

Percebe-se que, em grande parte do tempo, tanto no inverno quanto no verão, as taxas de umidade relativa do ar estão acima do máximo estipulado pela norma, que é de 60%. Apenas no inverno, quando os usuários do Casarão 2 utilizaram métodos artificiais de aquecimento, obteve-se o controle desse parâmetro ambiental.

A fim de analisar a conformidade da iluminância do ambiente com a especificada pela ABNT (2013), optou-se por calcular a porcentagem do número de pontos que apresentaram o valor ideal, acima de 500lux, em todas as cinco medições do dia, e não somente basear-se na média de valores (Tabela 3).

Tabela 3 – Porcentagem de pontos com iluminância acima de 500lux por dia de medição.

Prédio	Verão	Inverno
Casarão 2	51%	15%
Casarão 8	35%	12%

Até mesmo no solstício de verão, quando a intensidade da iluminação é maior, a iluminância não apresentou-se conforme o especificado por norma como ideal para desempenhar atividades de escritórios. No solstício de inverno, essa proporção de pontos com mais de 500lux em relação ao número de pontos medidos, mostrou-se ainda inferior. Isso demonstra uma iluminância precária nestes ambientes.

5. CONCLUSÕES

O trabalho alcançou seu objetivo geral, bem como os objetivos específicos. Foi possível caracterizar o comportamento das edificações analisadas quanto à temperatura e umidade relativa do ar, bem como em relação às características de iluminância. É possível dizer, também, que os prédios em questão, Casarões 2 e 8, não estão proporcionando aos usuários boas condições de conforto ambiental para os parâmetros avaliados.

Os valores de temperatura do ar encontrados dentro dos ambientes, principalmente no inverno, estão distantes dos considerados confortáveis ao ser humano. Além dos gráficos, que ilustram esse comportamento, o fato de os usuários sentirem a necessidade de utilizar equipamentos para modificar o microclima interno, ratifica essa conclusão.

A umidade relativa do ar no interior dos ambientes também esteve acima do valor máximo confortável aos usuários. O nível elevado desse parâmetro pode facilitar o surgimento e proliferação de fungos, ocasionando problemas de saúde aos ocupantes do prédio.

A iluminância, mesmo com auxílio de iluminação artificial, não apresenta-se satisfatória na maior parte do dia. Esse parâmetro é de fundamental importância para que os usuários tenham conforto no momento de realizar suas atividades.

Dessa forma, é possível dizer que, um estudo prévio do comportamento microclimático dos prédios, teria apresentado essas deficiências, possibilitando a escolha de outro uso ou, ainda, adaptações para que as necessidades básicas de conforto para o uso administrativo fossem supridas. O fato de o Casarão 2 conseguir atingir níveis de umidade relativa dentro do ideal, além de ficar mais próximo da temperatura de conforto

durante o inverno, com o uso de aquecedores, mostra que é possível, através de climatização artificial, alcançar níveis ideais de conforto.

Contudo, esse planejamento deve ser feito concomitantemente ao projeto de restauro, dessa forma, a reciclagem estaria prevendo não só a conservação das características formais e do legado histórico, como, também, minimizando gastos com futuros ajustes. Além disso, o uso empírico de métodos de aquecimento ou resfriamento, por parte dos usuários, pode provocar gastos energéticos maiores, quando comparados a projetos de climatização elaborados por profissionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - 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.
- ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. ASHRAE Standard 62. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta, 2001.
- _____. ASHRAE Handbook Fundamentals. Atlanta, 2009.
- 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.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Normas 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.
- 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.
- IPHAN – INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. Pelotas. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/281>>. Acesso: 20 dez. 2016.
- JACOBS, J. Morte e vida de grandes cidade. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.
- 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.
- 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.
- PASSIVHAUS INSTITUT. Kriterien für den Passivhaus – EnerPhit – und PHI-Energiesparhaus-Standard. Darmstadt, Alemanha, 28 f, 2016.
- 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.
- SECULT - 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.
- 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.